

İKİNCİ DERECE GRADİENT YÖNTEMİ KULLANILARAK TERMİK SANTRALLERİN EKONOMİK YÜKLENMESİ

Ümmühan BAŞARAN¹

Mehmet KURBAN²

^{1,2}Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

Mühendislik-Mimarlık Fakültesi

Anadolu Üniversitesi İki Eylül Kampüsü , 26470, ESKİŞEHİR

¹e-posta: ubasaran@anadolu.edu.tr ² e-posta: mkurban@anadolu.edu.tr

Anahtar sözcükler: Termik Santral, Ekonomik Dağıtım ,Minimum Maliyet

ÖZET

Bu çalışmada, oluşturulan Türkiye 'deki 380 kV 'luk hatlarla bağlı 22 baralı bir enterkonnekte güç sistem modeli için İkinci Derece Gradient Yöntemi kullanılarak sistemde bulunan 8 adet termik santralin ekonomik dağıtım analizi yapılmıştır. Bunun için, EÜAŞ (Elektrik Üretim Anonim Şirketi) ve TEİAŞ (Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi)'tan alınan veriler kullanılmış ve her bir santralin maliyet fonksiyonları çıkarılmıştır.Yapılan ekonomik yüklenme analizi MATLAB® kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Normal üretim değerleri ile analiz sonucunda bulunan değerler karşılaştırmalı olarak tablo halinde verilmiştir.

1.GİRİŞ

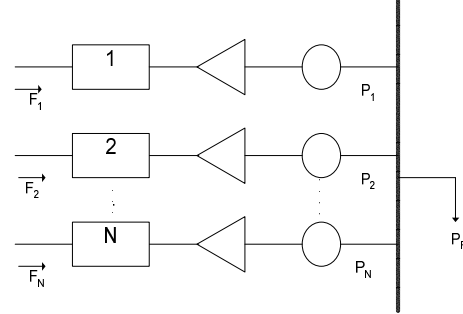
Talep edilecek enerjinin önceden belirlenmesi ve buna göre artan ihtiyacı karşılayacak, doğru yatırım planlarının yapılması büyük önem taşımaktadır. Güç sistemlerinde ekonomik dağıtım analizleri yapılarak, santrallerin en düşük maliyetle talep edilen enerjiyi karşılaması sağlanmaktadır. Bu analizler sonucu bulunan değerlerle santraller ekonomik olarak yüklendiğinde, sistem optimum çalışacak ve dolayısı ile elektrik enerjisi üretim maliyeti en uygun değerlerde olacaktır.

Bu çalışmada, Türkiye'deki 380 kV'luk hatlardan meydana gelen 22 baralı sistem modeli oluşturularak bu sistemde bulunan 8 tane termik santral, sistemde kayıpların olmadığı durumda İkinci Derece Gradient Yöntemi kullanılarak ekonomik olarak yüklenmiştir. Bu yöntemde, artan yakıt maliyetine bir değer verilmekte ve her değere karşılık gelen her bir birimin çıkış gücü hesaplanmaktadır. Sisteme ait bütün veriler TEİAŞ ve EÜAŞ'tan alınmıştır [1].

2.İKİNCİ DERECE GRADİENT YÖNTEMİ

Ekonomik dağıtımın amacı, üretilen enerjiyi eşitlik ve eşitsizlik kısıtlamalarını sağlayacak şekilde üretim

birimleri arasında paylaşmaktır [2]. Şekil 1'de iletim şebekesi vasıtasıyla bir yük barasına bağlanan termik üretim birimi sembolik olarak gösterilmektedir. İletim kaybının eklenmesiyle sınır denklemleri daha da geliştirilmiştir.



Şekil 1 PR Yükünü Besleyen N Tane Üretim Birimi

F_T fonksiyonu, belirtilen yükün beslenmesi için gereken toplam maliyete eşittir. Üretilen gücün toplamı, çekilen güce eşit olmalıdır. İletim kayıpları ihmal edildiğinde problem,

$$F_T = F_1 + F_2 + \dots + F_N = \sum_{i=1}^N F_i(P_i) \quad (1)$$

$$\phi = 0 = P_R - \sum_{i=1}^N (P_i) \quad (2)$$

şeklinde ifade edilir. Sınırlandırılmış bir optimizasyon problemi olan bu problem, Lagrange fonksiyonu yardımıyla çözülebilir.

