

## Yüksek Gerilimin Problemleri-

Nihat TAVLAN  
TEK

### ÖZET

*tki bölüm olan bu yanda yüksek gerilimin önemli problemleri, bazı örneklerle verilmektedir. Bu ilk bölümde yalnızca aşın gerilimler ele alınmıştır, ikinci bölüm ise korona, demet iletken ve stabiliteyi içerecektir.*

### SUMMARY

*in this article, the important problems of high voltage transmission lines are explained with some particular examples. in this first part, only over voltages are considered. The second part will be about the corona and bunch conductors used (in transimiyon lines and the system stability.*

### 1. İŞLETME FREKANSINDA AŞIRI GERİ LİMLER

Yüksek gerilim sistemlerinde izolasyon düzeyinin saptanmasında en önemli rolü işletme frekansında aşın gerilimler oynar. Bu gerilimlerin değerleri önceden saptanıp hesaplanabilirse ve bu gerilimleri düşürebilecek tedbirler önceden belirlenebilirse, şebeke sistemi hem en iktisadi veçhesini almış, hem de maksimum işletme emniyeti sağlanmış olur.

Bilindiği gibi uzun bir hat üzerinden (200 km'nin üstünde) bir şebekeyi' besleyen santral sis-

©-<3D+



#### Şekli 1-

teminde (Şekil 1) hat sonundaki kesici B açtığı taktirde hattaki ferrantieffekti ve bir de buna ilâveten hattan generatöre akan kapasitif akımlann doğurduğu gerilim düşümü nedeni

ile sistemde aşın gerilimler meydana gelir. Bu gerilimler hattın sonunda (B) en büyük değere rindedirler. ilerde görüleceği gibi aşın gerilim dolayısıyla izolasyonun zayıf olduğu bir noktada tek fazlı toprak kjsa devresi meydana gelmesi halinde (özellikle hattın sonuna yakın yerlerde) bu aşın gerilimler daha da artarlar. Zaten izolasyon seviyesinin saptanması için de bu iki halin aynı anda meydana geldiği tasavvur edilerek aşın gerilimler hesaplanır. Hesaplardan kolayca görülmektedir iki yük atma dolayısıyla doğan bu aşın gerilimler hattın uzunluğuna ve sistemin kısa devre gücüne -bağlıdır. (Kısa devre gücünden kastedilen anlam, hat üzerinden şebekeyi 'besleyen santralLann kurulu gücüdür.) Kısa devre gücü ne kadar düşük ise aşın gerilim de o nisbette yüksek değer almaktadır. Ayrıca ilerde tek tek ele alınacak olan, hattı besleyen generatörlerin reaktanslan, gerilim ve devir sayısı regülatörleri, yük atmadan önce sistemdeki yük dağılışı ve beslenen şebekenin kısa devre gücü aşın gerilimlerin büyüklüğüne tesir eden faktörlerdir.

Yük atma esnasında şebeke frekansındaki aşırı gerilimlerden kaçınmak için ilk akla gelen çare hattın başında ve sonundaki kesicilerin aynı anda açmasıdır. Fakat bu hal seleküf korunma yönünden uygulanmadığı gibi; uygulansa dahi röle hataları dolayısıyla her zaman kesiciler aynı anda açmayabilir.

Şebeke frekansındaki aşırı gerilimleri tehlikesiz değerlere düşürmek için en uygun çare hattın uygun yerlerine paralel bobinler (reaktörler) yerleştirmektedir. Bu bobinler aynı zamanda zayıf yüklerde (örneğin geceleri) kapasitif gücü kompanse ederler. Ayrıca bu bobinler »vasıtası 'He. tek' fazlı :kısa .devrelerde -artık akımın kapasitif bileşeni kısmen veya tamamen kompanse edilebildiği için arkın deiyonize zamanı kısalmak ve dolayısıyla tekrar kapama (reclosing) operasyonu mümkün olabilecektir. Bobinler yük atma esnasındaki transient gerilim yükselmesini de düşürürler. Problemden kritik nokta bobin büyüklüğü ve karakteristiklerini o şekilde seçebilmelidir ki, sözü edilen şebeke için yukarıda sayılan bütün özelliklerini yerine getirebilsin. Bobinlerin stabiliteye etkisi stabilite bölümünde ele alınacaktır.

