



## DAĞITIM ŞEBEKESİ GERİLİM KONFIGÜRASYONUNUN KARIŞIK TAMSAYI LİNEER PROGRAMLAMA ALGORİTMASI İLE ENERJİ MALİYETİ YÖNÜNDEN ARAŞTIRILMASI

Leyla AKBULUT<sup>1\*</sup>, Süleyman Sungur TEZCAN<sup>2</sup>, Ahmet ÇOŞGUN<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Akseki Meslek Yüksekokulu, Elektrik Enerji Bölümü, Antalya, Türkiye

<sup>2</sup> Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

<sup>3</sup> Akdeniz Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektrik Enerji Bölümü, Antalya, Türkiye

Anahtar Kelimeler	Öz
<i>Enerji maliyeti, Gerilim seviyesi konfigürasyonu, MATLAB-Karışık tamsayı lineer programlama, Elektrik dağıtım sistemi optimizasyonu.</i>	Bu makalede, farklı gerilim seviyelerinde çok kademeli dağıtım faaliyeti sürdüren gerçek bir elektrik dağıtım şebekesinin artan enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla yeniden planlanması enerji maliyeti açısından analiz edilmiştir. Analiz çalışmasında optimum şebeke tasarımını elde etmek amacıyla fiziksel ve elektriksel koşullar göz önünde bulundurularak ihtiyaç duyulan transformator güçlerini ve sayılarını tespit ederek minimum maliyeti belirleyen bir minimizasyon fonksiyonu oluşturulmuştur. Oluşturulan fonksiyon belirlenen kısıt şartları içerisinde MATLAB yardımıyla karışık tamsayı programlama algoritmasından yararlanılarak çözümlenmiştir. Analiz sonuçlarından yararlanılarak, ilgili şebekede üst seviyeli tek kademeli dağıtıma geçilmesi ve gerilim seviyesinin mevcut durumda bırakılarak şebekenin yeniden tasarlanması durumları mali açıdan karşılaştırılmıştır.

## INVESTIGATION OF ENERGY COST BY MIXED INTEGER PROGRAMMING ALGORITHM IN DISTRIBUTION NETWORK VOLTAGE CONFIGURATION

Keywords	Abstract
<i>Energy cost, Voltage level configuration, MATLAB-Mixed integer linear programming, Electricity distribution system optimization.</i>	In this paper, the re-planning of a real electricity distribution network, which carries out multistage distribution activities at different voltage levels, to meet the increasing energy needs is analyzed in terms of energy cost. In order to determine the required transformer powers and numbers considering physical and electrical conditions in order to obtain optimal network design in analysis a minimization function is established that determines the minimum cost. The generated function within the specified constraint conditions was solved by using mixed integer programming algorithm with MATLAB. By using the results of the analysis, the high-level single-stage distribution in the relevant network and the redesign of the network by leaving the voltage level in the current situation were compared financially.

### Alıntı / Cite

Akbulut, L., Tezcan, S.S., Çoşgun, A. (2019). Dağıtım Şebekesi Gerilim Konfigürasyonunun Karışık Tamsayı Lineer Programlama Algoritması ile Enerji Maliyeti Yönünden Araştırılması, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 7(2), 238-243.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process
L. Akbulut, 0000-0003-2264-4555	<b>Başvuru Tarihi / Submission Date</b> 29.11.2018
S.S. Tezcan, 0000-0001-6846-8222	<b>Revizyon Tarihi / Revision Date</b> 26.12.2018
A. Çoşgun, 0000-0002-0243-5476	<b>Kabul Tarihi / Accepted Date</b> 27.12.2018
	<b>Yayın Tarihi / Published Date</b> 26.06.2019

### 1. Giriş

Günümüzün en vazgeçilmez enerji çeşitlerinden biri de elektrik enerjisidir. Teknolojik ve endüstriyel

gelişmeler enerji tüketimini oldukça arttırmış bu da elektrik güç sisteminin (üretim, iletim ve dağıtım şebekesi) genişletilmesini kaçınılmaz bir hale getirmiştir. Arz-talep dengesini sağlayabilmek için

