

# EREĞLİ ELEKTRİK DAĞITIM ŞEBEKESİNDE GENETİK ALGORİTMA VE NEWTON RAPHSON YÖNTEMLERİYLE REAKTİF GÜÇ OPTİMİZASYONUNUN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

<sup>1</sup>Hamza YAPICI <sup>2</sup>Nurettin ÇETİNKAYA

<sup>1</sup>Ereğli Kemal Akman Meslek Yüksek Okulu NEU, Konya; [hamza\\_yapici@yahoo.com](mailto:hamza_yapici@yahoo.com)

<sup>2</sup>Selçuk Üniv., Müh. Fak., Elk-Elt. Müh. Bölümü, Konya; [ncetinkaya@selcuk.edu.tr](mailto:ncetinkaya@selcuk.edu.tr)

## ÖZET

Günümüzde artan enerji talepleri enerjiye daha çok ihtiyaç duyulmasına neden olmaktadır. Artan elektrik enerjisi ihtiyacı elektrik güç kayıplarının artmasına da neden olmaktadır. Daha az kayıpla enerjinin tüketiciye ulaştırılması çözülmesi gereken bir güç kalitesi problemidir. Elektrik enerjisi sistemlerinde reaktif güç optimizasyonu yöntemi ile güç kayıpları azaltılabilir. Bu çalışmada, Ereğli elektrik dağıtım şebekesinde, genetik algoritma (GA) ve Newton-Raphson (NR) yöntemleri ile reaktif güç optimizasyonu yapılmıştır. Elektrik sistemlerinde yapılan reaktif güç optimizasyonu ile aktif güç kayıpları azaltularak, reaktif güç değerleri elektrik güç sistemlerine yerleştirilen kapasitör grupları ile düzeltilmiş ve kapasitör değerleri genetik algoritma ile belirlenmiştir. Ayrıca, genetik algoritma ve Newton Raphson yöntemi ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ereğli elektrik dağıtım şebekesi için; aktif güç kaybı, genetik algoritma ile 1834.91 kW, Newton-Raphson yöntemi ile 2613.30 kW olarak elde edilmiştir. Genetik algoritmanın, Newton-Raphson yönteminden daha iyi sonuçlar ürettiği görülmüş ve reaktif güç optimizasyonu yapılarak ekonomik kazanç sağlanacağı da tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Aktif Güç Kayıpları, Dağıtım Şebekesi, Kompanzasyon, Reaktif Güç Optimizasyonu.

## 1. GİRİŞ

Gelişmenin temel göstergesi olan elektrik enerjisinin kullanımı, bu enerjinin verimli ve en az kayıpla kullanılmasını beraberinde gerektirmektedir. Elektrik enerjisi kullanımındaki kayıpların azaltılması ve elektrik enerjisindeki verimin artırılması ekonomik giderleri azaltabilir. Elektrik enerjisi güç problemleri burada devreye girmektedir. Yeni yatırımlar ve bakım giderleri açısından güç problemlerinin iyi bir şekilde analiz edilmesi çok büyük önem taşımaktadır. Böylelikle elektrik enerjisi sistemleri en uygun olacak şekilde düzenlenebilir. Elektrik enerjisi sistemlerinde, ekonomik yük dağıtımı, optimizasyon ve benzeri çalışmalar gün geçtikçe daha önemli hale gelmektedir. Burada; ekonomik dağıtım analizinin amacı en düşük maliyetle enerjinin karşılanmasıdır ki, diğer yandan optimal

güç analizinde ise kısıtlamalar altında en iyi çözüm oluşturulur [1].

Elektrik enerjisi sistemlerinde reaktif güç, sistemi etkileyen önemli bir parametredir. Reaktif güç, enerji sistemlerinin kayıplarını arttırmakta ve sistemin hat sonu geriliminin düşmesine veya yükselmesine neden olmaktadır [2]. Elektrik enerjisi sistemlerinin en az kayıpla ve en verimli şekilde kullanılabilmesi, sistemin reaktif gücü ayarlanarak gerçekleştirilebilir. Güç sistemlerinde, çalışma koşullarını belirleme yöntemlerinden reaktif güç optimizasyonudur ve güç sistemlerinde kararlılığı, güç kalitesi, güç sistemlerinin güvenilirliği ve ekonomik çalışma şartlarını belirleme açısından önemlidir [3].