Bobinlerin seçimi titiz bir etüt ister, zira bunlar lineer olmayan magnetik karakteristikli seçilmişlerse şebekede zararlı titreşimler doğururlar. Seri kondansatörlerle teçhiz edilmiş hatlarda" bu şekildeki bobinler aşırı subharmonik titreşim meydana getirdikleri gibi, doymuş olarak çalışan bobin, harmonikleri nedeni ile şebekede yüksek frekanslı aşırı gerilimler de doğurur. Keban sisteminde hattın başına bağlanacak bobinler 380 kV işletme gerilimine göre sipariş--edilmişti, 'bilâhare 'enerji naklinin 405 kV ile ancak mümkün olabileceği ve hatta puant zamanlarında 420 kV ile çalışmak gerektiği tespit edildiğinden bobinlerin bu yeni işletme gerilimlerinde mknatıslanma eğrilerinin lineer kısımlarında bir büyütme yapmadan çalıştırılmalarında ne gibi problemler doğacağı şimdiden etüt edilmesi ve tedbirlerinin alınması gereken bir .konu olarak gözüküyor.

Stabiliteyi artırma amacı ile sisteme ilâve edilen seri kondansatörler de şebeke frekansındaki aşırı gerilimleri kısmen küçültürler.

Yük atmada en kritik husus iyi projedendirilmiş şebekelerde generatörleri zati ikaza götürmesidir. Bilindiği gibi hattın kapasitif reaktansı, senkron reaktansın boyuna ve enine bileşenlerinden büyük" ise, zati ikaz söz konusu değildir; eğer boyuna senkron reaktanstan küçük fakat enine senkron reaktanstan büyük ise yavaş s'eyreden bir zati ikaz doğar ki, bu da seri çalışan ve negatif darbe ikaz!ı gerilim regülatörleri ile bertaraf edilebilir. Eğer hattın

kapasitif reaktansı enine senkron reaktanstan da küçük ise hiç bir reglaj tertibi ile zati ikazdan kaçınmak mümkün olamaz; her hal ve kârda bu duruma düşmemek için gerekli tedbirleri almak gerekir. Aksi halde hat sonundaki her kesici açmasında, hattı devreye sokmada ve hatta zayıf yüklerde çalışmada generatörler devreden çıkacaklardır.

Hat sonu kesicisi açma sonucu generatör üzerinden yük tamamen kalkacağından türbin devri artacak, yani frekans yükselecektir. (Keban' da devir % 135 değerine çıkacak). Frekansın reaktanslara etkisi, zati ikazın en kritik yönünü teşkil eder. İndüktif reaktanslar (gen, trafo reaktansları) frekansla doğru orantılı, hattın kapasitif reaktansı ise ters orantılı olarak .değişir. Başka bir deyimle 'hattın kapasitif âamitansı frekansla doğru orantılıdır. Daha genel bir kapsamda ifade etmek için, şebekenin kapasitif reaktansı frekansın genel bir fonksiyonu [  $X_c(n)$  ] denilebilir. Buradaki n değeri frekansın per ünit değeri, yani nominal frekansa irca edilmiş değeridir (n = 1 nominal frekans veya devir sayısı demektir.).

Stator direnci göz önüne alınmadan zati ikazdan kaçınmak için aşağıdaki şartların yerine getirilmesi gerekir :

$$X_c(n) > n(X_d + X_q) \\ X_c(n) > n(X_q - f X_T)$$

Burada

$$X_c(n) :$$

Blok trafonun yüksek gerilim tarafından görülen şebekenin irca edilmiş kapasitif reaktansı.

nominal değere irca edilmiş 'frekans veya aynı anlamda devir sayısı.

irca edilmiş boyuna senkron reaktans .(nominal frekansta).

ifca edilmiş enine senkron reaktans (nominal frekansta).

$X_T$  irca edilmiş trafo kaçak" reaktansı (nominal frekansta).

Eğer.blok trafo şebeke yüküne dahil edilirse, bu takdirde generatör. klemenslerinden görülen yük reaktansı:

$$X_L(n) = X_c(n) - n X_T \text{ Buna göre zati (2)}$$

ikazdan kaçınma şartı  $X_L(n) > n X_d$  ;

$$X_L(n) > n X_q \text{ Veya admitans şeklinde (3)}$$

yazılırsa :

$$\frac{1}{X_L(n)} < \frac{1}{n X_d} ; \frac{1}{X_L(n)} < \frac{1}{n X_q} \quad (3a)$$

Aşağıda generatör klemenslerinden görülen yük reaktansı için  $X_L$  ve trafonun yüksek, gerilini' tarafından • görülen  $X_c$  yazıldığı takdirde nominal frekansdaki ( $n = 1$ ) değerler anlaşılacaktır.

