

# Optimum Nakil Voltajının Tayini

Çeviren: Emel BAYKAL  
Y. Müh - E I E.

**AMERİKADA, GİTTİKÇE ARTAN TAKAT VE ENERJİ TALEPLERİNİ KARŞILAMAK ÜZERE, BİRÇAK TEŞEKKÜLLER, 345 KV. GİBİ ÇOK UZUN SÜRELİ ARAŞTIRMALARA GİRİŞMEKTEDİRLER. BU YAZIDA 345 KV. VE 138 KV. LUK SİSTEMLERİN, İRTİFAK HAKKI, İŞLETME EMNİYETİ VE MALİYETLER! BAKIMINDAN MUKAYESELERİ YAPILMAKTADIR.**

Son altı yıl zarfında, çok yüksek gerilimle enerji nakli mevzuu, gittikçe artan bir alâka celbetmektedir. Birçok teşekküller, ileride sistemlerinin tevsii bahis mevzuu olduğunda, böyle yüksek gerilimlerin avantajlarını öğrenmek maksadıyla, uzun süreli araştırmalara girişmişlerdir. Bu makalenin gayesi, böyle bir çalışmada nazarı itibara alınması gereken faktörleri ortaya koymak ve bazı hallerde kaçınılması mümkün olmayan neticelere işaret etmektir.

Bugün Amerika'da pek çok sayıda 138 kV. luk sistem mevcuttur. Artan talepler karşısında, bu 138 kV. luk sistemleri devamlı olarak tevsii etmek veya 345 kV. la enerji nakline gitmek problemiyle çok sık karşılaşılmalıdır. Bu makalede 345 kV. ve 138 kV. sistemlerin mukayeseleri yapılacaksa da, bahis mevzuu edilecek faktörler sadece bu iki voltajın mukayesesine mahsus olmayıp, mevcut herhangi bir hava hattı sistemi ile daha yüksek voltajlı bir başka sistemin mukayesesinde de aynen caridir.

İki veya daha fazla sayıda nakil voltajının, optimum değeri bulmak maksadıyla mukayeselerinde, şu üç faktör nazarı itibara alınmalıdır.

1. Arazinin kullanılabilme imkânı ve uygunluğu bakımından irtifak hakları
2. Çalışma emniyeti
3. Maliyetler

## İRTİFAK HAKLARI :

345 kV. ve 138 kV. la enerji naklinde irtifak hakları, lüzumlu devre sayısı ile herbir ha'de bir devrenin işgal edeceği yerin fonksiyonudur. Buna mukabil lüzumlu devre sayısı da, herbir voltajda devre başına maksimum müsaade edilebilir yükleme ile ters orantılıdır.

Verilen herhangi bir voltajda, devre başına maksimum müsaade edilebilir yükü sınırlandıran üç faktör: (1) iletkenlerin termik kapasiteleri (2) voltaj regülasyonu (3) transient stabilitedir.

İletkenin termik kapasite sınırı bakımından, yüksek voltajın tabii avantajı, bunun alçak voltaja oranıyla ( $345/138 = 2,5$ ). gösterilir. Yani iletkenlerin termik kapasiteleri bakımından, aynı kVA takatı taşımak için 138 kv. taki devre adedi, 345 kV. taki devre adedinin takriben 2,5 misli olmalıdır. Burada her iki voltajda da akım taşıma kapasiteleri eşit iletkenler kullanıldığı kabul edilmiştir ki pratikte tamamen mümkündür. Ancak 345 kV. ta, daha başka sebeplerden, umumiyetle büyük kesitli ve hattâ demet iletkenler kullanılır.

Voltaj regülasyonu limiti, empedansın bir fonksiyonudur. Hava hatlarında efektif empedans voltajın karesi ile ters orantılı olduğundan, aynı voltaj regülasyonu için, aynı kVA takat taşınmak istendiğinde, 345 kV. taki devre adedinin ( $345/138^2$ ) = 6,25 misli sayıda 138 kV. luk devre kullanılması gerekecektir.