\* İlgili yazar / Corresponding author: leyla.akbulut@alanya.edu.tr, +90-554-280-2581

enerji üretim, iletim ve dağıtım şebekelerinin planlanması hususunda birçok çalışma yapılmaktadır (Tanaka vd., 2015; Parada vd.,2004; Aybers vd.,1995). Bu çalışmalar kısa, orta ve uzun vadede yapılacak olan şebeke operasyonuna (işletme, bakım, yenileme, onarım) göre değişiklik göstermektedir (Tanaka vd., 2015; Parada vd.,2004; Aybers vd.,1995). Yapılan çalışmalarla en az maliyetle kaliteli enerjiyi tüketiciye ulaştırmak hedeflenmektedir (Tanaka vd., 2015; Parada vd.,2004; Aybers vd.,1995). Bu hedef doğrultusunda şebekelerin optimum tasarlanmasının önemi her geçen gün artmaktadır.

Ülkemizde dağıtım şebekelerinde farklı gerilim seviyeleri kullanılmaktadır. Örneğin; İzmir’de 10 kV, Kayseri ve Kırşehir’de 15 ve 31.5 kV ve Ankara’da 6.3 kV gerilim seviyeleri halen kullanılmaktadır. İlk zamanlarda, orta gerilimde (OG) meydana gelen kayıplar önemsenmemiş, gerilim seviyesi düşük OG gerilim şebekeleri kullanılması ile yatırım maliyetlerinin düşürülmesi sağlanmıştır.

Literatürde, ekonomik güç dağıtım şebekesi tasarım problemlerinin aktif güç veya reaktif güç yönünden incelendiği (Baysal vd., 2015; Öztürk vd.,2009; Fahim vd.,2012). ve farklı optimizasyon yöntemleri kullanılarak çözüldüğü görülmüştür (Zhu vd., 2002; AlRashidi vd.,2009; Aoki vd.,1990). Bu çalışmalarda, indirici merkezler ve gerilim konfigürasyonu göz önünde bulundurulmamıştır (Hong vd., 2008; Ozay vd.,1995). İndirici merkez göz önünde bulundurulmuş çalışma da ise akım taşıma kapasitesi ve gerilim düşümü değerlerinin kontrolleri ihmal edilmiştir (Yavuz, 2012).

Bu çalışmada, farklı gerilim seviyelerinde iki kademeli dağıtım faaliyeti sürdüren bir şebekenin, artan enerji ihtiyacını karşılamak üzere gerilim seviyesini arttırması veya aynı gerilim seviyesinde devam etmesi durumları üzerine maliyet analizleri yapılmıştır. Gerilim seviyesinin yükseltilerek tek kademe ile dağıtım yapılması veya gerilim seviyesi yükseltilmeden iki kademeli olarak dağıtım yapılması durumları karşılaştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Elektrik enerjisi maliyetleri; üretim, iletim ve dağıtım olmak üzere üç ana kısımda toplanabilir. Dağıtım maliyetleri ise tesis kurulum giderleri(sabit maliyet) ve işletim giderleridir (değişken maliyet). Tesis kurulum giderleri; tesisin kurulum gücüne bağlı olup tesisin kurulması için gerekli malzeme, montaj vb. giderleri içermektedir. İşletim giderleri ise tesisin işletimi sırasında şebekeden çekilen enerji miktarına bağlı olarak meydana gelen kayıplar gibi değişkenlik gösteren değerlerden kaynaklı giderleri içermektedir.

Bu çalışmada, ülkemizde faaliyet gösteren bir dağıtım şirketine ait şebeke incelenmiştir. (Etik beyan gereği ilgili dağıtım şirketinin ismi ve şebeke verileri ayrıntılı olarak paylaşılamamaktadır). Şebekenin yeniden tasarlanması durumunda şebekede indirici merkez olduğu ve indirici merkez olmadığı durumları karşılaştırılmış ve amaç fonksiyonları bu durumlara göre oluşturulmuştur. Amaç fonksiyonları oluşturulurken; indirici merkez maliyeti, dağıtım transformatör merkezi maliyeti ve dağıtım hattı maliyetleri göz önünde bulundurulmuştur.