Bu konular ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır ve yapılmaya devam etmektedir. Literatürde reaktif güç

optimizasyon probleminin çözülmesi için çoğunlukla; Newton Raphson (NR) [1 ve 3], genetik algoritma (GA) [3, 6, 7, 8 ve 9], yapay arı kolonisi (YAK) [5, 6 ve 9], kaotik yapay arı kolonisi [9], tabu arama [4 ve 5], memetik algoritma [6], parçacık sürü optimizasyon algoritması (PSO) [9], kaos parçacık sürü optimizasyonu (CPSO) [11 ve 12], yapay karınca kolonisi algoritması [10] ve bakteri kemotaksis [11] kullanılmıştır.

## 2. EREĞLİ ELEKTRİK DAĞITIM ŞEBEKESİ

Konya ili Ereğli ilçesi 15-36 kV karma dağıtım şebekesinde reaktif güç optimizasyonu yapılmıştır.

Ereğli ilçesi dağıtım şebekesi, Ereğli Trafo Merkezinde (TM) bulunan iki adet 50 MW, 154/31.5 kV trafodan beslenmektedir. Ayrıca bir adet, ihtiyaç anında devreye alınan, 100 MW 380/154 kV trafo mevcuttur. TM’de, dağıtım şebekesine elektrik enerjisi sağlayan, 10 adet fider bulunmaktadır. 2012 yılı itibari ile dağıtım şebekesinde, 15/0.4 kV ve 36/0.4 kV dönüşümlü trafolardan toplam 1115 adet bulunmaktadır. Bu sayı, yeni enerji talepleri ile gün geçtikçe artmakta ve dağıtım şebekesinin toplam kurulu gücü sürekli artmaktadır.

Ereğli dağıtım şebekesinde, elektrik enerjisi kayıpları (kaçak dâhil) oldukça yüksektir. Tüketicilerin, tarımsal ağırlıklı olması, dağıtım hatlarının uzunluğu, hatların bakımsız olması ve uzun hatlarda düşük kesitli iletken kullanılması gibi etkenler aktif güç kayıplarını arttırmakta ve tarımsal tüketicilerin bireysel enerji kullanımları, elektrik enerjisi verimini azaltmaktadır. Özellikle enerjinin gün içinde en fazla kullanıldığı saatlerde aktif enerji kaybı oldukça yüksek seviyelerdedir. Enerjinin bazı tüketiciler tarafından kaçak kullanımı da artı bir ekonomik zarara neden olmaktadır.

Ereğli ilçesinde bulunan tarımsal alanlardaki elektrik enerjisi ile çalışan sulama sistemleri ve ticari tüketiciler nedeniyle elektrik yükü genellikle endüktiftir. Bu durum, sistemdeki hatlarda oluşan aktif güç kayıplarını arttırmakta, hat sonu gerilim düşümlerine neden olmakta ve sistemin kararlılığını bozmaktadır.

2012 yılı itibari ile şebekenin toplam trafo kurulu gücü, sistemin toplam kurulu gücü ve mevcut ölçümlerle şebeke kayıpları Tablo 1.’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Ereğli dağıtım şebekesinin kurulu gücü, toplam gücü ve kayıp gücü.

Dağıtım Şebekesi Güç Dağılımı	Güç
Toplam Trafo Kurulu Gücü (kVA)	196580
Toplam Güç (kW)	90932
Mevcut Ölçülmüş Verilerle Toplam Kayıp (kW)	2651.95

### 2.1. Ereğli Dağıtım Şebekesinde Optimizasyon

Dağıtım şebekesinde her bir trafo noktasına trafoların alçak gerilim seviyesinden bir kondansatör grubu bağlanarak reaktif güç sınırları belirlenmiştir. Sistemin reaktif güç optimizasyonu MATLAB yazılımı ile yapılmıştır. Optimizasyon için GA ve NR yöntemleri kullanılmıştır.