Transient stabilite sınırı için benzer bir mukayese yapmak güçtür, çünkü bu sınır hava hattı voltajı ile alâkası olmayan birçok faktörlere tabidir. 50 milden daha küçük nakil mesafeleri için şalterler ve rölelerin yerleştirilişi stabiliteye devre empedanslarından daha fazla tesir ettiği halde, uzun mesafelerde stabilite daha çok empedansla alâkalıdır. Bu sebeple stabilite mukayesesi bakımından 138 kV. ve 345 kV. taki devre adedleri oranının ( $6,25/1$ ) e yaklaştığını söylemek çok hatalı olmazsa da, bunun kabaca yapılmış bir genelleştirme olduğu ve tatbikatta daha detaylı bir transient stabilite mukayesesi yapılması gerektiği hatırdan çıkarılmamalıdır.

Arazisinden hat geçirmek için müsaade istendiğinde arazi Sahibi, lüzumlu emniyet sahası genişliğinden ziyade, araziye yerleştirilecek teçhizatın adedi ile alâkalanmaktadır. Herbir voltajda direk başına düşen devre adedini eşit kabul ederek, bu gibi hallerde, 138 kV. ve 345 kV. taki irtifak hakları, her iki voltajda lüzumlu devre adedleri oranı (yani  $2,5/1$  ile  $6,25/1$  arasında) gibi düşünülebilir.

•Hat boyunca emniyet sahasının tamamen istimlâki halinde ise, devre başına düşen emniyet aralığı ehemmiyet kazanır. Yine herbir voltajda direk başına devre adedinin eşit olduğu kabul edilirse, herbir 345 kV. luk devreye, 138 kV. luk devreye nazaran takriben iki misli emniyet sahası ayırmak gerekecektir. Netice olarak 138 kV. luk bir enerji nakil hattı,, aynı kVA takati taşıyan 345 kV. luk bir hatta nazaran 1,25... 3,00 defa daha büyük bir emniyet sahasına ihtiyaç gösterecektir denilebilir.

Tatbikatta herbir halde, devre başına maksimum müsaade edilebilir yüklemeye, yukarıda bahsedilen üç faktörden -termik kapasite^ voltaj regülasyonu ve transient stabilite - hangisinin birinci derecede tesir ettiği araştırıldıktan sonra devre adetleri yani irtifak hakları oranı tespit edilmelidir. Tasavvur edilen sistemin etüdü umumiyetle hangi faktörün hâkim olduğunu gösterecektir. Nispeten kısa mesafelerde, limiteyici faktör termik kapasitedir ve irtifak hakları oranını 2,5/1 veya 1,25/1 alınmalıdır. Daha uzun mesafelerde volta) regülasyonu veya transient stabilite birinci derecede rol oynayabilir ve bu oran 6,25/1 veya 3/1 alınır. Netice itibariyle, enerji nakil mesafesi arttıkça 345 kV. un daha avantajlı olduğu görülmektedir.

Memleketin birçok yerlerinde süratli bir nüfus artışı olduğunu nazarı itibara alarak, salâhiyetli birçok teşekküller, önümüzdeki yirmi yıl zarfında irtifak haklarının çok fazla ehemmiyet kazanacağını ileri sürmektedirler. Buna bazı yerlerdeki tabii engellerden dolayı emniyet sahasının mümkün mertebe küçük tutulma mecburiyeti de ilâve edilirse, bu gibi hallerde 345 kV. la enerji naklinin daha uygun olacağı görülmektedir.

#### **ÇALIŞMA EMNİYET! :**

Emniyet noktai nazarından, bilhasna sistem tevsiinin ilk devrelerinde, 138 kV. nakil voltajının 345 kV. a nazaran bariz avantajlı olacaktır, 138 kV. ta daha fazla sayıda nakil devresi bulunacağından, tabii olarak daha emniyetli ve daha fleksibl bir çalışma temin edilecektir. Buna ilâveten 138 kV. da verilen bir servis bölgesinde, indirici transformatör kapasitesinde daha büyük bir dağılma olacak ve neticede tabii kazalara, cihazlarda ki arızalara ve işletme hatalarına daha az maruz kalınacaktır. Maamafih daha ileride sistem inkişaf ettikçe 345 kV. luk teçhizatın da kâfi derecede yedeği bulunacağından, her iki voltaj arasında emniyet bakımından fark kalmayacaktır.