F_T fonksiyonunun sınır değerindeki gerekli şartları belirlemek için, belirsiz bir çarpanla çarpılmış sınır denkleminin F_T fonksiyonuna eklenmesi gerekir. Bu durumda oluşan fonksiyona Lagrange fonksiyonu denir. [3]

$$\mathcal{L} = F_T + \lambda \Phi \quad (3)$$

Lagrange fonksiyonunun her bir bağımsız değişkene göre türevinin sıfıra eşit olması, F_T fonksiyonunun sınır değerleri için gerekli şartları oluşturur. Bu durumda, $N+1$ tane değişken vardır. Lagrange fonksiyonunun çıkış gücüne göre kısmi türevleri N tane eşitlik oluşturur.

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P_i} = \frac{\partial F_i(P_i)}{\partial P_i} - \lambda = 0 \quad (4)$$

$$0 = \frac{\partial F_i}{\partial P_i} - \lambda \quad (5)$$

Termik santrallerde minimum işletme maliyetinin oluşması için, bütün birimlerin maliyet artışı belirsiz Lagrange çarpanına eşit olmalıdır.

Kayıplar olmadığı durumda, problemin çözümünde kullanılan başlıca çözüm yöntemleri, Lamda Öteleme Yöntemi, Birinci ve İkinci Derece Gradient Yöntemleridir [3,4].

Lamda Öteleme Yönteminde sistemin artan yakıt maliyetine bir değer verilir ve bu değere karşılık gelen P_i değerleri hesaplanır. Daha sonra, güç dengesinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilerek, denge sağlanıncaya kadar işleme devam edilir. Denge sağlandığı andaki artan yakıt maliyetine karşılık gelen P_i değerlerinde santraller optimum olarak yüklenmektedirler.

Lamda Öteleme Yönteminde, her zaman üretim birimlerinin çıkış gücünün bulunması gerekir. Gradient yöntemiyle ekonomik dağıtım problemini çözmek için kullanılan Lagrange fonksiyonu şöyledir:

$$\mathcal{L} = \sum_{i=1}^N F_i(P_i) + \lambda(P_R - \sum_{i=1}^N P_i) \quad (6)$$

Bunun gradient fonksiyonu ise şu şekilde yazılabilir:

$$\nabla \mathcal{L} = \begin{bmatrix} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P_1} \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P_2} \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P_3} \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P_4} \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P_5} \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P_6} \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P_7} \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P_8} \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P_9} \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P_{10}} \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P_{11}} \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P_{12}} \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P_{13}} \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P_{14}} \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P_{15}} \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P_{16}} \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P_{17}} \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P_{18}} \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P_{19}} \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P_{20}} \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P_{21}} \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P_{22}} \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{d}{dP_1} F_1(P_1) - \lambda \\ \cdot \\ P_R - \sum_{i=1}^N P_i \end{bmatrix} \quad (7)$$

Bu yöntemde, artan yakıt maliyetine bir değer verilir ve her değere karşılık gelen her bir birimin çıkış gücü hesaplanır. $\nabla \mathcal{L}$ hesaplanır ve öteleme yöntemi ile çözüm bulunur [3].

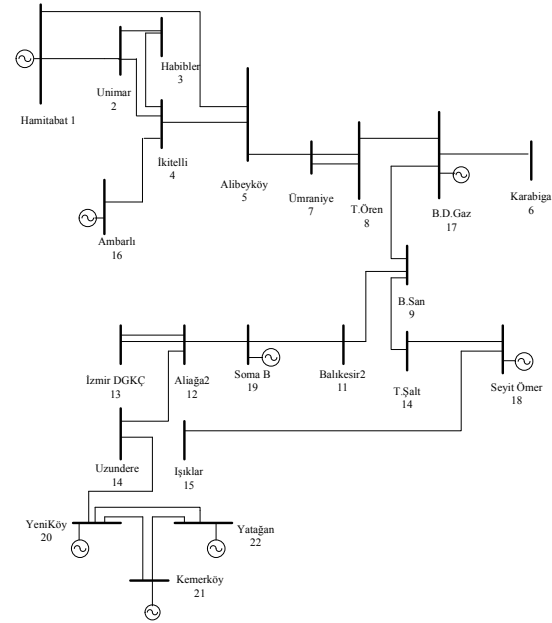
İkinci Derece Gradient Yöntemi uygulanırken, öncelikle bütün gerilim kontrollü baralar için tahmini üretim değerleri seçilir ve üretim baralarından biri referans bara olarak alınır. Daha sonra, maliyet fonksiyonlarının birinci ve ikinci derece türevleri hesaplanarak aşağıdaki matris formu oluşturulur.

