

Alçak Gerilim Hava Hatlarında Bakır ve Alüminyum İletkenlerin Ekonomik ve Teknik Bakımdan Mukayesesi

Yazan:
Nnsret ALPEBÖZ
Y. Müh.
tETT ve İTÜTO

Memleketimizde alçak gerilim hava hatlarında bakır iletkenlerin kullanılması alışkanlık haline gelmiş bulunmaktadır. Halbuki gittikçe artan bakır fiyatları halen ekonomik bakımdan alüminyum iletkenleri bakır iletkenlere nazaran herhangi bir tereddüde mahal bırakmıyacak şekilde üstün hale getirmiştir. Bu sebeple gerek bizat alâkalı müesseselerin istifadesi ve gerekse memleket ekonomisi bakımından bakır iletkenler yerine alçak gerilim hava hatlarında alüminyum ve büyük porteli yüksek gerilim hava hatlarında da çelik - alüminyum iletkenlerin kullanılması kaçınılması mümkün olmayan bir zaruret haline gelmiş bulunmaktadır. Esasen birçok Avrupa memleketleri ve Amerika'da hava hattı tesisinde alüminyum iletkenler uzun senelerden beri kullanılmaktadır. Bu yazımızda yalnız alçak gerilim hava hatlarında kullanılan (küçük menzilli yüksek gerilim hava hatlarında da kullanılması mümkündür) alüminyum iletkenlerle bakır iletkenlerin mukayesesi ele alınmıştır.

TL. sı olarak bedellerinin mukayesesi :

Bakırın iletkenliği 56, alüminyumuna ise 35 m/Ohm. mm² dir. Bu sebeple muayyen bir uzunlukta aynı omik direnci elde etmek için lüzumlu alüminyum iletkenin kesiti, bakır iletgene nazaran $56/35 = 1,6$ misli büyüktür. Fakat bakır ve alüminyumun özgül ağırlıkları arasındaki oran $8,9/2,7 = 3,3$ olduğundan, bu 1,6 misli büyük kesitdeki alüminyum iletkenin ağırlığı bakır iletkenin ağırlığının, $1,6/3,3$ s \approx 1/2 si kadardır. Yani omik dirençleri aynı olan aynı uzunlukdaki bakır Uetgenle alüminyum iletkenin ağırlıkları arasındaki oran 2/1 dir. Meselâ 2 ton bakırla yapılabilecek bir şebekeyi elektrik! özellikleri tamamen aynı kalmak şartıyla 1 ton alüminyum sarfederek yapmak mümkündür. Bakır telin fiyatı 23,75 TL/kg, alüminyum telin fiyatı da 16,5 TL/kg olduğundan, bakır Uetgenle buna eşdeğer alüminyum iletkenin TL.sı olarak bedelleri arasındaki oran $2 \times 23,75/16,5 = 2,878$ dir.

Meselâ İETT alçak gerilim şebekesinde halen senede 35 ton civarında örgülü bakır tel kullanılmaktadır. Bunun TL. sı olarak bedeli $35000 \times 23,75 = 831250$ lira eder. Halbuki bunun yerine

kuUanUacak alüminyum telin ağırlığı 17,5 ton ve bedeli $17500 \times 16,5 = 288750$ TL. sidir.

Döviz sarfı bakımından mukayese :

Memleketimizde alüminyum bulunmadığından alüminyumun dışardan ithali gerekmektedir. Ve halen külçe alüminyumun ithal fiyatı 525 ton civarındadır. Buna mukabU memleketimizde bakır cevheri bulunmakta ve ihraç edilmektedir. Halen bUister bakırın dünya piyasasındaki kıymeti 1515 \$/ton civarındadır. Bu fiatlara göre ve bakır Uetgenle eşdeğer alüminyum Uetgenln ağırlıkları arasındaki oranın 2/1 olduğu nazarı itibara alınarak iletken malzemesi olarak alüminyum kullanılması ve bu maksatla kullanılacak bakırın ihraç edilmesi halinde, İthal edilen alüminyumun tonu başına döviz tasarrufu, $2 \times 1515 - 525 = 2505$ \$ olacaktır.