Dağıtım sisteminde yapılacak optimizasyon ile sistemin hat kayıplarının azaltılması amaçlanmıştır. Bu şekilde ekonomik bir kazanç sağlanacağı görülmüştür. Reaktif güç optimizasyonu, hat taşıma kapasitelerini iyileştirmekte ve bu şekilde yeni yatırım gereksinimlerini minimize etmektedir. Hatlarda, reaktif güç akışı azaltılarak hattın aktif güç taşıma kapasitesi artırılabilir. Böylece daha verimli bir enerji kullanımı söz konusudur. Tüketicilere daha kaliteli bir güç ulaştırmak bu şekilde

sağlanabilmektedir. Reaktif güç optimizasyonu hat sonu gerilim düşümleri engellemektedir. Elektrik sisteminin kararlılığı da bu şekilde düzelmektedir.

## 2.2. Ereğli dağıtım şebekesinde reaktif güç optimizasyonunun GA ile çözümü

GA ile reaktif güç optimizasyonu yapılarak hat kayıpları azaltılmıştır. Sistemde kompanzasyon yapılmış ve her bir trafonun yer aldığı noktada trafoların sekonder tarafına kapasitör grubu bağlanmıştır. Reaktif güç değerleri bu şekilde belirlenmiştir. Sınır değer arasında kondansatör değerleri seçilmiş, böylece endüktif reaktif yapıdaki sistemin kararlılığı sağlanmıştır.

Sistemde düğüm noktalarından birbirine bağlı hatlarda oluşacak kayıp;

$$P_{hat} = R_{hat} \cdot I^{*2} \quad (1)$$

$$I^{*2} = \frac{P^2 + Q^2}{|V|^2} \quad (2)$$

$$P_{hat} = R_{hat} \cdot \frac{P^2 + Q^2}{|V|^2} \quad (3)$$

şeklinde elde edilir.

Şebekenin net reaktif gücünü, yükler ve kondansatör grupları belirler.  $Q_{yük}$ , şebekede yer alan yüklerin reaktif gücü,  $Q_C$ , kondansatör gruplarının reaktif güç değeri olmak üzere, şebekede yer alan hatlardaki net reaktif güç;

$$Q = Q_{yük} - Q_C \quad (4)$$

olur. Sisteme yerleştirilecek kondansatör değerleri reaktif gücü sınırlamaktadır. Şebekede güç denklemleri;

$$P_{i-1} = P_i + P_{yük,i} + R_i \cdot \frac{P_i'^2 + Q_i'^2}{|V_i|^2} \quad (5)$$

$$Q_{i-1} = Q_i + Q_{yük,i} + X_i \cdot \frac{P_i'^2 + Q_i'^2}{|V_i|^2} \quad (6)$$

$$P_i' = P_i + P_{yük,i} \quad (7)$$

$$Q_i' = Q + Q_{yük,i} \quad (8)$$

şeklinde bulunur.

Aktif güç kaybı  $P_{kayıp}$  olmak üzere, dağıtım şebekesinde yer alan  $i$ . hattın aktif güç kaybı;

$$P_{kayıp,i} = R_i \cdot \frac{P_i^2 + Q_i^2}{|V_i|^2} \quad (9)$$

olur. Toplam aktif güç kaybı  $P_t$  olmak üzere ise;

$$P_t = \sum_{i=1}^N P_{kayıp,i} \quad (10)$$

ifadesi yazılır. Burada, GA ile yapılan çözümde objektif fonksiyon;

$$P_{kayıp,i} = R_i \cdot \frac{P_i^2 + Q_i^2}{|V_i|^2} \quad (11)$$

kısıt fonksiyonlar;

$$Q_i - Q_{yük,i} + Q_{C_i} = 0 \quad (12)$$

$$Q_{C_i,min} \leq Q_{C_i} \leq Q_{C_i,max} \quad (13)$$

şeklinde dir. Burada;

$P_{hat}$ , hattın direnci sebebiyle harcanan güç,

$R_{hat}$ , hat direnci,  
 $P$ , hat üzerindeki net aktif güç,  
 $Q$ , hat üzerindeki net reaktif güç,  
 $V$ , hattın gerilimi,  
 $P_{i-1}$ ,  $i$ . hattın önce yer alan hattın toplam aktif gücü,  
 $P_i$ ,  $i$ . hattın aktif gücü,  
 $P_{yük,i}$ ,  $i$ . hatta yer alan yükün aktif gücü,  
 $R_i$ ,  $i$ . hat direnci  
 $X_i$ ,  $i$ . hat reaktansı,  
 $P_i'$ ,  $i$ . hattın aktif gücü ile  $i$ . hatta yer alan yükün aktif gücü toplamı,  
 $Q_{i-1}$ ,  $i$ . hattın önce yer alan hattın toplam reaktif gücü,  
 $Q_i$ ,  $i$ . hattın reaktif gücü,  
 $Q_{yük,i}$ ,  $i$ . hatta yer alan yükün reaktif gücü,  
 $Q_i'$ ,  $i$ . hattın reaktif gücü ile  $i$ . hatta yer alan yükün reaktif gücü toplamı,  
 $V_i$ ,  $i$ . hattın gerilimi,  
 $Qc_i$   $i$ . hatta şebekeye ilave edilen kondansatörün reaktif gücüdür.