Emniyet, 345 kV. ve 138 kV. la enerji nak-

linde, kısa vadeli irtifak hakları mukayesesine de bir faktör olarak girebilir. Misâl olarak 900 Mw takatin 50 mil mesafedeki yük merkezine taşınacağını ve bu işi yapmak için altı adet 133 kV. luk veya iki adet 345 kV. luk devreye ihtiyaç olduğunu düşünelim. 345 kV. luk plân'a maksimum emniyet elde etmek için herbir devreyi ayrı direklerle taşımak yani tek devreli iki ayrı hat çekmek icab eder. 138 kV. ta ise üç adet çift devre hava hattı çekilirse, en az aynı derecede emniyetle enerji nakli yapılmış olur. Bu taktirde 138 kV. luk plân, diğerine nazaran sadece bir fazla emniyet şeridinde ihtiyaç gösterecektir.

İlende nakledilecek takat iki misli olduğunda ve alternatifler dört adet 345 kV. luk devreye mukabil oniki adet 138 kV. luk devre şeklini aldığı anda, 345 kV. ta enerji naklini çift devreli hatlarla yapmanın kâfi derecede emniyet temin edeceği düşünülebilir. Bu takdirde emniyet sahası, 345 kV. da iki şeride mukabil 138 kV. ta altı şerit olacak, yani 345 kV. kullanmakla dört sentlik bir sahadan tasarruf edilmiş olunacaktır. Şuna dikkat edilmelidir ki, şayet nihayetinde 345 kV. luk çift devreler kullanılsaydı, eşdeğer 138 kV. luk plâna nazaran toplam emniyet sahasında elde edilecek tasarruf çok az olacaktır.

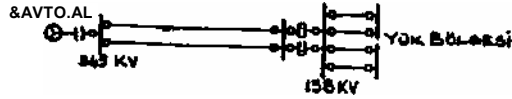
#### **EKONOMİ :**

345 kV. ile 138 kV. un mukayesesinde üçüncü temel faktör bunların maliyetleridir. Bu maliyetler (1) hava hatları ve postalara yapılan yatırımdan dolayı yıllık nakil masrafları (2) I<sup>2</sup> R kayıpları için kapasite ve enerji masrafları ve (3) reaktif takat için yapılan yatırımdan dolayı yıllık nakil masraflarının toplamından ibarettir. Bunlara nazaran çok küçük olduğundan işletme ve bakım masrafları ihmal edilebilir.

Maliyetlerin mukayesesine geçmeden evvel 345 kV. ve 138 kV. ta uygun enerji nakli plânlarını seçmek lâzımdır. Meselâ şekil I. de \* bir santralden yük merkezine kadar (mevcut 138 kV. luk şebeke muhafaza edilmek şartıyla) enerji naklinde iki tipik varyant gösterilmiştir. 345 kV. tan indirici teçhizatın maliyetinin yüksekliği ve daha fazla yer istemesi dolayısıyla yük merkezindeki 345 kV. luk postaların adedinin minimumda tutulması istenir. Bunun neticesinde, 345 kV. indirici postalardan elde edilen çok büyük takatlar, bugünkü sistemlerle, araya bir 138 kV. luk kademe konmaksızın yük bölgesindeki talî merkezlere dağıtılamaz.

Uygun enerji nakli plânlarının seçilmesi mevzuu, herbir voltaj için bir optimum hava

hattı şeklinin tespitini de içine alır. Meselâ 345 kV. ta ve hattâ 138 kV. ta tek iletken ile demet iletkenler iyice mukayese edilmelidir. Mukayeseler bugünkü yükün dört misli bir takati nazarı itibara alacak şekilde çok uzun bir vade için yapılacağından, ileride 138 kV. luk hatlarda yapılması muhtemel değişiklikler ve terakkiler de şimdiden nazan itibara sunmalıdır.

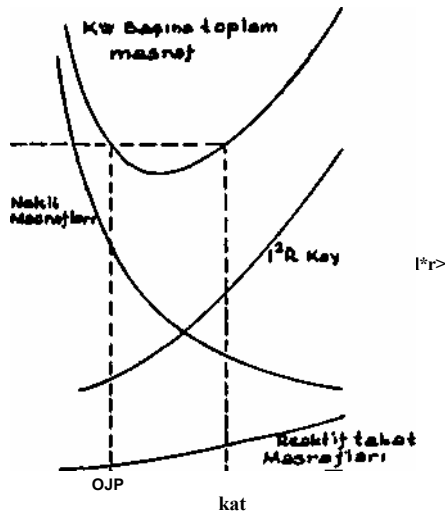


«4MTIM.