### 2.1.İndirici Merkez Maliyeti

İndirici merkezlere ait bir yıllık maliyet; indirici merkezin yıllık tesis maliyeti ve indirici merkez transformatörüne ait yıllık kayıp maliyetinin toplanması ile bulunmuştur (Artaç,Türkey, 2003).

$$\dot{I}M_m = \dot{I}M_t + \dot{I}M_k \quad (1)$$

$$\dot{I}M_t = (M_f)_a + e_b \cdot (P_d)_a \cdot K_f \cdot 8760 \quad (2)$$

$$\dot{I}M_k = e_b \cdot (P_{bn})_a \cdot K_r \cdot 8760 \quad (3)$$

$\dot{I}M_m$ :İndirici Merkezin yıllık toplam maliyeti (TL)

$\dot{I}M_t$ :İndirici Merkezin tesis maliyeti (TL)

$\dot{I}M_k$ :İndirici Merkezin kayıp maliyeti (TL)

$(M_f)_a$ : a gücündeki indirici transformatör merkezi montaj maliyeti (TL)

$e_b$ :enerji birim maliyeti (TL/kWh)

$(P_d)_a$ : a gücündeki indirici transformatör demir kaybı (kWh)

$(P_{bn})_a$ : a gücündeki indirici transformatör nominal bakır kaybı (kWh)

$K_r$ :Kayıp Faktörü

$S$ :İndirici merkez transformatör gücü (kVA)

$S_n$ : İndirici merkez transformatör nominal gücü (kVA)

### 2.2.Dağıtım Transformatör Merkezi Maliyeti

Dağıtım transformatör merkezlerine ait bir yıllık maliyet; indirici merkez maliyeti ile benzer şekilde hesaplanmakta olup, dağıtım transformatör merkezinin yıllık tesis maliyeti ve dağıtım transformatör merkez transformatörüne ait yıllık kayıp maliyetinin hesaba katılmasıyla bulunur.

### 2.3.Dağıtım Hattı Maliyeti

Dağıtım hattı maliyeti; malzeme montajı gibi nedenlerden kaynaklanan sabit maliyet ile hatta meydana gelen kayıplardan kaynaklanan değişken maliyetin toplanmasıyla bulunmuştur (Artaç, Türkey, 2003).

$$HM = HM_s + HM_d \quad (7)$$

$$HM_s = (M_r)_c \cdot l \quad (8)$$

$$HM_d = e_b \cdot (r)_c \cdot \frac{P^2}{|V^2|} \cdot K_f \cdot 1.8760 \cdot 10^{-3} \quad (9)$$

HM: Hattın yıllık toplam maliyeti (TL)

HM<sub>s</sub>: Hattın sabit maliyeti (TL)

HM<sub>d</sub>: Hattın değişken maliyeti (TL)

(M<sub>r</sub>)<sub>c</sub>: c kesitindeki iletkenin montaj maliyeti (TL)

(r)<sub>c</sub>: c kesitindeki iletkenin birim uzunluk başına direnci (Ω/km)

l: uzunluk (km)

P: Aktif güç (W)

V: Hattın gerilimi (V)

### 3. Problemin Tasarımı

Bu çalışmada, kullanılan modellerde; indirici merkez kayıpları ve dağıtım transformatör merkez kayıpları göz önüne alınmıştır. Şebekedeki mevcut iletkenlerin kullanılacağı varsayılarak; gerilim düşümü ve akım taşıma yönünden modellerin uygunluğu kontrol edildikten sonra hesaplanan maliyete gerilim seviyesine uygun olarak hat maliyetleri eklenerek sonuca ulaşılmıştır.

#### 3.1. İndirici Merkezle Yeniden Tasarlanması Durumu

Şebekenin iki gerilim seviyesinde iki kademeli yeniden tasarlanması durumunda amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi oluşturulmuştur:

$$\text{Min} Z_1 = \sum_{i=1}^m \sum_{a \in N_a} (\text{İMt} + \text{İMk}) X_a + \sum_{j=1}^m \sum_{b \in N_b} (\text{DTt} + \text{DTk}) Y_b + \sum_{k=1}^p \sum_{c \in N_c} (\text{HM}_s + \text{HM}_d) Z_c \quad (10)$$

