

MAKALE HAKKINDA

Geliş : Kasım 2016

Kabul: Mart 2017

BİNGÖL ORTA GERİLİM ŞEBEKESİNİN TEKNİK KAYIPLARIN ANALİZİ İÇİN DIGSILENT POWER FACTORY YAZILIMI İLE BİLGİSAYAR DESTEKLİ ŞEBEKE MODELİ

COMPUTER ADDED NETWORK MODEL WITH DIGSILENT POWER
FACTORY SOFTWARE FOR TECHNICAL LOSSES ANALYSIS OF BİNGÖL
MEDIUM VOLTAGE GRID

Ahmet Aydın^a, Mustafa Şeker^b, Arif Memmedov^c

ÖZ

Günümüzde enerjinin giderek pahalalanması ve elektrik birim fiyatlarının giderek yükselmesi nedeniyle elektriksel şebekelerin analiz edilmesi oldukça önemlidir. Elektriksel şebekelerin analiz edilebilmesi için günümüzde çok sayıda geliştirilmiş benzetim yazılımları kullanılmaktadır. Bu benzetim yazılımlarından elde edilen yük akışı analizleri sayesinde elektriksel şebekelerin analiz etmek ve teknik kayıpların seviyesini belirlemek mümkündür. Bu çalışmada Bingöl orta gerilim şebekesinin şebeke benzetim modeli DigSilent Power Factory şebeke yazılımı kullanılarak modellenmiştir. Bu benzetim modeli kullanılarak yük akış analiz sonuçları değerlendirilmiş ve teknik kayıplar hesaplanmıştır. Ayrıca teknik kayıpların azaltılabilmesi için bazı çözüm önerileri sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Şebeke Modeli, Orta Gerilim Şebekesi, Bingöl

ABSTRACT

Because nowadays energy is becoming more expensive and unit price of electricity becoming more expensive, analysing electrical network is quite important. Today many developed simulation software is used to analyse the electrical network. Owing to load flow analysis obtained from simulation software, it is possible to analyse electrical network and determine the level of technical losses. In this study, network simulation model of Bingöl medium voltage grid is modelled by using Dig Silent Power Factory network software. By using this simulation model, load flow analysis results are evaluated and technical losses are calculated. In addition, some solutions are presented in order to reduce the technical losses.

Keywords: Network Model, Medium Voltage Grid, Bingöl

^aBingöl Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, ahmetaydin@bingol.edu.tr

^{b,c} İnönü Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

GİRİŞ

Elektrik şebekelerinde mevcut yüklerin hızlı bir şekilde artması nedeniyle, elektrik şebekelerde meydana gelecek gerilim düşümleri ve kayıpların incelenmesi oldukça önemlidir. Bu nedenle elektriksel sistemlerde yük akış analizlerinin gerçekleştirilmesi elektriksel yüklerin şebekeye etkilerinin değerlendirilmesinde oldukça önemlidir.

Günümüzde DigSilent, Etap, Sincal gibi gelişmiş benzetim yazılımları elektriksel sistemlerin yük akış analizlerinin hesaplanmasına ve elektriksel şebekelerdeki teknik kayıp analizlerinin değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

Yük akış analizlerinin hesaplanmasında (Tinney ve Hart ,1967; Moorthy, vd., 1995; Zimmerman ve Chiang, 1995; Stott ve Alsac, 1974) gibi farklı matematiksel algoritmalar kullanılmaktadır. Bu metodların yanı sıra bazı bulanık mantık algoritmaları (Vlachogiannis,2001) ve tabu araştırma algoritmaları (Li, vd., 2004) gibi bazı sezgisel metotlarda elektriksel şebekelerdeki yük akış analizlerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır.

Yük akış analizinden elde edilen sonuçlar ile iletim hatlarında oluşan kayıplar hesaplanabilmektedir. Elektriksel sistemlerde kayıplar teknik kayıplar ve teknik olmayan kayıplar olmak üzere iki tür kayıp faktörü bulunmaktadır. Teknik kayıplar elektriksel ekipmanlar ve şebekedeki iletim hatlarından meydana gelen kayıplardan oluşurken, teknik olmayan kayıplar kaçak kullanım, hatalı ölçümler ve hesaba katılmayan müşterilerden kaynaklı olabilir (Özel, 2006 ; İbrahim, 1999) . Ayrıca benzetim programları yardımı ile hesaplanabilen teknik kayıp miktarı ile faturalandırılmayan tüketim miktarları karşılaştırılarak teknik olmayan kayıpların analizi gerçekleştirilebilir.