$$\begin{bmatrix} F_1'' + F_x'' & F_x'' & \cdot & F_x'' \\ F_x'' & F_1'' + F_x'' & \cdot & F_x'' \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ F_x'' & \cdot & \cdot & F_N'' + F_x'' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta P_1 \\ \Delta P_2 \\ \cdot \\ \Delta P_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_x' - F_1' \\ F_x' - F_2' \\ \cdot \\ F_x' - F_N' \end{bmatrix} \quad (8)$$

(8) denklemindeki değerler hesaplandıktan sonra, ΔP değerleri hesaplanır. Bulunan bu değerler, toplam üretilen güçten çıkarılarak, referans baranın fark (delta) değeri hesaplanır. Son olarak, hesaplanan fark değerleri, tahmini bulunan değerlere eklenerek, sistemde kayıp yokken santrallerin ekonomik olarak yüklenmesi sağlanır.

3. SİSTEMİN ÖZELLİKLERİ

Şekil 2'de, oluşturulan sistem gösterilmiştir.



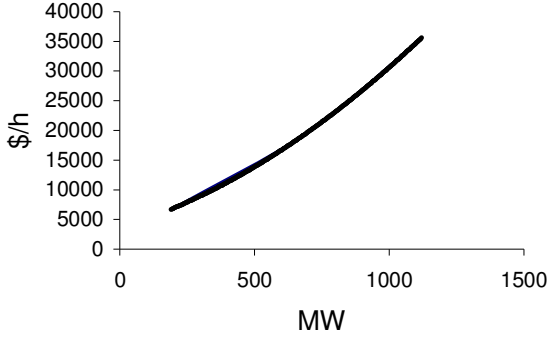
Şekil 2 Türkiye'deki 380 kV'luk 22 Baralı Sistem

Bu sistem için, kullanılan baraların kodları ve isimleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

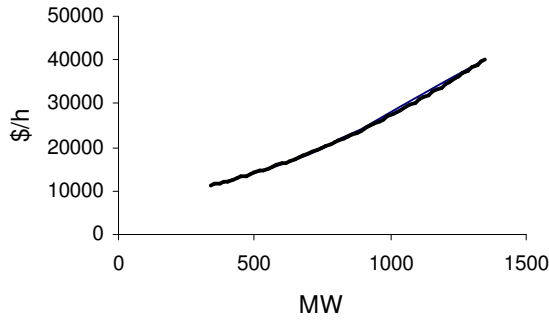
Tablo 1 22 Baralı Sistemin Bara Kodları ve İsimleri

Bara Kodu	Bara İsmi	Bara Kodu	Bara İsmi	Bara Kodu	Bara İsmi
1	Hamitabat	9	Bursa San	17	BursaGaz
2	Unimar	10	S.Ömer	18	S.ömer
3	Habibler	11	BalıkesirII	19	SomaB
4	İkitelli	12	AliğaII	20	Y.köy
5	Alibeyköy	13	İzmir D	21	K.köy
6	Karabiga	14	Uzunçayır	22	Yatağan
7	Ümraniye	15	Işıklar		
8	T.Ören	16	Ambarlı		

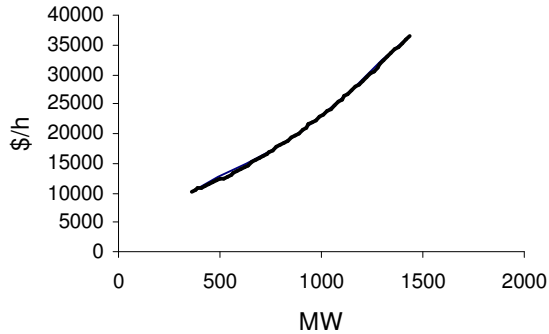
Oluşturulan sistemde 8 tane termik santral bulunmaktadır. EÜAŞ'tan alınan az sayıda artan yakıt maliyet değerleri kullanılarak MS Excel programında eğri uydurma yöntemiyle uygun maliyet eğrileri oluşturulmuştur [5]. Sistemde bulunan üretim birimleri, bu birimlerin maliyet eğrileri ve alınan minimum-maksimum güç değerleri aşağıda gösterilmiştir (Şekil3-Şekil10).



