

ENERJİ İLETİM PLANLAMASINDA MÜHENDİSLİK EKONOMİSİ İLKELERİNİN UYGULANMASI

¹Nurcan YÖRÜKEREN

²Hasbi İSMAİLOĞLU

³Semra ÖZTÜRK

^{1,2,3} Elektrik Mühendisliği Bölümü
Mühendislik Fakültesi

Kocaeli Üniversitesi, Veziroğlu Kampüsü İZMİR

E-mail: ¹yorukeren@hotmail.com ²hasbi@kou.edu.tr ³semoz@kou.edu.tr

Anahtar Kelimeler: Planlama, İletim Kayıpları, Ekonomik Yükleme, Maliyet Analizi

ABSTRACT

For the construction and operation costs, concerning electric transmission systems, the basic principles of engineering economy are applied, in this study. An effective updating factor, concerning, interest, inflation, escalation and load growth rates is defined and used for transmission loss costs.

The economical limits for loading transmission lines are also determined by applications of these principles.

1. GİRİŞ

Elektrik enerjisi talebinin büyük bir hızla artması nedeniyle, üretim, iletim ve dağıtım sistemlerinde ortaya çıkan yetersizlikler yeni tesislerin sisteme eklenmesi ile karşılanır. Bu çalışmalar, problemin teknik boyutları yanında ekonomik ve çevresel boyutlarında bir arada değerlendirilmesini gerektirir. Özellikle ekonomik parametreleri sürekli değişen gelişmekte olan ülkelerde bu çalışmalar daha da büyük önem taşımaktadır.

Ülkemiz gibi demografik değişimlere bağlı yük büyümeleri ve ekonomik değişimlere bağlı faiz, enflasyon, eskelasyon oranları değişen ülkelerde sorun önceliğini korumaktadır. Bir iletim planlaması çalışmasında bu parametrelere dayalı olarak yapılan ekonomik hesaplamalar, sistemin kuruluş ve işletme maliyetinin güncelleştirilmesi, yatırımların tesis ömrü içinde amorti edilmesi ve iletim kayıplarının maliyetlerinin minimize edilmesi temellerine dayanmaktadır.

Bu çalışmada, bir iletim sistemine ve bu sistemdeki işletme kayıplarına ilişkin maliyet fonksiyonları tanımlanarak, bu fonksiyonlar ekonomik parametrelere dayalı olarak güncelleştirilmiştir.

Ayrıca, iletim hatlarını ekonomik yükleme sınırı, teknik ve ekonomik parametrelere dayalı olarak hesaplanmıştır [1].

2. İLETİM SİSTEMİNE İLİŞKİN MALİYET FONKSİYONU

Bir iletim sisteminin maliyetini enerji iletim hatları ve transformatör postalarını maliyeti oluşturur.

Hatların maliyetlerinin, sabit kuruluş ve işletme maliyetleri bileşenlerinden oluştuğu düşünülerek, denklem (1) 'deki fonksiyon elde edilir.

$$M_L = f(L_0, L_1) \quad (1)$$

Bu fonksiyonda,

L_0 = sabit kuruluş maliyeti

L_1 = işletme maliyeti

bileşeni olup, hat karakteristiklerine bağlı olarak bu bileşen,

$$L_1 = f(U, q, I^2) \quad (2)$$

olarak tanımlanır. Burada U , q ve I^2 sırasıyla hat gerilimini, hat kesitini ve akımını göstermektedir.

Aynı düşünce ile transformatör postalarının toplam maliyet fonksiyonu da sabit ve işletme maliyetlerinin bileşenleri ile

$$M_T = f(T_0, T_1) \quad (3)$$

şeklinde tanımlanır. Burada işletme maliyeti bileşeni olan T_1 ise, gerilim, güç ve akım değerlerinin fonksiyonu olarak;

$$T_1 = f(U, P, I) \quad (4)$$

tanımlandıktan sonra, (2) ve (4) eşitlikleri, iletilen güçün kısıtlayıcı fonksiyon alınarak minimize edilmesi ile optimal koşullar sağlanır.

Ancak elde edilen optimal kesit, gerilim ve akım değerlerinin ekonomik parametrelere göre elde edilebilmesi için maliyet değerlerinin etkin faiz, enflasyon ve eskelasyon oranlarına göre güncelleştirilmesi gerekmektedir [2].