Bu çalışmada Bingöl orta gerilim şehir şebekesi DigSilent Power Factory şebeke analiz yazılımı kullanılarak modellenmiştir. Benzetim modelinde yük akış algoritması olarak Newton Raphson metodu kullanılmıştır ve yük akış analiz sonuçları değerlendirilerek şebekede

meydana gelen teknik kayıplar hesaplanmıştır. Ayrıca teknik kayıpların azaltılması için bazı çözüm önerileri sunulmuştur.

MATERYAL VE METOT

Newton-Raphson Yük akışı

Newton-Raphson Yöntemi nonlineer denklem sistemlerinin çözümünde en fazla kullanılan metottur. Taylor seri açılımına dayanan bir ardışık yaklaşım yöntemidir. Bilinmeyen bir x değişkenini içeren $f(x)$ fonksiyonu ele alınsın.

$$f(x) = c \quad (1)$$

Çözüme bir $x^{(0)}$ başlangıç noktası ve çözümden küçük bir $\Delta x^{(0)}$ sapmasıyla başlanır.

$$f(x^{(0)} + \Delta x^{(0)}) = c \quad (2)$$

Denklemin sol tarafı $x^{(0)}$ civarında Taylor serisine açılırsa (3) ifadesi elde edilir.

$$f(x^{(0)}) + \left(\frac{df}{dx}\right)^{(0)} \Delta x^{(0)} + \frac{1}{2!} \left(\frac{d^2f}{dx^2}\right)^{(0)} ((\Delta x^{(2)})^2 + \dots) = c \quad (3)$$

elde edilir. Yüksek dereceli terimlerin ihmal ve (0) Δx sapmasının çok küçük olduğu kabulüyle (4) ifadesindeki gibi yazılabilir,

$$\Delta c^{(0)} - \left(\frac{df}{dx}\right)^{(0)} \Delta x^{(0)} \quad (4)$$

Burada

$$\Delta c^{(0)} = c - f(x^{(0)}) \quad (5)$$

Başlangıç değerine artış oranı eklenerek 2. iterasyondaki çözüm elde edilmiş olur.

$$x^1 = x^{(0)} + \frac{\Delta c}{\left(\frac{df}{dx}\right)^{(0)}} \quad (6)$$

Bu işlemlerin ardışık olarak yapılmasıyla

$$\Delta c^{(k)} = c - f(x^{(k)}) \quad (7)$$

$$\Delta x^{(k)} = \frac{\Delta c^{(k)}}{\left(\frac{df}{dx}\right)^{(k)}} \quad (8)$$

$$x^{(k+1)} = x^{(k)} + \Delta x^{(k)} \quad (9)$$

elde edilir. İfadeler şu şekilde düzenlenebilir.

$$\Delta C^{(k)} = j^{(k)} \Delta X^{(k)} \quad (10)$$

Burada

$$j^{(k)} = \left(\frac{df}{dx} \right)^{(k)} \quad (11)$$

ifadesi değişken değerindeki değişim hızını ifade eder.

Bu yöntem lineer olmayan bir denklem sisteminin değişkenlerindeki küçük değişimler bakımından lineerleştirilebileceğini göstermektedir. Newton-Raphson metodu Gauss-Seidel metoduna göre çok daha hızlı yakınsadığından daha çok tercih edilir. Fakat başlangıç değeri çözüm noktasına yeterince yakın seçilmezse istenen çözüm noktasından başka bir çözüm elde edilebilir ya da yakınsama gerçekleşmeyebilir. N boyutlu bir denklem sisteminde yöntemin genelleştirilmiş formu şu şekilde ifade edilebilir.

$$\begin{aligned} (f_1)^{(0)} + \left(\frac{\partial f_1}{\partial x_1} \right)^{(0)} \Delta x_1^{(0)} + \\ \left(\frac{\partial f_1}{\partial x_2} \right)^{(0)} \Delta x_2^{(0)} + \dots + \\ \left(\frac{\partial f_1}{\partial x_n} \right)^{(0)} \Delta x_n^{(0)} = c_1 \end{aligned}$$

