GENELLEŞTİRİLMİŞ SUBGRADİENT YÖNTEMİ KULLANILARAK BİRİM YÜKLENME PROBLEMİNİN ÇÖZÜMÜ

[1]Ümmühan BAŞARAN FİLİK [2]Mehmet KURBAN

[1,2] Anadolu Üniversitesi İki Eylül Kampüsü
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
26555, ESKİŞEHİR

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

ÖZET

Bu çalışmada, güç sistemi optimizasyonunda önemli bir konu olan birim yüklenme problemi, literatürde ilk defa uygulanan genelleştirilmiş subgradient yöntemi (Modified SubGraident (MSG)) ile çözülmüştür. Bu yöntem sayesinde, Lagrange temelinde çözüm yaklaşımı sunan yöntemlerin birim yüklenme problemine uygulanması sonucunda oluşan ikil boşluk ortadan kaldırılmıştır. Uygulamalar GAMS (General Algebraic Modeling System) programı kullanılarak yapılmıştır. Birim yüklenme problemi için Türkiye'de Kütahya bölgesinde bulunan dört birimli Tunçbilek termik santrali ele alınmış ve çözümler çizelgeler halinde verilmiştir. Bu çalışmada kullanılan veriler, TEİAŞ (Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi) ve EÜAŞ (Elektrik Üretim Anonim Şirketi) 'tan alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güç sistemleri optimizasyonu, subgradient, ikil boşluk, birim yüklenme.

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Birim yüklenme problemi, üretim birimleri arasında hangi birimin hangi periyotta ne kadar süre devrede kalacağını belirlemek için ele alınır. Amaç, minimum maliyetle talep edilen gücün belirlenen kısıtlar altında karşılanmasıdır. Birim yüklenme problemi doğrusal olmayan, karma tamsayılı, konveks olmayan karmaşık bir optimizasyon problemidir ve literatürde Nonlinear Programming-Hard (Doğrusal Olmayan Pogramlama-Zor) olarak adlandırılmaktadır. Birim yüklenme problemini çözmek için literatürde uygulanan çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemler, matematiksel programlama ve sezgisel yaklaşımlara dayalıdır. Bu yaklaşımlardan bazıları, dinamik programlama [1], sezgisel birim yüklenme [2], benzetimli tavlama yöntemi [3], evrimsel algoritma [4], genetik algoritma [5], kısıtlandırılmış lojik programlama [6], bulanık mantık yöntemi [7] ve Lagrange yöntemi [8]'dir. Lagrange temelinde çözüm yaklaşımı sunan yöntemler, bu yaklaşımlar arasında en çok kullanılanlardandır. Lagrange yöntemi ikil optimizasyon temelinde çözüm yaklaşımı sunar. Lagrange çarpanlarının değerleri bulunarak, ikil amaç fonksiyonu değeri maksimum yapılmaya çalışılır. Lagrange yöntemi ile çözüm yaklaşımı sunan yöntemlerde en büyük problem, asıl ve ikil amaç fonksiyonları arasında oluşan ikil boşluk değeridir. Doğrusal olmayan programlama problemleri, Lagrange temelli yaklaşımlarla çözüldüğünde ortaya çıkan en büyük dezavantaj bu ikil boşluk değeridir. Birim yüklenme problemi, Lagrange temelli yöntemlerle çözüldüğünde, ikil çözüm asıl çözümden uzak olabilmektedir. İkil boşluk değeri, birim yüklenme problemlerinde çözümün kalitesini belirlediği için oldukça önemlidir. İkil boşluk değeri azaldıkça çözümün kalitesi artmaktadır [9].

Bu çalışmada, ikil optimizasyon tekniğinde çözüm yaklaşımı sunan, MSG yöntemi kullanılarak birim yüklenme problemi çözülmüştür. Bu yöntem, ikil boşluğun sıfır olmasını sağlayarak en uygun çözüme ulaşır. MSG yöntemi birim yüklenme problemin çözümünde ilk defa uygulanmıştır ve sıfır ikil boşluk değeri elde edilmiştir. Bu yöntem ile çözüm bulunurken asıl problem, üzerinde herhangi bir dışbükeylik ve diferansiyellenebilirlik şartı yoktur.