Meselâ tETT alçak gerilim şebekesinde sene- de kuUanılan örgülü bakır tel miktarı 35 ton civarında olup, bu $35/2 = 17,5$ ton alüminyum tele tekabül etmekte ve 35 ton biUister bakırın ihracı Ue 17,5 ton külçe alüminyumun ithali halinde sağlanacak döviz tasarrufu, $17,5 \times 2505 = 43837$ \$ a bağığ olmaktadır.

Montaj işçiliği bakımından mukayese :

Alüminyum tel çekme işi daha fazla ihtimam isteyen bir iştir. Bu bakımdan birim başına alüminyum telin montaj işçiliği bakır tele nazaran daha fazladır. İller Bankası 1965 yılı birim fiyat cetvelinden alınan fiatlara göre, I inci, Uncl, m üncü fiyat bölgelerinde bakır ve alüminyum tellerin TL/kg olarak ifade edilen montaj İşçilikleri aşağıda gösterilmiştir.

Montaj İşçilikleri (TL/kg)

	I inci bölge	IInci bölge	m üncü bölge
Bakır tel	2,00	2,50	3,00
Alüminyum tel	3,00	3,75	4,50

Ancak elektrik! bakımdan alüminyum tele eşdeğer olan bakır telin ağırlığı 2 misil fazla olduğundan, alüminyum telin 1 kg. ı başına montaj işçiliği farkları:

	I İnci bölge	ü ne* bölge	IH Üncü bölge
Bakır tel (2kg)	4,00	5,00	6,00 TL
Alü. tel (1 kg)	3,00	3,75	4,50 TL
Fark	1,00	1,25	1,50 TL

olmaktadır. Yani bakır tel yerine alüminyum tel kullanmakla, kullanılan alüminyum telin beher kg.'ı bağına, montaj işçiliğinde, I inci fiat bölgesinde 1 TL nci fiat bölgesinde 1,25 TL ve m üncü fiat bölgesinde de 1,50 TL tasarruf sağlanmaktadır. Diğer bir deyimle, bakır telin 2 misli fazla olan ağırlığı, alüminyum tele gösterilmesi icap eden ihtimamın lüzum gösterdiği işçilikten daha fazla bir işçiliğe ihtiyaç göstermektedir.

Direk masrafları bakımından mukayese :

Bilindiği üzere taşıyıcı direkler rüzgâr kuvvetine göre hesaplanmaktadır. Rüzgâr kuvveti de tel çapı ile orantılıdır. Eşdeğer alüminyum iletgenin kesiti bakır iletgene nazaran 1,6 defa büyük olduğundan, çapı da takriben $\sqrt{1.6} = 1,26$ defa büyüktür. Dolayısıyla alüminyum iletgene gelen rüzgâr kuvveti, bakır iletgene gelen rüzgâr kuvvetinin 1,26 mislidir. Yani alüminyum tele gelen rüzgâr kuvveti % 26 kadar fazladır. Bundan dolayı alüminyum iletgenli hatlarda taşıyıcı direkler takriben bu nisbette büyük çıkar.

Durdurucu, bransman, köşe, nihayet ve tevzi direklerine gelen cer kuvvetleri ise alüminyum iletgen kullanılması halinde ehemmiyetli derecede azalmaktadır. Çünkü :

Bilindiği üzere, gerilme:

$$p = \frac{s \cdot 8}{8 \cdot f}$$

p : teldeki gerilme (kg/cm²)
s : direkler arası açıklık (cm)
8 : tel ağırlığı (kg/cm)
f : sehim (cm)

formülü ile hesaplanmaktadır. Alüminyum telin özgül ağırlığı (8), bakır telinkine nazaran 3,3 defa küçük olduğundan, muayyen bir direkler arası açıklıkta, sehim aynı kalmak şartıyla alüminyum teldeki gerilme, bakır teldekinden 3,3 defa küçüktür. Yalnız alüminyum telin kesiti eşdeğer bakır tele nazaran 1,6 defa büyük olduğundan, netice itibariyle telden direğe intikal eden cer kuvveti, bakır teldekine nazaran $3,3/1,6 \approx 2$ defa daha azdır.