(12)

$$\begin{aligned} (f_2)^{(0)} + \left(\frac{\partial f_2}{\partial x_1} \right)^{(0)} \Delta x_1^{(0)} + \\ \left(\frac{\partial f_2}{\partial x_2} \right)^{(0)} \Delta x_2^{(0)} + \dots + \\ \left(\frac{\partial f_2}{\partial x_n} \right)^{(0)} \Delta x_n^{(0)} = c_2 \end{aligned}$$

(13)

$$\begin{aligned} (f_n)^{(0)} + \left(\frac{\partial f_n}{\partial x_1} \right)^{(0)} \Delta x_1^{(0)} + \\ \left(\frac{\partial f_n}{\partial x_2} \right)^{(0)} \Delta x_2^{(0)} + \dots + \\ \left(\frac{\partial f_n}{\partial x_n} \right)^{(0)} \Delta x_n^{(0)} = c_n \end{aligned}$$

(14)

Bu ifadeler matris formunda tanımlandığında,

$$\begin{bmatrix} c_1 - (f_1)^{(0)} \\ c_2 - (f_2)^{(0)} \\ \vdots \\ c_n - (f_n)^{(0)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \left(\frac{\partial f_1}{\partial x_1} \right)^{(0)} & \left(\frac{\partial f_1}{\partial x_2} \right)^{(0)} & \dots & \left(\frac{\partial f_1}{\partial x_n} \right)^{(0)} \\ \left(\frac{\partial f_2}{\partial x_1} \right)^{(0)} & \left(\frac{\partial f_2}{\partial x_2} \right)^{(0)} & \dots & \left(\frac{\partial f_2}{\partial x_n} \right)^{(0)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \left(\frac{\partial f_n}{\partial x_1} \right)^{(0)} & \left(\frac{\partial f_n}{\partial x_2} \right)^{(0)} & \dots & \left(\frac{\partial f_n}{\partial x_n} \right)^{(0)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x_1^{(0)} \\ \Delta x_2^{(0)} \\ \vdots \\ \Delta x_n^{(0)} \end{bmatrix} \quad (15)$$

ifadesi elde edilebilir. Bu ifade daha kısa bir şekilde denklem (16) ve (17) deki gibi yazılabilir,

$$\Delta C^{(k)} = j^{(k)} \Delta X^{(k)} \quad (16)$$

$$\Delta X^{(k)} = [j^{(k)}]^{-1} \Delta C^{(k)} \quad (17)$$

yazılabilir. Bu durumda iterasyon ifadesinin genel denklemini denklem (18) deki gibidir. Bu ifade kullanılarak denklem (19) da sunulan Jacobian matris ifadesi elde edilir.

$$X^{(k+1)} = X^{(k)} + \Delta X^{(k)} \quad (18)$$

$$j^{(k)} = \begin{bmatrix} \left(\frac{\partial f_1}{\partial x_1} \right)^{(k)} & \left(\frac{\partial f_1}{\partial x_2} \right)^{(k)} & \dots & \left(\frac{\partial f_1}{\partial x_n} \right)^{(k)} \\ \left(\frac{\partial f_2}{\partial x_1} \right)^{(k)} & \left(\frac{\partial f_2}{\partial x_2} \right)^{(k)} & \dots & \left(\frac{\partial f_2}{\partial x_n} \right)^{(k)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \left(\frac{\partial f_n}{\partial x_1} \right)^{(k)} & \left(\frac{\partial f_n}{\partial x_2} \right)^{(k)} & \dots & \left(\frac{\partial f_n}{\partial x_n} \right)^{(k)} \end{bmatrix} \quad (21)$$

ifadesi Jacobian matrisi olarak adlandırılır. Newton-Raphson metodu çözüm yakınlarında iken çok hızlı yakınsamaya sahip olmakla birlikte her bir iterasyonda ki işlem maliyeti fazladır. Ayrıca yakınsama için başlangıç noktasının seçiminde dikkatli olunmalıdır.