Şimdi t (3) veya (3a) eşitsizliklerinin frekansa bağlı olarak eğrilerini çizersek, bu eğrilerin kesim noktası zati ikaz sınırını verir. Buna göre,

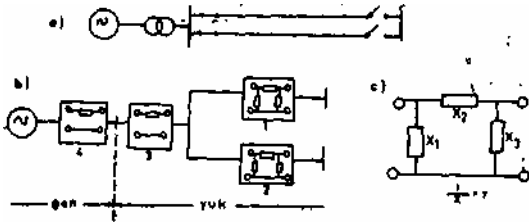
kesim noktası boyuna rezonansa tekabül eden frekans değerini,

kesim noktası ise enine rezonansa tekabül eden frekans değerim verir.

Klaus Bloedt, ETZ-A dergisinin 4.9.1973 (S. 18) tarihli sayısında her halde aşağıda vereceğimiz hesap yöntemine benzer bir yolla aynı eğrileri çizmiş, yalnız yazar reaktanslar üzerinden gitmiştir. Biz burda admitanslar üzerinden yöntemi" geliştirdik. Zira kompanzasyon bobinlerinin (reaktörlerin) etkisini hesaplamak daha kolay olduğu gibi; ayrıca

$X_L(n)$  değeri nominal gerilimde generatörün nominal akıma irca edilmiş yük akımını vermesi bakımından da büyük avantaj sağlıyor. Burada generatörün her hangi bir andaki yük akımını hesaplamak için  $X_L(n)$  değerini, nominal değerine irca edilmiş gerilimle çarpmak yeterlidir.

önce Şekil 2'deki tipik bir şebekeye ait frekansa bağlı admitans denklemini çıkaralım. Bundan sonra daha karmaşık olan Keban sistemi için gösterilecek yolu takip ve hesaplamak oldukça kolaylaşır.



Şekil 2. a. Şebeke  
b. Dört uçlularla şebeke eşdeğer şeması  
c. Tj dört uçlusu

Şebeke elemanlarının dört uçluları teşkil edilip, bir "tj şıkım" operasyonlardan sonra (b/u esnada dört uçluların bağlantı yönlerine dikkat etmek gerekir.) zincir matrisi formundaki eşdeğer dört uçlu hesaplanabilir. Bu matristen de toplam reaktans veya admitans kolayca çıkarılabilir. Bunun için, zincir matrisine ait denklem sistemi :

$$U_1 = A_n U_2 \quad (4)$$

Burada boşta çalışmaya ( $I_2 = 0$ ), tekabül eden reaktans veya admitans :

$$X_{top} = \frac{A_{11}}{A_{21}} ; Y_{top} = \quad (5)$$

Şimdi Şekil 2'deki şebeke sistemine göre bu değerleri hesaplayalım. Burada blok trafo için, miknatıslanma akımını ihmal etmek suretiyle, yalnız Boyuna organlı bir dört uçlu verilmiştir, ilk olarak 1 ve 2 numaralı dört uçlular için admitans matrisleri teşkil edilmiş olup, sonra bunların paralel bağlanmasına tekabül eden eşdeğer dört uçlu hesaplanmıştır.

Genel 'bir ft dört uçlu montajrada' admitans matrisi :

$$Y_{11} = y_1 + y_2 ; Y_{12} = -y_3 ; Y_{21} = -y_3 ; Y_{22} = y_2 + y_3$$

Hatlara ait K montajı simetrik dört uçlu olduğundan  $V_j = y_2$  'dir. Bu demektir ki her biri toplam kapasitif admitansın yansı değerindedir. Bundan böyle bir hattın yan kapasitif toplam reaktansını  $X_c$  ile göstereceğiz.