**Kısıtlar** (Artaç, Türkay, 2003):

- Talep şebeke tarafından karşılanmalıdır;

$$\sum_{i=1}^m (P_{ij} - P_{jl}) \geq P_j \quad (11)$$

- Hattın maksimum akım taşıma kapasitesi aşılmamalıdır;

$$\frac{P_k}{|V_k|} \leq \frac{P_k^{\max}}{|V_k|} \quad (12)$$

(k=1,2,...,m)

P<sub>k</sub>: iletkenin çektiği yük

P<sub>k</sub><sup>max</sup>: iletkenin maksimum taşıyabileceği yük

V<sub>k</sub>: iletkenin gerilimi

- Dağıtım transformatöründen talep edilen güç, dağıtım transformatörünün nominal gücünden daha büyük olmamalıdır;

$$P_t \leq P_t^{\max} \quad (13)$$

P<sub>t</sub>: talep gücü

P<sub>t</sub><sup>max</sup>: dağıtım transformatörü nominal gücü

#### 3.2. İndirici Merkez Olmadan Yeniden Tasarlanması Durumu

Şebekenin üst seviyeli tek kademeli dağıtıma geçilerek yeniden tasarlanması durumunda amaç fonksiyonu hesaplanır:

$$\text{Min} Z_2 = \sum_{j=1}^m \sum_{a \in N_a} (\text{DTt} + \text{DTk}) X_a + \sum_{k=1}^p \sum_{b \in N_b} (\text{HM}_s + \text{HM}_d) Y_b \quad (14)$$

• İndirici merkez olmadığı durumdaki kısıt şartları ile indirici merkez olduğu durumdaki kısıt şartları aynıdır.

### 4. Araştırma Bulguları

#### 4.1. İndirici Merkez Maliyeti Analiz Değerleri

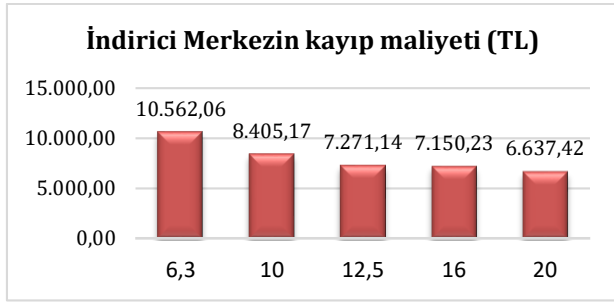
Tablo 1'de denklem (2) ve denklem (3) yardımıyla hesaplanan indirici merkeze ait maliyetler özetlenmiştir. Enerjinin birim maliyeti dağıtım sistemi için geçerlidir. İndirici merkezin tesis maliyeti; indirici merkezin kurulumu esnasında malzeme, montajdan ve işçilikten kaynaklanan sabit maliyeti içerir. Sabit maliyetlere ilişkin veriler TEDAŞ 2018 Birim Fiyatlarıdır. Bu fiyatlara bir yıllık demir kayıplarından kaynaklanan giderlerin eklenmesiyle tesis maliyeti hesaplanmaktadır. İndirici merkezin kayıp maliyeti ise buna değişken maliyet de diyebiliriz indirici merkezde elektriksel özellikler nedeniyle transformatörde meydana gelen bakır kayıplarından kaynaklanan kayıp enerji maliyetidir. İndirici merkezin yıllık toplam maliyeti, tesis maliyeti ile kayıp maliyetinin toplanması ile hesaplanır.

**Tablo 1.** İndirici Merkez (İM) Maliyeti

Anma Gücü (MVA)	Enerji Birim Maliyeti (TL/kWh)	İM Tesis Maliyeti (TL)	İM Kayıp Maliyeti (TL)	Toplam Maliyet (TL)
6.3	0.1266	369.167,52	10.562,1	379.729,58
10	0.1266	524.306,80	8.405,17	532.711,97
12.5	0.1266	769.378,87	7.271,14	776.650,01
16	0.1266	948.731,66	7.150,23	955.881,89
20	0.1266	1.052.497,0	6.637,42	1.059.133,9

Tablo 1'de görüldüğü gibi indirici merkezinin anma gücü arttıkça tesis maliyeti ve bir yıllık adet maliyeti artmaktadır. Fakat kayıp maliyeti transformatör gücü arttıkça azalmaktadır (Şekil 1). Bu durum,

transformatör kayıplarının güç artıka azaldığını göstermektedir.