Aynı 138 KV 343 KV  $v < 0$  Kv  
luk.«ncr)l nakil afaUm teri  
(Yük mevcut föSKy. luk  
Stt\*ktmuM»-a

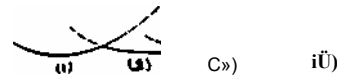
Verilen nakil probleminde, en uygun iletken kesitinin intihabından evvel, volta] regülasyonu, transient stabilite ve emniyet kriterlerini gerçekleştirecek, minimum hat adedinin tespiti lâzımdır. Bunlar tespit edildikten sonra, yıllık masraflar,  $I^2 R$  kayıp masrafları ve reaktif takat masrafları bakımından muhtelif kesitler mukayese edilerek, optimum nakil kesiti tâyin edilir.

Daha kısa mesafelerde, voltaj regülasyonu



?\*ln2.Tiplkb»r »n«rji h»Hı If in Bıllık

nu ile transient stabilite tahditleri diğer faktörlere nazaran ehemmiyetsiz olup, hat adedinin ve iletken kesitinin tâyininde termik kapasite ile emniyet esas rolü oynarlar. Şekil 2. de belirk bir nakil voltajı ve kesiti için, muhtelif cins maliyet eğrileri ayn ayn verilmiştir. Optimum iletken kesitinin tâyininde ekonomik yüklemeye dikkat edilmesi Jâzımdır. Şöyle ki; Şekil 2den görülebileceği gibi tek hat üzerindeki yük artarken, nihayet öyle bir A noktasına varılır ki. bu yükte sisteme ilkinin aynı bir ikinci hat ilâve edilirse, her iki hat B noktasındaki yükü taşıyarak çalışır ve kW başına senelik masraflarda veya toplam senelik nakil masraflarında hiçbir değişiklik olmaz.



muM\*lı'j

1. Paralel  
Sayıda heilar içi'ı  
-ma«r»/kırı O, j iler

Şekil 3. te 1, 2, 3,... n sayıda identik ve paralel çalışan hatlara ait masraf eğrileri verilmiştir. Teorik olarak, n sayıda paralel hatta ait masraf eğrisinin, (n + 1) sayıda hatta tekabül eden eğriyi kestiği noktadaki takat değerine varıldığında, (n + 1) inci hattı tesis etmek ekonomik olacaktır. Şekil 3. ten görüleceği üzere, bir, iki ve üç paralel hatta ait eğrilerin kesişme noktalarındaki maliyetler, herbir eğriye ait minimum noktadaki maliyetten biraz (umumiyetle % 6) daha büyüktür. Hat adedi üçten fazla ise, kesişme noktası ile eğrinin minimum noktasının maliyeti arasında fark kalmaz ; yani toplam maliyet eğrisi, minimum noktasından sonra yukarı doğru çok hafif bükülür. Buna göre, çok sayıda hat ihtiva eden sistemlerde, eğrilerin kesişme noktasından sonra maliyet çok az artacağından, hemen bir devre daha ilâve etmenin ekonomik olup olmayacağı iyice araştırılmalıdır. Ekonomik yükleme noktasını çok fazla aşmak doğru olmazsa da, umumiyetle hatlar bu noktanın biraz sağında çalıştırılabilir. Netice olarak, belirli bir takati taşımak için lüzumlu devre adedinin tâyininde ekonomik yükleme nazan itibara alınır da, pra-

tikte, teorik minimum maliyet sınırını epeyce aşılabilir.

345 kV. ve 138 kV. ta ekonomik plânlamalar yapıldıktan sonra, bu iki halin maliyetlerinin mukayesesine geçilir. Bu mukayese, hava hatlarının yıllık masrafları ve irtifak hakları ile, generasyon tarafında ve alıcı uçtaki postaların tesis masraflarını ihtiva edecektir. 345 kV. taki maliyetlere, yük merkezindeki 345/138 kV. indirici trafolar ve irtibatlarının masrafları da ithal edilmelidir.