Kapasitif reaktanslar için pozitif işaretleri seçerek ve devir sayısına bağlılığı da göz önüne alarak 6'daki matris elemanları yerine tekabül eden değerleri koyarsak 1 numaralı dört uçlu :

$$nX_1 \quad (7)$$

.

nX,

2 numaralı dört uçlu

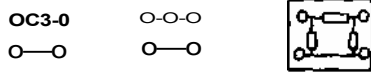
$$\begin{matrix} -n- \\ XI \end{matrix} \frac{L}{nX_1} \quad -' nX \cdot L_2 \quad (8)$$

Her 'iki' hattın paralel bağlanmasına tekabül eden eşdeğer uçluya ait admitans matrisi :

$$Y_2 = \frac{1}{sL_1} + \frac{1}{sL_2} + \dots + \frac{1}{sC_1} + \frac{1}{sC_2} \quad (9)$$

Buna göre şebeke Şekil 3'deki dört uçlu sisteme indirildi. Bu dört uçlu zinciri daha da

yapabilmek için e admtdans matrisini bir zincir matrise dönüştürmek gerekir. Dönüşüm kaidesi:



Şekil 3.

basitleşebilir. Burada e ve 3 dört uçlularının seri bağlanabilmesi için bunlara tekabül eden zincir matrislerin çarpımı gerekir. Bu operasyonu

$$a_e = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -y_a & 1 \\ -|y| & y.. \end{bmatrix} \quad (10)$$

Burada  $y = y_{11}, y_{12}, y_{21}, y_{22}$

(9)'dan zincir matrisi  $a_e$ 'nin (10 eşitliği) elemanları için :

$$I \cdot \dot{I} + -J$$

$$\begin{bmatrix} n & X_L & X_u \\ U & u & L1 & C1 \end{bmatrix} \quad (II)$$

$$a_e = \frac{L \ll J}{n \setminus x_u} + \frac{1}{x_a} \sim \frac{1}{b} \setminus x_{c1} + \wedge \quad I$$

Dönüşümün doğruluğu için aşağıdaki denklemin gerçekleşmesi gerekir :

$$a = \quad (13)$$

Değerler yerlerine konursa görülür ki bu şart gerçekleşiyor.

Burada 3 nolu dört uçlu sadece  $X_T$  boyuna reaktansdan mütesekkil olup, diğer bütün reaktanslar sıfır değerdedir, buna göre 3 nolu dört uçlu zincir matrisi :

Şimdi 3 numaralı dört uçlunun zincir matrisinin genel şekli :

(14) iki matrisin çarpımı :

— — —

Buna göre e ve 3 dört uçlarının seri bağlanması :

$$\begin{matrix} 1 & -nX_T \\ 0 & I \end{matrix} , \quad \begin{matrix} -y^{\wedge} \\ -|y_j \quad y \rangle \end{matrix} \quad (15)$$

Bunlardan toplam admitans :

$$Y_{IOP} \sim \frac{1}{n} \left[ \frac{1}{X_{C1}} + \frac{1}{X_{C2}} \right] \quad (18)$$

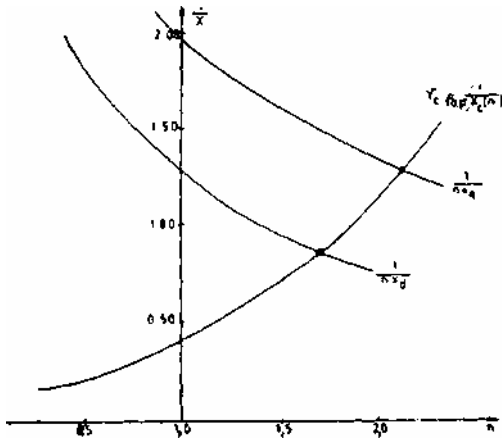
U

$$n \left( \frac{1}{X_{C1}} + \frac{1}{X_{C2}} \right)$$

Burada ikinci ve daha üst derecedeki kısımlar ihmal edilirse Şekil 2'ye ait yaklaşık çözüm;

$$Y_{Ctop} = \frac{2n(X_u + X_U)}{(X_{C1} + X_{C2}) [X_u X_a + 2X_T (X_U + X_U)]} \quad (19)$$

Başta belirtildiği gibi bu denklemde n'ye değerler vererek çizilen kapasitif yük (toplam admitans) eğrisinin n'ye bağlı boyuna ve enine senkron reaktans eğrilerini kestiği noktalar boyuna ve tenine rezonans noktalarıdır. Şekil 4'de eğriler yaklaşık olarak çizilmiştir.