Reaktif gücü uygun değerde tutacak kondansatör grupları, kısıt fonksiyonlar ile sınır değer arasından seçilmiştir. GA, sınır değerler arasında çözüm üreterek sonuç elde etmiştir. Kısıt fonksiyonları sınırlayan değerler dışında, GA çözüm üretmemiştir.

Dağıtım şebekesinde GA ile yapılan optimizasyon sonucunda elde edilen aktif güç kayıpları; fider1, fider2 ve fider10 (paralel bağlı), fider4, fider5, fider6, fider7, fider11, fider13 ve fider14 için sırasıyla; 169 kW, 205 kW, 91 kW, 582 kW, 54 kW, 377 kW, 261 kW, 28 kW ve 69 kW'dır.

### 2.3. Ereğli dağıtım şebekesinde reaktif güç optimizasyonunun NR ile çözümü

NR metotları güç sistemi denklemlerinin çözümü için iteratif metotlara göre kuadratik yakınsama karakteristiğine sahiptir. Bir çözüm elde etmek için gerekli iterasyon sayısı sistemin boyutundan farklıdır, fakat her iterasyonda daha fonksiyonel değerlendirmeler gereklidir.

NR yönteminde Jacobian matrisi oluşturulur. Jacobien matrisi aktif ve reaktif güçteki küçük değişimler ile gerilimin açısı ve büyüklüğü arasındaki değişimleri verir. İki veya daha fazla değişkenli fonksiyonların Taylor serisine açılımı, Newton-Raphson metodunun temelini teşkil eder.  $N$  değişkenli  $y = f(X)$  fonksiyonunun Taylor serisine açılımı;

$$y = f(x_0) + \frac{\partial f}{\partial x} \Big|_{x=x_0} \cdot (x - x_0) + YDT \quad (14)$$

şeklinindedir.  $YDT$  (yüksek dereceden terimler), birinci dereceden büyük olan kısmi türevlerdir ve ihmal edilirse;

$$x = x + \left[ \frac{\partial f}{\partial x} \right]^{-1} \cdot (y - f(x_0)) \quad (15)$$

elde edilir. Burada;  $x_0$  yerine  $x_i$  yerleştirilerek;  $N \times N$  boyutlu  $J(i)$  jacobian matrisi elde edilir.

$J(i)$  matrisi;

$$[j(i)] = \left[ \frac{\partial f}{\partial x} \Big|_{x=x_0} \right] \quad (16)$$

ile gösterilir.

Burada reaktif güç optimizasyonu NR yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Sistem verilerine bağlı olarak Jacobian matrisi oluşturulmuştur. Jacobian matrisi;

$$[J] = \begin{bmatrix} J1 & J2 \\ J3 & J4 \end{bmatrix} \quad (17)$$

olmak üzere,

$$\begin{aligned} J1 &= \frac{\partial P}{\partial \theta}, & J2 \\ &= \frac{\partial P}{\partial V} \end{aligned} \quad (18)$$

$P$  ve  $Q$ , sırasıyla sistem hatları üzerindeki net aktif ve net reaktif güçleridir.  $V$  ve  $\theta$ , bara gerilimi ve faz açısıdır.  
Her bir  $i$ . branşman için;

$$\begin{aligned} J3 &= \frac{\partial Q}{\partial \theta}, & J4 \\ &= \frac{\partial Q}{\partial V} \end{aligned} \quad (19)$$

alt matrisleri elde edilir.