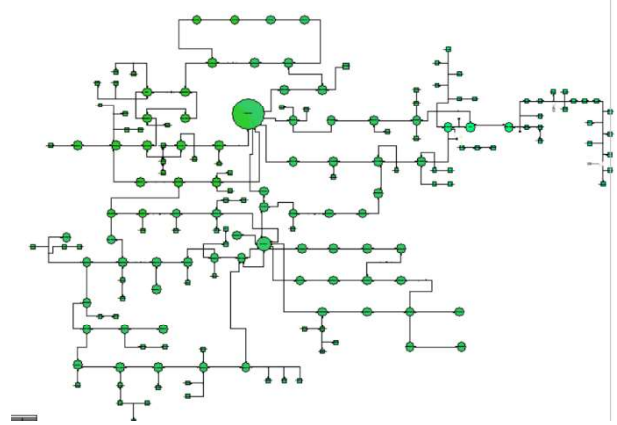
Elektriksel Şebekelerde Teknik Kayıplara Neden Olan Faktörler

Elektriksel sistemlere meydana gelen kayıplar temel olarak Üretim, İletim ve Dağıtım kayıpları olmak üzere üç temel kategoride incelenebilir. Elektriksel kayıpların çoğunluğu iletim ve dağıtım sistemlerinde meydana gelmektedir. Üretilen elektrik enerjisinin yaklaşık %6' sı iç kayıp ve iç tüketimden kaynaklanmaktadır (Yaşar vd., 2010). Bu nedenle elektriksel kayıpların azaltılması elektrik enerji sistemlerinin verimliliği açısından büyük önem arz etmektedir. Elektriksel sistemlerde meydana gelen teknik kayıpların nedenleri aşağıda şekilde sınıflandırılabilir (Navani vd., 1956).

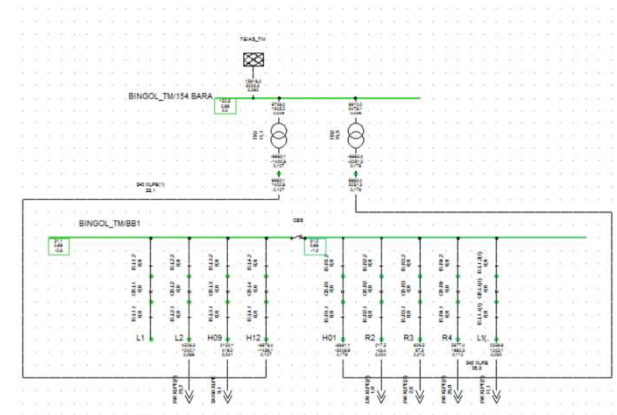
- Harmonik distorsiyon
- Tüketici yüklerinin yanlış topraklanması
- Aşırı yüklenmiş ve uzun faz hatları
- Gerilim düşümleri ve standart olmayan ekipmanların kullanılması
- Elektriksel şebekeden çekilen reaktif güç

Bingöl Orta Gerilim Elektriksel Şebekesinin Modellenmesi

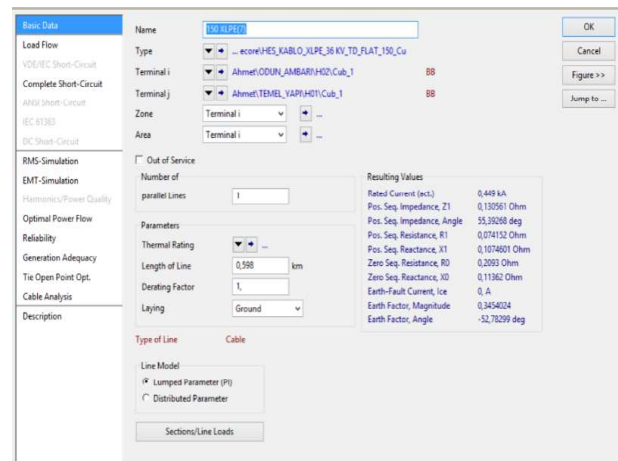
Bingöl orta gerilim elektriksel şebekesinin modellenmesi DigSilent Power Factory yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Şebekede bulunan TEİAŞ indirici transformatör merkezi, sistemde bulunan yükler ve iletkenler mevcut elektriksel sistemin tek hat şemasına uygun olarak modellenmiştir. Şebekede kullanılan iletkenlerin karakteristik değerleri için katalog bilgileri kullanılmıştır. Bingöl orta gerilim şebekesinin DigSilent Power Factory' de tasarlanan tek hat şeması Şekil 1' de, TEİAŞ 154/34,5 kV indirici merkezin modeli Şekil 2' de ve iletkenlerin modellenmesine ilişkin DigSilent ekran görüntüsü Şekil 3' de sunulmuştur.