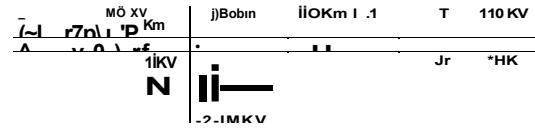
Şekli 4.

$$1-nX_T y_n - M \quad (16)$$

Denklem (5)'den görüldüğü gibi A matrisinin sadece  $A_n$  ve  $A_{21}$  elemanlarının hesabı bizim için yetersizdir. Buna göre denklem (11) ve (16)'dan toplam zincir matrisi elemanları  $A_n$  ve  $A_{21}$  için :

$$A_n = \frac{RX_T |y|_{v22}}{...}, A_{21} = \dots \quad (17)$$

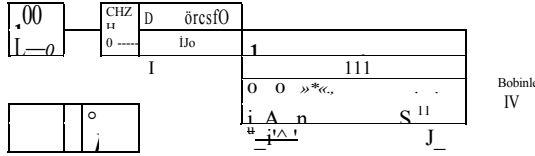
Daha karmaşık bir durum arzeden Keban sisteminde (Şekil 5) çok yer tutan hesaplan yapmayacağız, sadece ilgilenen okuyucular için yol göstereceğiz.



Şekil 5.

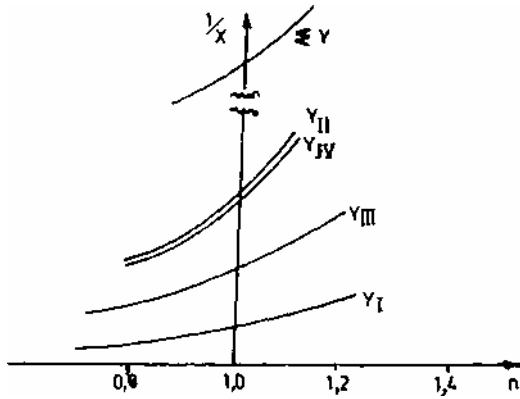
Şekilde Keban II diye gösterilen nokta Keban santrali salt sahasından 10 'kan ilerde ikinci büyük bir şak sahasıdır. Gelecekte Karakaya, Seydişehir ve Ankara üçüncü devre hatları bu salt sahasında Keban santrali ile bağlanacaklardır. Şimdi Ankara barajlarında kesici açtığı zaman aynı anda Kayseri'deki seri /kondansatörün de devreden çıktığını kabul ediyorum. (Yük atmada bu operasyon şarttır.) Hatlar uzun olduğu için Kayseri-Ankara ve Kayseri-Ke-

ban devrelerinin her biri çift % dört uçlusu ile gösterilmelidir. Bobinlere ait dört uçlu tıpkı trafo gibi yalnız boyuna reaktansı havi olacaktır. Paralel hat ve bobinlere ait eş değer dört uçlular da hesaplanırsa sistem aşağıdaki şekle girer :



Şekil 6.

Şekil 6'de I'deM üç adet dört uçluyu, trafo ve generatör boyuna reaktansları birleştirerek iki dört uçluya (I) indirmek mümkündür. Bunlardan sonra problemi basitleştirmek için yöntem bir grafik yol ilâve etmek gerekiyor. Bunun için de I, II, III ve IV şebeke kısımlarının her birine ait admitans eğrilerini çizip bunlardan toplam eğriye geçmek en kolay yol olacaktır.



Şekil 7.

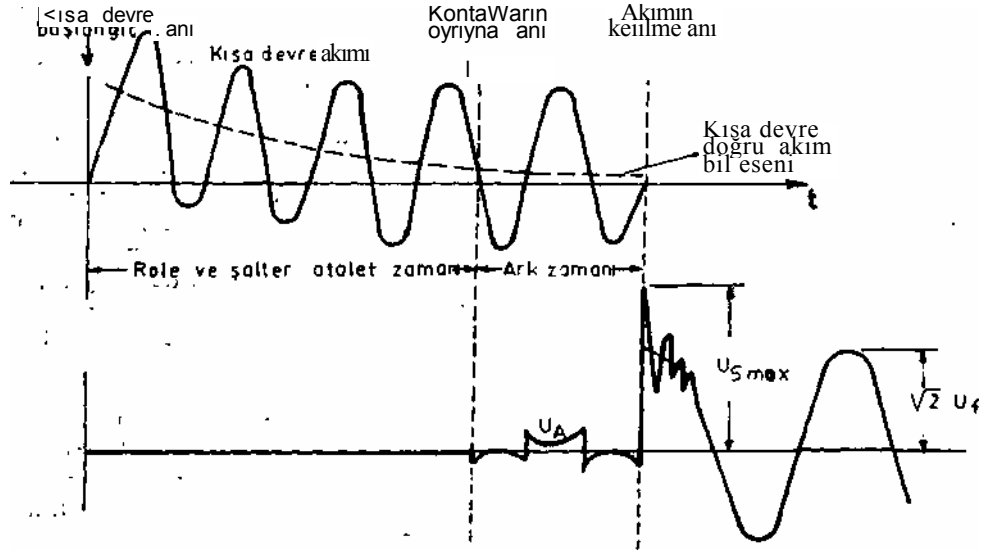
Yapılan hesaplar gösteriyor ki Keban projesinde boyuna rezonans noktası reaktörlere rağmen nominal frekans ( $n=1$ ) civarında bulunuyor. Enine rezonans noktası ise  $n=1,20$  civarında çıkıyor; bu demektir ki tam yük atmada devir hiç bir zaman  $n = 1,20$ 'nin üstüne çıkmamalıdır. Sistem tam yük atmada % 35 devir yükselmesine ( $n=1,35$ ) göre tasarlanmıştır olduğuna göre bazı tedbirlerin alınması kaçınılmaz gözüküyor.