**Şekil 1.** Transformatör Gücüne Göre İndirici Merkez Kayıp Maliyeti

## 2.2. Dağıtım Transformatör Merkezi Maliyeti Analiz Değerleri

Tablo 2'de görüldüğü üzere transformatörün güç değeri arttıkça kayıp maliyeti azalmaktadır. Ayrıca aynı güç değerinde bulunan bir transformatörün 33kV'ta kayıp maliyeti daha fazladır. Buradan yola çıkılarak ilk tasarım aşamasında düşük gerilim seviyesi seçiminin uygun olduğu düşünülebilir fakat gerilim 10 kV'tan 20 kV'a çıkarıldığında;

- Gerilim düşümü %75 azalır.
- Güç transfer kapasitesi artar. Transfer kapasitesi gerilimle orantılı olup, gerilim 2 katına çıkarıldığında kapasite de 2 katına çıkacaktır. Özellikle enerji talebi hızla artan bölgelerde, bu enerji talebinin karşılanması için gerekli olan kapasite ihtiyacı kaçınılmazdır. Bu yüzden, gerilim seviyesinin artırılması ilerde yapılacak olan kapasite artışlarını destekleyecektir.
- Dağıtım ağ çapı genişlenir. Gerilim seviyesi ile doğru orantılı olarak dağıtımın yapılabileceği alan miktarı da artar. Çünkü gerilim düşümü daha azdır.
- Güç kaybı azalır. Gerilim seviyesi 2 katına çıkarıldığında enerji kayıpları yaklaşık %75 azalır.
- Daha işletilebilir yapıdadır. Daha yüksek gerilimde indirici merkez ve fider sayısı azalacağından işletme açısından avantajlıdır. Ayrıca fider yapısında tercih edilen basit radyal dağıtım düzeni de bu duruma katkı sağlar.
- Daha düşük kesitte kablolarla iletim gerçekleştirilerek malzeme avantajı sağlar.
- Daha düşük kesitteki kablonun maliyeti daha az olduğundan kablo maliyeti azalır.

Yukarıdaki nedenlerden ötürü dağıtım hattı iletken maliyeti, toplam maliyet açısından ve kayıpların azaltılması açısından büyük önem taşımaktadır (Yavuz, 2012).

**Tablo 2.** Dağıtım Transformatör Maliyeti (DM)

İşletme Gerilimi (kV)	Dağıtım Transformatör Gücü (kVA)	Enerji Birim Maliyeti (TL)	DM Tesis Maliyeti (TL)	DM Kayıp Maliyeti (TL)	DM Yıllık Toplam Maliyeti (TL)
15	100	0.1266	11.610,29	25.765,86	37.376,15
33	100	0.1266	13.639,94	29.101,25	42.741,19
15	160	0.1266	15.370,25	21.940,59	37.310,84
33	160	0.1266	17.690,91	24.025,21	41.716,12
15	250	0.1266	19.102,43	19.512,01	38.614,44
33	250	0.1266	22.041,35	21.546,60	43.587,95
15	400	0.1266	23.741,74	17.302,32	41.044,06
33	400	0.1266	27.544,28	18.970,01	46.514,29
15	630	0.1266	31.964,14	15.485,72	47.449,86
33	630	0.1266	36.466,30	16.160,74	52.627,04
15	1000	0.1266	42.016,17	15.092,62	57.108,79
33	1000	0.1266	49.099,34	15.592,93	64.692,27

## 2.3. Dağıtım Hattı Maliyeti Analiz Değerleri

Dağıtım hattına ait maliyetler her iki tasarım içinde şebeke iletkenlerinin aynı kesit ve uzunlukta kullanıldıkları sadece gerilim seviyesinin değiştiği var sayılarak hesaplanmıştır (Tablo3). Gerilim seviyesinin artması kayıptan kazancı önemli ölçüde arttırmaktadır. Ayrıca, aynı güç değerinde gerilim artışı akım miktarında azalmaya neden olacağı için iletkenin ömründe artışa sebep olacaktır. Gerilim düşümünün de azalacağı düşünüldüğünde aynı kesit değerine sahip bir iletkenle daha çok müşteri beslenebilecektir. Böylelikle sistem, işletim açısından daha kolay işletilebilen bir yapıya kavuşacaktır.