3. MALİYETLERİN GÜNCELLEŞTİRİLMESİ

İletim sistemine ilişkin her eleman için, planlamanın ilk yılına ait belirlenmiş maliyet M_0 ise n. yıla ilişkin maliyet

$$M_n = M_0 [(1+e)/(1+i)]^n \quad (5)$$

formülü ile güncelleştirilir [3].

Burada e, elemana ilişkin eskelasyon oranı, i ise ülkedeki etkin faiz oranı olarak alınmıştır.

Ayrıca, elektrik enerjisi sistemleri, sermaye yoğun endüstriler olmaları yanında tesislerin yapımı ülkenin ekonomik parametrelerinde değişimlere yol açabilecek bir süreçte gerçekleşir. Bu nedenle yatırımlar önceden belirlenmiş bir yatırım planına uygun olarak planlama sürecine dahildir. Atıfite olarak tanımlanan bu sabit miktarlı ödemeler serisi, ülkenin ekonomik parametrelerinden etkilenerek her zaman diliminde farklı değerler alır. Bu bakımdan yapılacak tüm yatırımların yıllık faiz oranı ile güncelleştirilerek "Bugünkü Değer" denilen büyüklüğe dönüştürülmesi gerekir. Bu dönüşüm

$$BD = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i \cdot (1+i)^n} \right] \quad (6)$$

eşitliği ile sağlanır [4]. Burada,

A = eşit zaman aralıkları ile yapılan eşit ödeme miktarları (=Annuite)

i = yıllık faiz oranı

n = yıl sayısını göstermektedir

4. İLETİM KAYIPLARI MALİYETİNİN GÜNCELLEŞTİRİLMESİ

Hatlar da meydana gelen kayıplar, yitke bağlı olarak değiştiğinden, elemanın ekonomik ömrü boyunca yüklenme koşullarının da güncelleştirilmesi uygundur [5].

Bir iletim sistemi içinde iletim kayıplarının karşılanması için planlama dönemi içinde yapılacak düzenli yatırımlar (F) olsun. Yük artışı, Joule kayıplarının karesel olarak artmasına neden olduğundan, yükün büyüme oranı (g), kayıp maliyetlerini karesel olarak etkilediği kabul edilir. Ayrıca ülkedeki etkin faiz oranı (i) ve eskelasyon oranı (e) gibi ekonomik parametreler de kayıp maliyetini etkileyen faktörlerdir. Bu faktörler göz önüne alınarak n yıl süreli olarak öngörülen bir planlama dönemi boyunca kayıpların maliyeti eşitliği ile belirlenir.

$$F_n = F \left[\frac{(1+i)^n - (1+e)^n (1+g)^{2n}}{(1+i) - (1+e)(1+g)^2} \right] \quad (7)$$

şeklinde yazılabilir. Burada F_n , n yıl süre ile kayıpların karşılanması için yapılacak ödemeler toplamıdır. Bu miktarın $(1+i)^{-n}$ bugünkü değer faktörü ile güncelleştirilmesi sonucu

$$F_0 = F \left[\frac{(1+i)^n - (1+e)^n (1+g)^{2n}}{(1+i) - (1+e)(1+g)^2} \right] \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right] \quad (8)$$

şeklinde elde edilir. Burada;

$$\left[\frac{(1+i)}{(1+e)(1+g)^2} \right] = 1 + d_e$$

şeklinde tanımlanır ve gerekli düzenlemeler yapıldırsa;

$$F_0 = F \left[\frac{(1+d_e)^n - 1}{(1+d_e)^n (d_e)} \right] \left[\frac{1+d_e}{1+i} \right] \quad (9)$$

bulunur. (9) eşitliğinde yer alan d_e etkin güncelleştirme faktörü olarak tanımlanmıştır.

5. İLETİM HATLARININ EKONOMİK YÜKLENMESİ

İletim hatlarının optimal olarak yüklenmesi probleminde göz önüne tutulması gereken üç temel öğe: gerilim düşümü, güvenilirlik ve kayıplardır. Kayıpların

minimize eden güç akışı analizleri ile bu üç temel öge sağlanmaya çalışılır. Optimal yükleme sınırı bu teknik faktörlere dayalı olarak belirlenir.