2.BİRİM YÜKLENME PROBLEMİ

Birim yüklenme problemi, güç sistemlerinin optimizasyonunda önemli problemlerden biridir. Problem, amaç fonksiyonu, sistem ve birim kısıtlarından oluşmaktadır. Bu problem genel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilebilir [10]:

Amaç Fonksiyonu:

$$F(P_i^t,U_i^t)=\sum_{t=1}^{T}\sum_{i=1}^{N}\left[F_i(P_i^t)+SC_i^t(1-U_i^{t-1})\right]U_i^t + \sum_{t=1}^{T}\sum_{i=1}^{N}SD_i^t x(1-U_i^{t-1})U_i^{t-1} \quad (1)$$

(1) denkleminde $F_i(P_i^t)$, maliyet değerini, T, periyot değerini, N, birim sayısını, $u_i(t)$, birimin devrede olup

olmadığını, $P_t(i)$, i. birimin t. zamanda çıkış gücünü, SC_i, i. birimin başlangıç maliyeti değerini, SD_i, i. Birimin kapanma maliyetini göstermektedir.

(1) numaralı eşitlik aşağıdaki kısıtları sağlamalıdır:

Yük Denge Kısıtı: Talep edilen yük değeri ile birimlerin toplam çıkış güçleri eşit olmalıdır:

$$\sum_{i=1}^{N} U_i^t P_i^t = P_d^t \quad (2)$$

Birim Kısıtları: Her birim üretim limit değerlerini sağlamalıdır:

$$P^t_{i,\min} U_i^t \le P_i^t \le P^t_{i,\mathrm{maks}} U_i^t, i=1,2,\ldots,N \quad (3)$$

Probleminin çözümü için, amaç fonksiyonunun belirlenen kısıtlar altında minimum değeri bulunmaya çalışılır. Bu problem incelendiğinde amaç fonksiyonu, birimlerin devrede olup olmama durumuna göre 1 veya 0 değerlerini almaktadır. Bu durum, problemin süreksiz ve amaç fonksiyonunun konveks olmayan bir yapıda olduğunun açıkça göstermektedir.

3. MSG YÖNTEMİ

MSG yöntemi, Gasimov tarafından yapılan ve optimizasyon alanında büyük bir boşluğu dolduran önemli bir yöntemdir. Genişletilmiş (sharp) Lagrangian ikillik, ilk olarak Azimov and Gasimov tarafından dışbükey olmayan problemlerin çözümü için önerilmiştir [11-12]. Bu çalışma ile, alışılagelmiş Lagrange ikil problemin çözümünde sıkça karşılaşılan ikil aralığın giderilmesini sağlamıştır. Bu ikil problem, asıl problemin özelliklerinden bağımsız olarak her durumda içbükeydir [12].

Bu yöntemle, asıl problem üzerine herhangi bir dışbükeylik ve diferansiyellenebilirlik şartı konulmaksızın asıl problem ile ikil problemlerin eniyi çözümlerinin eşit olduğu gösterilmiştir. Klasik Lagrange fonksiyonunda kullanılan X 'in kısıt ve amaç fonksiyonu dönüşümleri ile oluşan görüntü kümesi G 'ye destek hiper düzlemlerle yaklaşma yerine konilerle yaklaşma üzerine kurulmuş bir ikilliktir. İkil problemin kurulmasında ceza parametresi kullanılmamaktadır. Ayrıca, herhangi bir alt problem çözmeksizin her adımda ikil problemin değerinin güçlü artan olduğu MSG algoritması tanımlanmıştır. MSG yöntemiyle oluşturulan dizinin, problemin en iyi çözümüne yakınsadığı ispatlanmıştır [12].
İkil fonksiyon H(u,c), açıkça belirli olan bir fonksiyon değildir. Ancak f(x) ve h(x) sürekli fonksiyonları ve S kompakt kümesi için dışbükey bir fonksiyondur. İkil fonksiyonun dışbükeyliği, ikil problem (D) 'nin çözümünde önemli bir avantaj sağlamaktadır. Gasimov tarafından ikil problemin çözümü için MSG algoritması önerilmiştir. (P) ve (D) problemlerinin eniyi amaç fonksiyonu değerleri arasındaki eşitlik için gerekli ve yeterli koşullar Gasimov tarafından verilmiştir. MSG Algoritması'nın adımları aşağıdaki gibidir:

Başlangıç Adımı:

$c_1 \ge 0$ olacak şekilde (v_1, c_1) vektörünü seçilir. k = 0 alınır ve 1.Adıma gidilir.

1.Adım: Verilmiş (v_j, c_j) için aşağıda verilen alt problemi çözülür:

$$\min_K f(K) + c_j \|h(K)\| - v_j\, h(K) =: H(v_j, c_j)$$

K_j, alt problemin bir çözümü olsun. Eğer $h(K_j) = 0$ ise o zaman durulur. Değilse 2.Adıma gidilir.

2.Adım(v_j, c_j), değerleri güncellenir.

$$v_{j+1} = v_j - z_j h(K_j) \quad (4)$$

$$c_{j+1} = c_j + (z_j + \varepsilon_j)\|h(K_j)\| \quad (5)$$

j=j+1 alınarak 2. adıma dönülür.

Çarpanların güncellenmesi:

$$0 < z_j < \frac{2(\bar{H} - H(v_j, c_j))}{5\|h(K_j)\|^2} \quad (6)$$

$$0 < \varepsilon_j < z_j \quad (7)$$

$\bar{H}$, ikil fonksiyonun en yüksek üst limit değerini göstermektedir.

4.UYGULAMA

Birim yüklenme analizi, MSG yöntemi kullanılarak çözülmüştür. Bu çözüm yöntemi, dört birimli Tunçbilek termik santraline uygulanmıştır. Tunçbilek termik santrali için birimlerin üretim yük kapasitesi (ÜYK), başlangıç maliyeti (BM) ve artımsal yakıt maliyeti (AYM) değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Tunçbilek Termik Santraline Ait Değerler

Birim No	ÜYK (MW)		BM ($)	AYM ($/MWh)	KPM ($)
	Min	Maks			
1	8	32	60	60	120
2	17	65	240	240	480
3	35	150	550	550	1100
4	30	150	550	550	1100

Birimlerin AYM değerleri, EÜAŞ' tan alınan az sayıda artan yakıt maliyet değerleri kullanılarak MS Excel programında eğri uydurma yöntemiyle bulunmuştur. Birimlerin maliyet fonksiyonları aşağıda verilmiştir:

$$\text{Birim1:} y = 0.515P_1^2 + 10.86P_1 + 149.9 \quad (8)$$

$$\text{Birim 2:} y = 0.227 P_2^2 + 8.341 P_2 + 284.6 \quad (9)$$

$$\text{Birim 3:} y = 0.082 P_3^2 + 9.9441 P_3 + 495.8 \quad (10)$$

$$\text{Birim 4:} y = 0.074 P_4^2 + 12.44P_4 + 388.9 \quad (11)$$

Bu çalışmada, 24 saatlik zaman dilimi 3'er saatlik periyotlarda incelenmiştir. Talep edilen yük değerlerine göre 8 periyotta en uygun birim kombinasyonları ve sistemin toplam maliyet değerleri hesaplanmıştır. Yapılan bütün çözüm yöntemlerinin sonuçları karşılaştırılmıştır. Çizelgelerde gösterilen P, periyodu göstermektedir. Sistemden talep edilen tahmini yük değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Talep Edilen Tahmini Yük Değerleri

Periyot (P)	Yük (MW)	P	Yük (MW)
1	168	5	313
2	150	6	347
3	260	7	308
4	275	8	231

MSG yöntemi GAMS programı kullanılarak kodlanmıştır. CONOPT, GAMS çözümleyicisi olarak kullanılmıştır. Bu program, Pentium 4—3 GHz bilgisayar kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