Şekil 1. Bingöl Şehir Merkezi Orta Gerilim tek hat DigSilent Power Factory şebekesi modeli



Şekil 2. BİNGÖL TEİAŞ TM indirici merkez DigSilent Şebekesi modeli



Şekil 3. DigSilent Power Factory yazılımında iletim hatlarının modellenmesi (150 mm² kesitli XLPE kablo örneği)

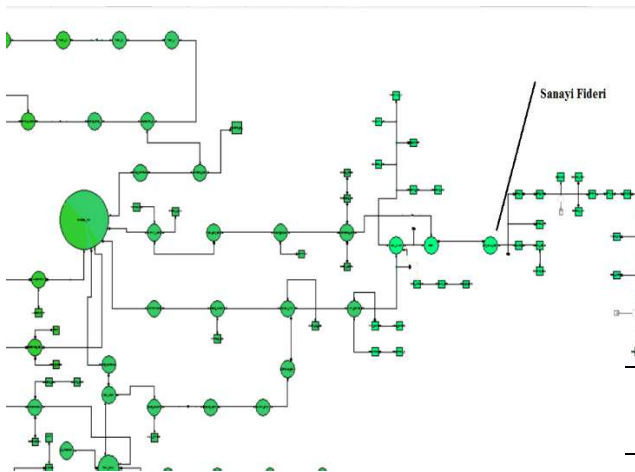
Şebekedeki yüklerin transformatör değerleri %30 yüklendiği kabul edilerek, güç katsayısı 0,87 olarak yük akışı analizi hesaplamalarında kullanılmıştır.

YÜK AKIŞ ANALİZLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

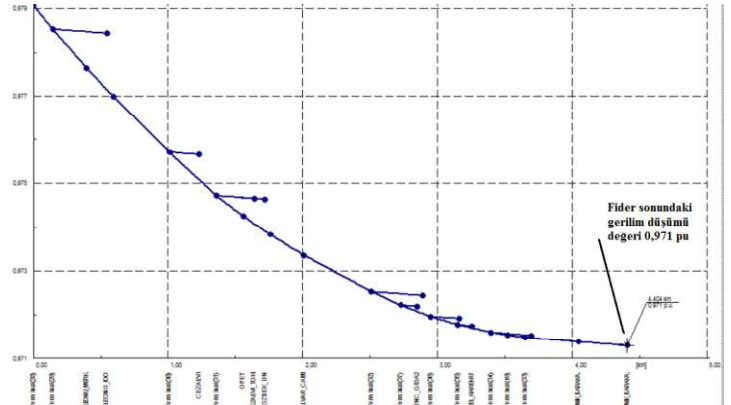
Newton-Raphson Metodu Kullanılarak Yük Akış Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Şebeke Analizinde yük DigSilent PROGRAMINDA Newton raphson yük akış metodolojisine göre analizler gerçekleştirilmiştir. Tüketicilere ilişkin yüklerin tüketim verileri mevcut olmadığından TEİAŞ maksimum yüklenme oranına göre fider yüklerinin ölçeklenmesi(feeder load scalling) metodu kullanılarak fider yükleri tanımlanmıştır.

DigSilent şebeke analiz programı yardımı ile gerçekleştirilen yük akış analiz sonuçlarına göre Bingöl şehir merkezindeki OG şebekesinde gerilim düşümü değerlerinin en kötü durumda sanayi fideri için 0,971 pu olduğu görülmektedir. Şebekede gerilim düşümü için arzu edilebilir sınır değerler içerisinde ve yeni gelecek yüklerde yakın gelecekte gerilim düşümü sıkıntısının görülmeyecektir. Sanayi fiderinin tek hat üzerindeki konumu ve fidere ilişkin gerilim profili sırası ile Şekil 4 ve Şekil 5' de sunulmuştur.



Şekil 4. Bingöl Şehir merkezi Sanayi fiderinin tek hat üzerindeki lokasyonu.



Şekil 5. Bingöl şehir merkezinde OG tek hattında bulunan sanayi fiderinin gerilim düşümü profili.

Bingöl Şehir Merkezi OG Teknik Kayıp Analizi Sonuçları

Teknik kayıp hesaplamaları DigSilent Power Factory şebeke modelinde Time Sweep analizi kullanılarak gerçekleştirilmiştir ve 0.1 saat örnekleme zamanı ile toplam yıllık kayıplar hesaplanmıştır. Hesaplamalarda maksimum TEİAŞ TM puant yüküne göre en kötü durum analizi yapılarak teknik kayıplar değerlendirilmiştir.