345 kV. luk plân ilk başlarda, eşdeğer 138 kV. luk plâna nazaran çok büyük tesis masraflarını icab ettirir. Takat talepleri yavaş yavaş artacağından, 138 kV. ta ufak ilâve masraflarla kademe kademe tevsiye gidilebilir. 345 kV. luk tesisler, emniyet mülâhaza ile muayyen minimum sayıda devre kullanmak mecburiyeti olduğundan ve devre başına çok büyük taşıma kapasitesi isabet ettiğinden, başlangıçta yük talebinin çok üstünde taşıma kapasitesini haiz olacaktır. Bu sebeple ekonomik mukayese periyodunu, 345 kV. la nakilden tam istifade edileceği zamana kadar uzatmak gerekmektedir.

Maliyet mukayesesindeki ikinci mühim faktör, P R kayıplarının değerlendirilmesi,

burada detaylı olarak anlatılmayacaktır. Bunlar bilinen metotlarla kolayca hesaplanabilir. Nazan itibara" alınması gereken üçüncü faktör, voltaj kontrolü için lüzumlu reaktif güç masraflarıdır. Alıcı uca gönderilen VAr lar umumiyetle devredeki eşdeğer senkron kondansatör kapasitesi veya kapasitörlerin maliyeti üzerinden sabit olarak değerlendirilir. Gönderilen VAr lan değerlendirmeden evvel, bu VAr lann normal çalışmada hakikaten istenip istenmediğini araştırmak lâzımdır. Voltaj regülasyonu, cihazların bir kısmı devreden çıktığı zaman daha kritik bir hal aldığından, böyle hallerde tevzi edilen VAr lar kıymetlendirilmeli ve herbir plân için VAr lann maliyeti buna göre hesaplanmalıdır.

#### HÜLASA :

345 kV. ve 138 kV. luk nakil voltajlarının mukayesesinde çok değişik faktörler rol oynadığından, kesin neticelere varmak mümkün değildir. Mevcut şartlar muvacehesinde, birinci derecede müessir faktörler araştırıldıktan sonra, oldukça uzun bir zaman aralığı için maliyet mukayeselerine geçmek ioab etmektedir.

## Elektrik Motorlarını Ne Zaman Aşırı Yükleyebiliriz

Yazan: Zeki SERTTAŞ.  
Y. Müh.

Elektrik Motorları umumiyetle sürekli çalışabilmek için imâl edilirler. Mîle verebilecekleri nominal güç, tesmiye gerilimi ve tesmiye yük altındaki devir adedi etiketlerinde yazılır. Etiket akımı mîle verilen güç için motorun tesmiye gerilimi altında çekeceği akımı gösterir. Civar ısı 35 dereceyi geçmediği takdirde sürekli çalışan bir motorun iç ısı izolman kalitesine göre tahdid edilen sınır temperaturunu aşmaz.

Motorun verebileceği güç mihaniki cihatten ziyade iç ısının derecesile mahdud olduğu için motoru aralıklı bir çalışma rejimine tâbi tuttuğumuz zaman sargıların soğumasına fırsat verildiği için maksimal momente doğru aşırı yükletme imkânına malik bulunuyoruz. Bu aşırı yükletme rusbeti de şu şekilde tarif ve hesaplanır:

$$\% \text{ ED} = \frac{\text{İşlediği zaman}}{\text{İşlediği zaman} + \text{fasıla}} \cdot 100$$

Motorların konstruksyon ve izolman kalitesine göre faorikalar aşırı yüklenme derecesini % 15, 25, 40, 65 ED için kataloglarında gösterirler. Meselâ

| % 100 ED |     |            | % 40 ED |     |            | % 25 ED |      |            |
|----------|-----|------------|---------|-----|------------|---------|------|------------|
| HP       | Amp | devir/dak. | HP      | Amp | devir/dak. | HP      | Amp  | devir/dak. |
| 4,1      | 8   | 1410       | 5,4     | 10  | 1400       | 6,8     | 12,3 | 1390       |

Takribi olarak süreksiz çalışan bir motor fasılalı çalıştığı zaman % 25 ED için % 30, % 40 ED için % 20 fazla sürşarj edilebilir denilebilir. Bu nisbet tabiatile civar ısının 35 dereceyi geçmediği zaman tatbik edilebilir. Yoksa civar ısı meselâ 50 derece iken motor yüklenme kabiliyetini % 20 kaybeceğinden bu nisbette azalmış olacaktır. Bu sürşarj keyfiyeti bilhassa sürekli çalıştırılacak motor