$$P_i = V_i \cdot \sum_{j=1}^n [V_j \cdot (g_{h(i,j)} \cdot \cos(\theta_{(i,j)}) + b_{h(i,j)} \cdot \sin(\theta_{(i,j)}))] \quad (20)$$

$$Q_i = V_i \cdot \sum_{j=1}^n [V_j \cdot (g_{h(i,j)} \cdot \sin(\theta_{(i,j)}) - b_{h(i,j)} \cdot \cos(\theta_{(i,j)}))] \quad (21)$$

$$\begin{aligned} J1(i) &= \frac{\partial P(i)}{\partial \theta(i)}, & J2(i) \\ &= \frac{\partial P(i)}{\partial V(i)} \end{aligned} \quad (22)$$

iteratif olarak çözüm gerçekleştirilir.

$$\begin{aligned} J3(i) &= \frac{\partial Q(i)}{\partial \theta(i)}, & J4(i) \\ &= \frac{\partial Q(i)}{\partial V(i)} \end{aligned} \quad (23)$$

Net reaktif güç  $Q_{net}$ ;

$$Q_{net} = Q_b + Q_c \quad (27)$$

dir.  $Q_b$ , bara reaktif gücü ve  $Q_c$ , sisteme eklenen şönt kapasitör reaktif gücüdür. Bu durumda her bir branşman için;

matrisleri elde edilir. Elde edilen matrislerle;

$$\begin{bmatrix} J1(i) & J2(i) \\ J3(i) & J4(i) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta \theta(i) \\ \Delta V(i) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta P(i) \\ \Delta Q(i) \end{bmatrix} \quad (24)$$

$$Q_{net}(i) = Q_b(i) + Q_c(i) \quad (28)$$

olur.  $Q_c(i)$ ,  $i$ . branşman için sisteme ilave edilecek kapasitör grubunun reaktif güç değerini göstermektedir.

eşitliği oluşturulur ve;

$$x(i+1) = \begin{bmatrix} \theta(i+1) \\ V(i+1) \end{bmatrix} \quad (25)$$

Kapasitör gruplarının reaktif güçleri;

$$Q_{c_i, min} \leq Q_{c_i} \leq Q_{c_i, max} \quad (29)$$

sınır değerleri arasından seçilir.

$$\begin{bmatrix} \theta(i+1) \\ V(i+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \theta(i) \\ V(i) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta \theta(i) \\ \Delta V(i) \end{bmatrix} \quad (26)$$

Ereğli Dağıtım Şebekesi için GA ve NR yöntemleri ile elde edilen sonuçlar, Tablo 2. ve Tablo 3.'te verilmiştir.

**Tablo 2.** Ereğli dağıtım şebekesinde reaktif güç optimizasyonu sonuçları.

Ereğli Dağıtım Şebekesi	Fider 1	Fider 2	Fider 4	Fider 5	Fider 6	Fider 7	Fider 10	Fider 11	Fider 13	Fider 14
	Aktif Güç Kaybı (kW)	Aktif Güç Kaybı (kW)	Aktif Güç Kaybı (kW)	Aktif Güç Kaybı (kW)	Aktif Güç Kaybı (kW)	Aktif Güç Kaybı (kW)	Aktif Güç Kaybı (kW)	Aktif Güç Kaybı (kW)	Aktif Güç Kaybı (kW)	Aktif Güç Kaybı (kW)
GA ile	168.63	-	91.47	581.51	54.47	376.97	204.85	260.88	27.56	68.56
NR ile	973.0		287.0	333.1	150.0	262.5	232.8	546.9	167.0	261.0

**Tablo 3.** GA ve NR ile elde edilen kayıplar.

GA ile Toplam Kayıp [kW]	1834.91
GA ile Aktif Güç Kaybı (%)	2.02
NR ile Toplam Kayıp [kW]	2613.30
NR ile Aktif Güç Kaybı (%)	2.88

### 3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ereğli Dağıtım Şebekesinde yapılan, reaktif güç optimizasyonu ile aktif güç kayıpları, GA ve NR yöntemleri kullanılarak iyileştirilmiştir. GA ile elde edilen sonuçlar NR yöntemleri ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlarda, GA ile daha az kayıp elde edildiği görülmüştür. Gerçek enerji sisteminde, GA ile aktif güç kaybındaki iyileşme % 30.81 olarak gerçekleşmiştir. 36 kV gerçek bir dağıtım şebekesinde yapılan çalışmada; reaktif güç değerleri, her bir elektrik tüketicisinin veya tüketicilerinin, enerji sisteminde bağlı olduğu noktalardan, sisteme kondansatör grupları yerleştirilerek düzenlenmiştir.