Buz yüküne gelince; buz yükü malûm olduğu üzere tel çapının kare kökü ile (\sqrt{d}) ile orantılıdır. Alüminyum iletgenin kesiti eşdeğer bakır iletgene nazaran 1,6 misil büyük olduğundan, çapı da takriben $\sqrt{1.6} \approx 1,26$ defa daha büyüktür.

Dolayısıyla alüminyum iletgende teşekkül eden buz yükü de eşdeğer bakır iletgendekine nazaran $\sqrt{1.26} = 1,12$ misli büyük veya % 12 kadar fazla olur. Fakat buna mukabil alüminyum tel kullanılması halinde tel ağırlığı yarıya indiğinden netice itibariyle konsollara ve direklere intikal eden düşey ağırlık ehemmiyetli derecede azalmış olur.

Netice itibariyle bakır tel yerine alüminyum tel kullanılması halinde direk masrafları da umumiyetle bir miktar azalır. Fakat bu her hatdaki direk tiplerine ve hattın diğer hususiyetlerine göre değiştiğinden, direk masraflarındaki tasarruf ve bunun miktarı hakkında umumi bir rakam vermek mümkün değildir.

Bakırla temas :

25° C da, hidrojenin elektrolitik potansiyeli sıfır kabul edildiğine göre, alüminyumun elektrolitik potansiyeli (-1,35) volt, bakırın ki ise, iki değerli bakır için (-f 0,34), bir değerli bakır için (+ 0,25) voltdur. Yani metallerin elektrolitik potansiyel sırasında alüminyum hidrojenin üzerinde bakır ise altındadır. Malûm olduğu üzere bu sıranın üst ucuna yakın olan metaller kimyevî bakımdan çok aktiftirler ve bundan dolayı da tabiatta serbest olarak bulunmazlar. Meselâ en üstten ikinci ve üçüncü sırayı işgal eden potasyum ve sodyum su ile bile birleştiği halde, sıranın en altında bulunan altını eritmek için kral suyuna ihtiyaç vardır. Bu sebeple altın, platin ve hattâ bakır tabiatta serbest olarak bulunur. Gene bir metal, elektrolitik potansiyel sarasında kendinden aşağıda bulunan metalle yerini değiştirir. Meselâ bir demir parçası bir bakır sülfat solüsyonu içine daldırdırsa demir solüsyondaki bakırın yerini alır ve aynı miktarda bakır açığa çıkarak demir üzerine kaplanır. Bütün demir bakırla kaplandıktan sonra reaksiyon durur. Yani kimyevî bakımdan daha aktif olan elemanlar, kimyevî bakımdan daha atıl olan elemanları bileşiklerden çıkarak onların yerini alırlar.

Bakır kuru havada bir değişikliğe uğramaz. İse de, rutubetli havada patina (bir metalin yüzeyinde meydana gelen ince ve ekseriya çok renkli oksit tabakası) denilen bir tabaka ile örtülür. Hava ve suyun bakıra tesiri ile meydana gelen mavi yeşilimsi renkteki bu bileşik $\text{Cu}(\text{OH})_2$ terkindeki «malahit» tir. Alüminyum ve bakırın temas etmesi ve suyun da mevcut olması halinde, alüminyum bu bileşikdeki bakırın yerini almak üzere ayrışır. Bundan dolayı alüminyum iletgenlerin bakır veya bakır tozu ile temasına mani olunması gerekir. Bu maksatla aşağıdaki hususlara riayet edilmelidir.