**Tablo 3.** İletken Maliyeti

İletken Türü	Gerilim Seviyesi (kV)	Eş Değer Direnç (Ω/km)	Toplam İletken Uzunluğu (km)	Tesis Maliyeti (TL)	Kayıp Maliyeti (TL)	Toplam Maliyet (TL)
1x95/16	15	0,32	2,387	185,65	753,06	938,725
1x95/16	33	0,193	2,387	299,19	206,45	505,637
Swallow	15	1,1365	5,865	116,65	3.820,53	3.937,19
Swallow	33	1,1534	5,865	116,65	1.762,47	1.879,13
Hawk	15	0,3229	5,600	67,59	2.611,81	2.679,40
Hawk	33	0,3575	5,600	67,87	1.314,55	1.382,36

## 5. Sonuç ve Tartışma

Doğrusal programlama, bir veya daha fazla kısıtlamaya tabi doğrusal bir amaç fonksiyonunu maksimum düzeye çıkarmaktadır veya minimum düzeye indirmektedir. Karma tamsayı programlamada, değişkenlerden en az birinin yalnızca

tamsayı değerlerin alabileceği koşulu vardır. MATLAB programında karışık tamsayı programlama metodu kullanılarak, 10 ve 11 nolu denklemlerdeki amaç fonksiyonları, şebeke kısıtları da dikkate alınarak çözümlenmiştir. İlk durumda mevcut sistemin indirici merkezle yeniden dizayn edildiği varsayılarak transformatör postaları, dağıtım hattı ve indirici merkez yaklaşık maliyetleri, şebekenin mevcut güç yoğunluğu altında hesaplanmıştır. İkinci durumda mevcut sistemin gerilim konfigürasyonu ile tek kademeli ve yüksek gerilim seviyeli olarak yeniden dizayn edildiği varsayılarak transformatör postaları, dağıtım hattı ve indirici merkez yaklaşık maliyetleri, şebekenin mevcut güç yoğunluğu altında hesaplanmıştır. Program yardımıyla hesaplanan maliyetler, aşağıdaki Tablo 4'te gösterilmiştir. Gerilim seviyesi arttıkça her ne kadar transformatör maliyeti artsa da indirici merkez maliyeti ve özellikle hat maliyetleri azaldığından toplam maliyet azalmaktadır. Ayrıca şebekede kullanılan her teçhizatın muhtemel bir arıza faktörü olduğu göz önünde bulundurulursa indirici merkezin ortadan kalkması arıza ihtimallerinde de azalmaya neden olacaktır.

**Tablo 4.** Analiz Sonuçları ve Maliyet Karşılaştırma Tablosu

Bir Yıllık Maliyet (TL)	Gerilim Seviyesi (kV)	
	15.8	31.5
Transformatör Maliyeti (TL)	1.685.800,00	1.937.000,00
İndirici Merkez Maliyeti (TL)	826.210,00	0
Hat Maliyeti (TL)	7.555,32	3.767,13
Toplam Hat Maliyeti (TL)	2.519.565,32	1.937.767,13

Günümüzde, enerji dağıtım anonim şirketleri (EDAŞ)'lar yeni kurulacak dağıtım şebekelerinde 33 kV'luk tek kademe dağıtım tercih etmektedir. Fakat daha önceki yıllarda dizayn edilmiş mevcut şebekenin bazı kesimlerinde farklı gerilim seviyelerinde çok kademeli dağıtım devam etmektedir. Bu çalışma; EDAŞ'ların çok kademeli çok gerilim seviyeli bir şebekede dönüşüm yaptığında, mevcut durumu korumalı mı yoksa gerilim seviyesini yükselterek tek kademeli sisteme mi geçmeleri gerektiğini mali açıdan inceleyerek planlamacılara ve yatırımcılara bu konuda ışık tutmayı hedeflemektedir. İndirici merkez ve dağıtım transformatör merkezlerinin yıllık toplam maliyetleri farklı işletme gerilimlerinde hesaplanmıştır. Dağıtım hattı maliyeti de dağıtım hatlarında en fazla kullanılan üç farklı iletken ile hesaplanmıştır ve gerilim seviyesinin artırılması durumunda hat maliyetlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Gerilim seviyesi yükseltilmemesi durumunda indirici merkeze gerek kalacağından indirici merkezin de maliyeti hesaba katılmıştır. Yapılan çalışmada; gerilim seviyeleri ve