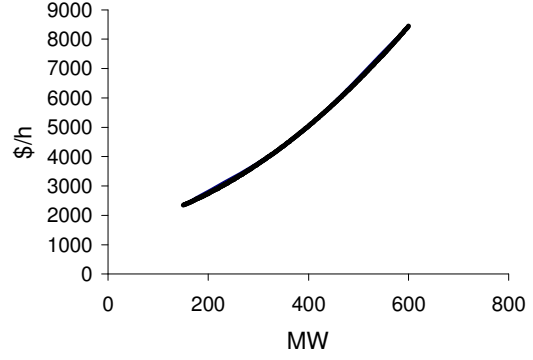
Şekil 3 Hamitabat Termik Santralinin Maliyet Eğrisi
 $f_{\text{Hamitabat}}=0.0168P_1^2+7.0663P_1+6595.5$ \$/h
 $190MW \leq P_1 \leq 1120MW$



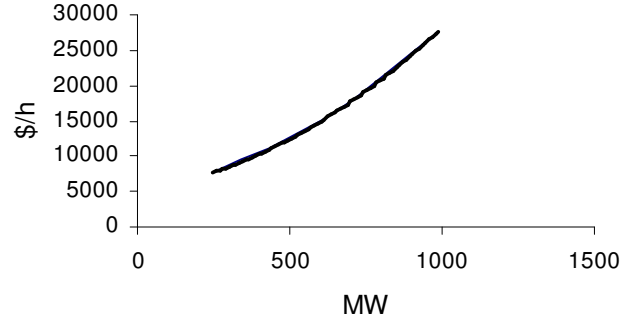
Şekil 4 Ambarlı Termik Santralinin Maliyet Eğrisi
 $f_{\text{Ambarlı}}=0.0127P_2^2+7.2592P_2+7290.6$ \$/h
 $245MW \leq P_2 \leq 1350MW$



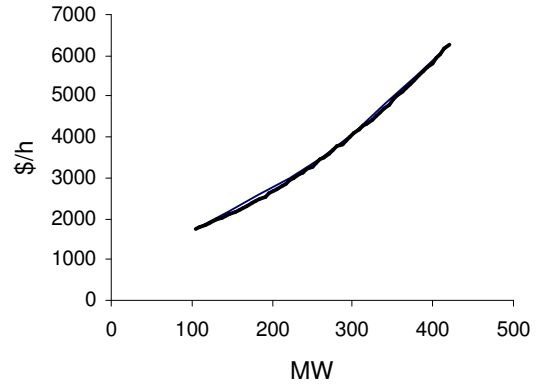
Şekil 5 Bursa Doğalgaz Termik S. Maliyet Eğrisi
 $f_{\text{BursaD.Gaz}}=0.0106P_3^2+5.682P_3+6780.5$ \$/h
 $318MW \leq P_3 \leq 1432MW$



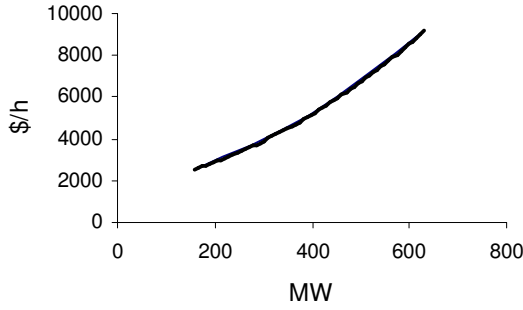
Şekil 6 Seyitömer Termik Santralinin Maliyet Eğrisi
 $f_{\text{Seyitömer}}=0.0139P_4^2+3.1288P_4+1564.4$ \$/h
 $150MW \leq P_4 \leq 600MW$



Şekil 7 SomaB Termik Santralinin Maliyet Eğrisi
 $f_{\text{SomaB}}=0.0168P_5^2+6.2232P_5+5134.1$ \$/h
 $210MW \leq P_5 \leq 990MW$



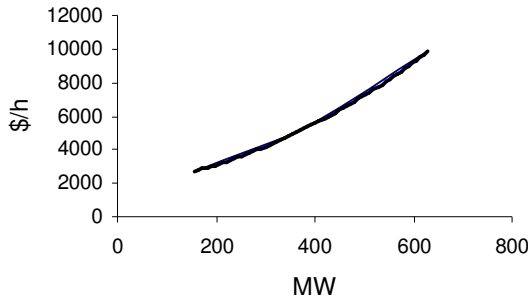
Şekil 8 Yeniköy Termik Santralinin Maliyet Eğrisi
 $f_{\text{Yeniköy}}=0.021P_6^2+3.3128P_6+1159.5$ \$/h
 $110MW \leq P_6 \leq 420MW$