MSG yöntemi norm değeri 10^{-10} oluncaya kadar çalıştırılmıştır. Bu norm değerinde, asıl değer ikil değere eşittir. Programın sonunda, c parametresi 11743.640 değerini almıştır. MSG yönteminin uygulanması sonucunda bulunan uygun birim kombinasyonları Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. MSG Yönteminin Uygulanması Sonucu Bulunan Uygun Birim Kombinasyonları

Periyot	Birim Kombinasyonu
1	1 1 1 1
2	0 0 1 1
3	0 1 1 1
4	1 1 1 1
5	1 1 1 1
6	1 1 1 1
7	1 1 1 1
8	0 1 1 1

Bu problemde ele alınan kısıtlar doğrultusunda asıl toplam maliyet 56691.259 $, ikil toplam maliyet 56691.259 $ bulunmuştur ve böylece ikil boşluk değeri sıfır elde edilmiştir.

5.SONUÇLAR

Bu çalışmada, amaç fonksiyonu ve kısıtları konveks olmayan ve matematiksel yöntemlerle çözümü oldukça zor olan birim yüklenme problemi çözülmüştür. Lagrange temelli çözüm yöntemlerinde ortaya çıkan ikil boşluk değerini sıfır yapmak ve bu şekilde optimum olarak birimlerin yüklenmesini sağlamak amacıyla MSG yöntemi, birim yüklenme problemine ilk kez uygulanmıştır. Bu uygulamada Türkiye'de Kütahya bölgesinde bulunan dört birimli Tunçbilek termik santraline ait veriler kullanılmıştır. Birim yüklenme problemine en iyi çözüm sunmak aynı zamanda planlama ve enerji kalitesi açısından da önemli bir konudur. Bu nedenle bu yöntemin bu alanda kullanımı optimum çözüm açısından uygundur.

6.KAYNAKLAR

[1] Chen C.L,. Chen N.,2002. Strategies to Improve the Dynamic Programming for Unit Commitment Application, Trans. Chin. Inst. Eng., 9, 181-190.

[2] Nayak R., Sharma J.D., 2000. Hybrid Neural Network and Simulated Annealing Approach to the Unit Commitment Problem, Comput. Elect. Eng., 26, 462-478.

[3] Deeb N., 1992. Simulated Annealing in Power Systems, IEEE Trans. Power Syst., 2, 1086-1089.

[4] Juste K.A., Tanaka E., Haegawa J., 1999. An Evolutionary Programming Solution to the Unit Commitment Problem, IEEE Trans. Power Syst., 14, 1452-1459.

[5] Senjyu T., Yamashiro H., Uezato K., Funabashi T., 2002. A Unit Commitment Problem by Using Genetic Algorithm Based on Characteristic Classification, Proc. IEEE Pow. Eng. Soc. Trans. Distr. Conf., 58-63.

[6] Huang K.Y., Yang H.T., Yang C.L.,1998. A New Thermal Unit Commitment Approach Using Constraint Logic Programming, IEEE Trans. Power Syst., 13, 936-945.

[7] El-Saadawi, A.Tantawi, E.Tawfik., 2004. A fuzzy Optimisation-Based Approach to Large Scale Thermal Unit Commitment , Electric Power Systems Research, Elsevier, 72, 245-252.

[8] Zhai Q, Guan X, Cui J (2002) Unit commitment with identical units: successive subproblem solving method based on Lagrangian Relaxation. IEEE Trans Power Syst 17:250–1257

[9] Ferreira LAFM (1993) On the duality gap for thermal unit commitment problems. IEEE Inter Symp on Circuits and Systems 4:2204 – 2207

[10] Wood AJ, Wollenberg BF (1996) Power generation operation and control. Wiley-Interscience Publication Second Edition .

[11] Azimov AY, Gasimov RN (1999) On weak conjugacy, weak subdifferentials and duality with zero gap in nonconvex optimization. Inter Journal of Applied Mathematics 1:171-192

[12] Gasimov RN (2002) Augmented Lagrangian duality and nondifferantiable optimization methods in nonconvex programming. Journal of Global Optimization 28:187-203.