Probleme ekonomik olarak yaklaşan, farklı kriterlerin değerlendirilmesini gerektirir. İşletme problemi içinde, kayıp maliyetlerini kar-zarar denge noktasına getirecek ekonomik yüklenme değeri, yatırımların bugünkü değerinin eşitlenmesi ile bulunur [6]. Buna göre yeni tesis edilecek iletim hatları için

T = toplam yatırım maliyeti

A = planlama periyodunun belli bir aralığı için ödeme planında önerilen yatırım oranı (%)

olmak üzere yatırımın, herhangi bir ödeme periyoduna ilişkin bugünkü değeri

$$T_0 = T \left\{ A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)} \right] \right\} \quad (10)$$

eşitliği ile bulunur.

Yatırım maliyetinin bugünkü değerinin birim enerji başına düşen miktarı ise

$$\left(\frac{T_0}{P/f_{Ld}} \right) \quad (11)$$

oranı ile elde edilir. Burada P hatla iletilen güç, f_{Ld} ise yük faktörünü göstermektedir.

Öte yandan kayıp maliyetinin (9) eşitliği ile güncelleştirilmiş değeri, tüm kayıp enerji maliyet değerine dönüştürülerek (11) denklemi ile eşitlenerek

$$\frac{T_0}{P/f_{Ld}} = F_0 f_{Ld} \frac{Z}{V^2 f_{Ld}} 8,76 \quad (12)$$

kayıp maliyetlerini kar-zarar dengesine getirecek güç eşitliği elde edilir.

Burada

f_{Ld} = Kayıp faktörü,

Z = iletim hattının faz başına empedans (Ω),

V = iletim hattının faz-nötr gerilimi (kV),

olarak (12) eşitliği yardımı ile elde edilecek ekonomik güç;

$$P_e = V f_{Ld} \sqrt{\frac{T_0}{8,76 F_0 Z f_{Ld}}} \quad (13)$$

eşitliği ile bulunur.

Bu eşitlik yardımı ile elde edilen ekonomik yüklerin sınırı, mevcut hatların faz sayıları veya iletkin boyutundaki değişimleri içeren hat yenilemeler için yapılan çalışmalarda yardımcı olur. Hat eklenmesi gerektiren durumlarda, yükün yeni hatlar ve mevcut hatlar arasında uygun şekilde dağılımını analiz eden çalışmalar yapılır.

6. SONUÇ

Bu çalışmada enerji iletim sistemlerinin planlamasında yer alan, kuruluş ve işletme maliyetlerinin hesaplanmasında kullanılan mühendislik ekonomisi ilkelerinin uygulamasına yer verilmiştir.

İletim hatlarının kuruluş ve işletilmesinin ülkedeki etkin ekonomik parametrelere göre güncelleştirilmesi hesabının yanında, kayıp maliyetlerinin de güncelleştirilmesi ele alınmıştır. Kayıp maliyetlerinin yükün büyüme faktörüne bağlı olarak Joule kayıplarının karesel artmasına neden olduğu göz önüne alınarak kayıp maliyetlerinin yük büyüme faktörü ile karesel olmak üzere, yıllık faiz ve eskelasyon oranları ile de ilişkili olarak bir etkin güncelleştirme faktörü tanımlanmıştır.

Ayrıca bugünkü değerlere indirgenmiş kayıp ve yatırım maliyetlerini kar-zarar denge noktasına getiren ekonomik güç sınırı hat karakteristiklerine bağlı olarak belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] S. Öztürk, "Elektrik Güç Sistemlerinin Maliyet Hesaplarına Mühendislik Ekonomisi İlkelerinin Uygulanması", M.Ü. Fen Bil. Der. 1992., Sayı 8.
- [2] S. Öztürk, "Enerji Sistemlerinin Kuruluş ve İşletilmesinde Optimallığı Sağlayan Etkiler", Bursa ELMEKSAN 93, S.73.
- [3] "Projected Cost of Generating Electric Power Stations for Commissioning in 1995", A Report an Expert Group, OECD, Paris.
- [4] Thueson, H. G., Fabrycky, W. J., "Engineering Economy", Printice Hall Inc., Englewood Cliffs, N. J., 1964.
- [5] Soper, J. W., "Economic Conductor Analysis a Microcomputer Application", Conference Paper IEEE, 1985.