1) Daha evvel bakır iletgenler için kullanılmış olan takımlar ve izolatörler alüminyum ilet-

genlerin çekilmesi ve tesbiti için kullanılmadan önce bakır tozundan iyice temizlenmelidir.

2) Bakır ve alüminyum tellerin irtibatlandırılması için kullanılan klemenslerin iki oluşu vardır. Bunların biri alüminyum, diğeri bakır iletgen içindir. Bakır iletgene ait olan oluk bakırla yataklanmıştır. Alüminyum iletgen alüminyum yatak, bakır iletgen bakır yatak içerisine yerleştirilir. Tesis esnasında bakır oluşun alta gelmesine dikkat edilmelidir. Bu suretle yağmur sularının bakırdan alüminyuma akması önlenmiş olur.

Alüminyum tellerin diğeri hususiyetleri :

1) Alüminyum oldukça yumuşaktır ve kolayca zedelenebilir. Bundan dolayı alüminyum tellerin çekilmesi esnasında gerekli ihtimam gösterilmeli ve tellerin çizilmesine ve zedelenmesine meydan verilmemelidir. Bunun için alüminyum iletken daima hususi döner makaralar üzerinden çekilmeli, izolatör olukları ve kancalar üzerinden çekilmemelidir.

2) Bakır tellerde olduğu gibi alüminyum tellerin üzerinde de ince bir oksit tabakası teşekkül eder. Bu tabaka bakırdakinin aksine yalıtıcıdır. Bundan dolayı alüminyum iletgenler eklenmezden evvel, iletgenler ve klemens olukları üzerindeki oksit tabakası çelik telden bir fırça ile iyice temizlenmelidir. Yeniden oksidasyonu önlemek için temas yüzleri iyice sıkılmalı, sonra kablo uçları ile klemensin yan ve uçlardaki girintileri çinko kromat veya kırmızı kurşun macunu (sülyen macunu) ile fırçalanarak kapatılmalıdır.

3) Alüminyum tellerin ömrü, bakır tellere nazaran az değildir. 50 sene evvel hizmete konulmuş olan alüminyum hava hatlarının bugün hâlâ hizmette olması (bak : K. Glrkmann und E. Königshofer : Die Hochspannungs-Frelleitungen, s. 59) bunu ispat etmektedir.

4) Alüminyumun alkali sıvılara karşı dayanıklılığı azdır. Asitleri ihtiva eden suda eriyebilir. Bu bakımdan kimya fabrikalarının bulunduğu mıntakalarda alüminyum tellerin kullanılması mahzurludur.

Buna mukabil üzerinde gayet sıkı bir şekilde duran oksit tabakasının tuzlu deniz havasına karşı bakır kadar dayanıklı olduğu anlaşılmıştır.

5) Alüminyumun mahzurlarından biri de erime derecesinin düşük oluşudur (alüminyumun 658° C, bakırın 1083° O. Bu sebeple meydana gelebilecek arklar alüminyum tellerin daha çabuk yanmasına ve kopmasına sebep olabilir. Fakat alüminyum tel kullanan memleketlerde bunun pratikte esaslı bir mahzur teşkil etmediği görülmüştür.

Netice :

Yukarıda tafsilâtlı olarak izah edilmiş olduğu veçhile, halen dünya sanayi piyasasında çok kıymetli bir meta haline gelmiş olan bakırın hava hattı İnşası gibi kaba bir tesis işinde kullanılması ekonomik değildir. Bu maksatla alçak gerilim ve küçük menzilli yüksek gerilim hava hatlarında alüminyum, büyük menzilli yüksek gerilim hatlarında da çelik - alüminyum tel kullanılması bir zaruret haline gelmiştir.

K A Y I P

Hüviyetimi kaybettim. Hükümsüzdür.

Sefahattin GENÇ