Şekil 9 Kemerköy Termik Santralinin Maliyet Eğrisi

$$f_{\text{Kemerköy}} = 0.0137P_7^2 + 3.2324P_7 + 1697 \text{ \$/h}$$

$$140 \text{ MW} \leq P_7 \leq 630 \text{ MW}$$



Şekil 10 Yatağan Termik Santralinin Maliyet Eğrisi

$$f_{\text{Yatağan}} = 0.0147P_8^2 + 3.472P_8 + 1822.8 \text{ \$/h}$$

$$140 \text{ MW} \leq P_8 \leq 630 \text{ MW}$$

4.YÜKÜN SANTRALLER ARASINDA EKONOMİK DAĞITIMI

İlk olarak santrallerin her birinin üretim değerleri şu şekilde seçilmiştir:

$P_{\text{Hamitabat}}$	= 720 MW
$P_{\text{Ambarlı}}$	= 680 MW
$P_{\text{Bursa D.Gaz}}$	= 650 MW
$P_{\text{Seyitömer}}$	= 400 MW
P_{SomaB}	= 350 MW
$P_{\text{Y.köy}}$	= 360 MW
$P_{\text{K.Köy}}$	= 440 MW
$P_{\text{Yatağan}}$	= 400 MW
(P_{Toplam})	= 4000 MW)

Santraller, bu üretim değerlerinde yüklendiğinde sistemin üretim maliyeti; 84263 \$ olarak hesaplanmıştır. İkinci Derece Gradient Yöntemi uygulandıktan sonra, santrallerin üretim değerleri Tablo 2'de gösterilmiştir. Santraller bu güçlerde yüklendiğinde, bu santrallerin çekilen yük değerinde, toplam üretim maliyeti 80533\$ olmaktadır. Bu değer,

verilen ilk değerlerle kıyaslandığında sistemin maliyetinin 3730 \$ azaldığı görülmüştür.

Tablo 2 Santrallerin Yüklendikleri Güçler

Santralin Adı	Üretilen Güç (MW)
Hamitabat	368.7489
Ambarlı	480.1993
Bursa D.Gaz	649.7294
Seyitömer	587.3188
SomaB	393.3682
Y.köy	384.3682
K.Köy	592.1118
Yatağan	543.6824

5.SONUÇLAR

Elektrik enerjisinin santrale olan maliyeti çok önemlidir. Ekonomik dağıtım sonucu, ele alınan 22 baralı sistemin üretim maliyetinin 3730 \$ azaldığı görülmüştür. Bu çalışmada, maliyeti düşük olan santraller, Seyitömer, Yeniköy, Kemerköy ve Yatağan yükten daha fazla pay almışlar ve böylece sistemin maliyetini azaltmışlardır. Sistemdeki bütün santrallerde düzgün verilerin tutulması durumunda daha iyi analiz ve doğru planlama yapılabilecektir. Talep edilecek enerjinin önceden belirlenmesi ve buna göre artan ihtiyacı karşılayacak doğru yatırım planlarının yapılması gerekmektedir.

Sonuç olarak, artan elektrik enerjisi talebini en uygun şekilde karşılayabilmek için yapılacak planlama çalışmalarında, ekonomik dağıtım analizinin önemi ortaya çıkmıştır. Ekonomik dağıtım analizi yapılarak, birim enerji üretim maliyetini düşürmek için santrallerin uygun şekilde yüklenmeleri sağlanacak ve bu şekilde ülke ekonomisine katkı yapılacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Başaran Ü, Türkiye'deki 380 kV'luk Enterkonnekte Güç Sisteminde Çeşitli Güç Akışı ve Ekonomik Dağıtım Analizleri, Y.Lisans Tezi, (2004)
- [2] Wood J. Ve Wollenberg, B., *Power generation, operation and control*, Wiley interscience publication, USA (1996).
- [3] Grainger, J.J., ve Stevenson, W.D., *Power system analysis*, McGraw-Hill International Editions, USA (1994).
- [4] Santraller Enformasyon ve Değerlendirme Müdürlüğü, *2002 Yıllık Faaliyet Raporu*, Termik Santraller ve Maden Sahaları Daire Başkanlığı, Ankara, (2002).
- [5] Arrilaga, J., Ve Arnold, C. P., *Computer Sons, Modelling of electrical power system*, John Wiley & Newyork, USA (1991)