Ereğli dağıtım şebekesi, elektrik enerjisi kullanıcıların tarımsal ağırlıklı olması ve kırsal alanlara dağılması nedenlerinden dolayı tamamına yakını havai hatlardan oluşmaktadır. Ayrıca kullanıcılar geniş alana dağılmıştır. Burada elektrik enerjisi sisteminin kısıtlarını reaktif güç belirlemektedir. Ancak sanayinin gelişmiş olduğu yerlerde ve yer altı hatlarının ağırlıkta olduğu bölgelerde sistem

değişkenlerini aktif güç, gerilim genlik değerleri ve hat parametreleri belirlemektedir. Elektrik enerjisi sisteminin aktif güç kayıpları, bu durumlar için de incelenebilir.

### KAYNAKLAR

- [1] Kurban, M., Filik, B.Ü., 2007, Türkiye'deki 22 baralı 380 kV'luk güç sistemi için ekonomik dağıtım ve optimal güç akışı yöntemlerinin karşılaştırmalı analizi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fak. Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2007, Denizli, 369-378.
- [2] Tosun, S., Öztürk, A., Yalçın, M.A., Döşoğlu, K., Güvenç, U., 2011, Güç sisteminde SVC ve STATCOM denetleyici etkilerinin incelenmesi, *6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11) 2011*, Elazığ-Türkiye, 287-292.
- [3] Öztürk, A., Duman, S., 2009, Genetik algoritma kullanarak güç sistemlerinde optimal çalışma şartlarının belirlenmesi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fak. Dergisi* 24, 2009, Ankara, 539-548.
- [4] Lin, W., Li, Y., Xu, X., Li, M., 2008, Reactive power optimization in area power grid based on improved tabu search algorithm, *Changsha University of Science and Technology*, China, 1472-1477.
- [5] R.S., Rao, S.V.L., Narasimham, M., Ramalingaraju, Optimization of distribution network configuration for

- loss reduction using artificial bee colony algorithm, *World Academy of Science, Engineering and Technology* 45, 2008, India, 708-714.
- [6] Ayan, K., Kılıç, U., Optimal güç akışı probleminin çözümü için GA, MA ve YAK algoritmalarının karşılaştırılması, *IATS'11 6th International Advanced Technologies Symposium 2011*, Elazığ, 13-18.
- [7] Zhang, D., Fu, Z., Zhang, L., 2008, Joint optimization for power loss reduction in distribution systems, *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 23, No, 1, 2008, China, pp 161-168.
- [8] Selahinia, A., R., Haghifam, M.R., Shahabi, M., Mahdloo, F., Energy loss reduction in Distribution systems using GA-based optimal allocation of fixed and switched capacitors, *IEEE International Energy Conference 2010*, Iran, 835-840.
- [9] Ayan, K., Kılıç, U., 2011, Optimal reaktif güç akışının kaotik yapay arı kolonisi ile çözümü, *6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11) 2011*, Elazığ, Türkiye, 20-24.
- [10] Sheng, S, and Li, J., 2008, Study of reactive power optimization based on artificial immune ant colony algorithm, *Third International Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies*, 2311-2315.
- [11] Wei, H., Cong, Z., Jingyan, Y., Jianha, Z., Zifa, L., Zhilian, L., Dongli, P., 2008, Using bacterial chemotaxis method for reactive power optimization, *Transmission and Distribution Conference and Exposition, 2008*, Beijing, China, p. 7.
- [12] Wang, Y., Bai, J., 2008, Reactive power optimization in electricity market for distribution network, *Electrical and Mechanical Engineering College, Agriculture University of Hebei, 2008*, Boading, China.
- [13] Khoa, T.Q.D., Phan, B.T.T., 2006, Ant colony search based loss minimum for reconfiguration of distribution systems, *Power India Conference, 2006*, India, p. 6.
- [14] Pang, B., Long, W., Hu, L., Development and application of reactive power optimization software for regional power network, *2009 International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics*, China, 376-379.
- [15] Yaşar, C., Fadıl, S., Taş, M.A., Yıldız, T., 2003, Görsel bir program : yük akışı analizi ve aktif güç optimizasyonu, *Elektrik, Elektronik, Bilgisayar Müh. 10. Ulusal Kongresi*, İstanbul, 20-23.