konfigürasyonları irdelenerek, gerilim seviyesinin artırılması durumunda ortaya çıkan maliyetin kayıptaki azalmalarla makul sürelerde telafi edilebileceği sonucuna varılmıştır.

#### Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the authors.

#### Kaynaklar

- AlRashidi, M.R., El-Hawary, M.E., Fellow, 2009. A Survey of Particle Swarm Optimization Applications in Electric Power Systems. IEEE Transactions On Evolutionary Computation, Vol. 13, No. 4.
- Aoki, K., Nara, K., Satoh, T., Kitagawa, M., Yamanaka, K., 1990. New Approximate Optimization Method for Distribution System Planning. IEEE Transactions on Power Systems.
- Aybers, N., Şahin, B., 1995. Enerji Maliyeti. Ders Kitabı. Yıldız Teknik Üniversitesi yayını No: 299, ytü matbaası, İstanbul
- Baysal, Y.A., Altaş, I.H., 2015. A Fuzzy Reasoning Approach for Optimal Location and Sizing of Shunt Capacitors in Radial Power Systems. IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE).
- Fahim, S.R., Helmy, W., 2012. Optimal Study of Distributed Generation Impact on Electrical Distribution Networks using GA and Generalized Reduced Gradient. International Conference on Engineering and Technology (ICET).
- Hong, L., Shaoyun, G., Ianoz, M., Xuemei, J., 2008. Research on Voltage Level Configuration in Medium Voltage Network Area. DRPT Nanjing.
- Kocaarslan, İ., Tiryaki, H., 2015. Yük Dağıtım Sistemlerinde Karışık Tamsayı Programlama Algoritması ile Optimizasyon. International Journal of Engineering Research and Development, Vol.7, No.1.
- Ozay, N., Guven, N., Tureli A., Demiroğlu M., 1995. Elektrik Dağıtım Sistemlerinde Orta Gerilim Seviyesinin Belirlenmesi. Elektrik Mühendisliği 6. Ulusal Kongresi 11 - 17 Eylül, Bursa.
- Öztürk, A., Tosun, S., Erdoğan, P., Hasırcı, U., 2009. Elektrik Enerji Dağıtım Sisteminde Ekonomik Aktif Güç Dağıtımının Genetik Algoritma ile Belirlenmesi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi Cilt:XXII,  
Sayı:3

Parada, V., Ferland, J.A., Arias, M., Daniels, K., 2004. Optimization of Electrical Distribution Feeders Using Simulated Annealing. IEEE Transactions On Power Delivery, Vol. 19, No. 3.

Tanaka, R., Sekizaki, S., Nishizaki, I., Hayashida, T., 2015. The Multi-Objective Optimization of Distribution System Management in Deregulated Electricity Market. IEEE 8th International Workshop on Computational Intelligence and Applications November 6-7, 2015, Hiroshima, Japan.

Türkay, B., ARTAÇ, T., 2003. Dağıtım Şebekesinin Genetik Algoritma ile Optimum Tasarımı. Elektrik - Elektronik - Bilgisayar Mühendisliği 10. Ulusal Kongresi.

Yavuz, E., 2012. Örnek Bir Dağıtım Sisteminde Dağıtım Gerilim Seviyelerinin Optimizasyonu. [arsiv.gazi.edu.tr/File.php?Doc\\_ID=8040](http://arsiv.gazi.edu.tr/File.php?Doc_ID=8040)

Zhu, J.Z., 2002. Optimal Reconfiguration of Electrical Distribution Network Using the Refined Genetic Algorithm. Electric Power Systems Research 62 (2002) 37/42.