Reaktif gücün iletim hattındaki kayıplara etkisinin incelenmesi için sanayi fiderinin girişinde kompanzasyon olması durumunda ve kompanzasyon yokken yıllık kayıplar hesaplanmıştır ve sonuçlar Çizelge 1' de verilmiştir.

Çizelge 1. Sanayi Fiderinde fider başında kompanzasyon uygulanması durumunda ve kompanzasyon yokken iletim kayıplarının değerlendirilmesi

Sanayi Fideri	Toplam Yük(kWh)	Toplam Kayıp(kWh)	Toplam % kayıp
Kompanzasyon devrede yokken	138269739,7	3254870	2,35
Kompanzasyon Devrede iken	138296750,6	3138156	2,26

SONUÇLAR

Günümüzde gelişmiş benzetim programları kullanılarak iletim hatlarının modellenmesi ve iletim hatlarında oluşabilecek etkilerin değerlendirilmesi mümkün olmaktadır. Bu çalışmada DigSilent Power Factory şebeke analiz yazılımı yardımı ile Bingöl şehir merkezindeki OG dağıtım hattının şebeke modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan şebeke modeli kullanılarak gerçekleştirilen yük akış analizlerine göre mevcut şebekedeki yüklerin oluşturduğu gerilim düşümü gerlerinin istenilen sınır değerler içerisinde olduğu belirlenmiştir. Modelde en yüklü fider olan sanayi fiderinde bile gerilim düşümü değeri 0,971 pu olmaktadır. Ayrıca sanayi yüklerinin neden olduğu reaktif gücün kompanzasyonun gerçekleştirilmesi durumunda ve kompanzasyon yokken hatta oluşacak iletim kayıpları analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre sanayi fiderinde kompanzasyon yapılması durumunda teknik kayıplarda % 0,09 luk bir iyileşme olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle iletim hatlarında reaktif gücün fazla olduğu fiderlerde ve yüklerde mutlaka kompanzasyon işlemi yapılmalıdır.

Bu sonuçlara ilave olarak iletim hatlarında yapılması planlanacak olan yatırımların belirlenmesinde ve şebeke analizlerinde uygulanan benzetim modelinden faydalanılabilir. Teknik kayıp analizlerinin hesaplanması ile teknik olmayan kayıpların hesaplanması da sağlanabilir ve iletim hatlarında faturalandırılmayan ve kaçak olarak kullanılan tüketimlerin belirlenmesi de sağlanabilir.

KAYNAKLAR

W. F. Tinney and C. E. Hart, "Power Flow Solution by Newton's Method", IEEE Trans. Power App. Syst., vol.86, pp.1449-1460, Nov. 1967.

Selva Moorthy, Majid Al-Dabbagh and Michael Vawser, "Improved Phase-Cordinate Gauss-Seidel Load Flow Algorithm", Electric Power System Research, vol. 34, pp. 91- 95, Aug. 1995.

R. D. Zimmerman and H. D. Chiang, "Fast Decoupled Power Flow for Unbalanced Radial Distribution Systems", 1995 IEEE PES Winter Meeting, New York, pp. 95, 1995.

B. Stott and O. Alsag, "Fast Decoupled Load Flow", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, vol. 93, pp. 859-869, June 1974.

Vlachogiannis J. G., "Fuzzy Logic Application in Load Flow Studies", IEE Proc. Generation, Transmission and Distribution, vol.148, pp. 34-40, 2001.

Li, Z., Shi, J. and Liu, Y., "Distributed Reactive Power Optimization and Programming for Area Power System", International Conference on Power System Technology, vol.2, 21-24 Nov. 2004, pp.1447-1450

Özel K., "Losses in Electric Distribution Systems", M.Sc. Thesis, METU, 108.p, 2006.

Ibrahim E.S., "Management of loss reduction projects for power distribution systems", Electric Power Systems Research, Vol.55, p.49-56, 1999.

Celal Yaşar, Yılmaz Aslan, Tarık Biçer, "Bir Dağıtım Tranformatörü Bölgesindeki Kayıpların İncelenmesi", Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Sayı 22, Ağustos 2010

J.P Navani , N.K Sharma, Sonal Sapra, "Technical and Non-Technical Losses in Power System and Its Economic Consequence in Indian Economy", International Journal of Electronics and Computer Science Engineering, ISSN: 2277-1956