Keban sistemi için Commonwealth firmasının hazırladığı raporda (R-1087) hattın Ankara ucunda 'kesici açtığı takdirde, Keban'da trafo yüksek gerilim tarafından 465 kV ve Ankara ucunda ise 494 kV tespit edilmiş ( $U_n = 405$  kV). Bizim yaptığımız hesaplarda ise Keban trafosu yüksek gerilim tarafında 640 kV ve Ankara ucunda" 684 kV değerleri çıkmaktadır. Her iki halde de büyük ve tehlikeli değerlere ulaşan bu gerilimlerin kabul edilir sınırlara düşürülmesi için, tedbirlerin etüdü gerekmektedir. Bu tedbirlerin başında ilk aklı gelen, generatör gerilim regülatörüne bir negatif darbe ikaz organı ilâve etmektir. (Stabilite bölümünde bu konuya geniş yer vereceğiz.) Bu negatif darbe ikaz sınırını saptamak, yine bir etüt konusudur. Negatif darbe ikaz organı yanında ikaz hızının da yüksek olması gerekir. Stabilite bölümünde geniş yer vereceğimiz ikaz hızı için Alman VDE yönetmeliği normal generatörler (uzun hatlar üzerinden besleme yapmayan, dolayısıyla Stabilite problemi olmayan şehir santralleri) için  $a = 1,5$  değerinin ( $a =$  ikaz hızı) altına düşmesini şart koşar. Keban generatörleri için bu değer 3 civarında olması gerekirken (hesaplar Stabilite bölümünde verilecek)  $a = 0,82$  değerinde oluşu hem Stabilite yönünden, hem de aşın gerilimler yönünden affedilmez bir hatadır.

## 2. MANEVRA AŞIRI GERİLTİMLERİ

Aslında ilk bölümde belirtilen işletme frekansındaki aşın gerilimler de salt aşın gerilimdir. Bu bölümde ele alınan ise, salt manevralar sırasında meydana gelen geçici rejim aşın gerilimleridir. Bu aşın gerilimler bir şebeke frekansındaki aşın gerilim ve bir de transient (geçici) aşın gerilimin superpozesinden meydana gelir.

En -kritik kesici aşın gerilimleri kısa devre arızalarında, faz oppozisyonlarında, 'küçük endüktif akımların açmalarında ve uzun kapasitif çalışan hatların açma ve kapamalarında kendini gösterebilir, örneğin bir kısa devrede şebâke empedansı tamamen endüktif bir karakter gösterdiğinden gerilim, akımın her sıfırdan geçişinde maksimum değerindedir. Şimdi kısa devre anından itibaren röle ve kesici atalet zamanından sonra kesici kontakları açılmaya başlayacaktır. Bu anda kontaklar arasında ark meydana gelecek ve daha kesici açma yapmış, yani kısa devre akımını kesmiş sayılmayacaktır. Çünkü akım ark üzerinden -akmakta devam edecektir.



Şekil 8.

Ark üzerinde olan akım her sıfırdan geçişte ark sönecek^ bilâhare meydana getirdiği iyonize • kanal yardımı ile tekrar oluşacaktır (geri yanmalar). Şekil 8'de görüldüğü gibi bu esnadaki ark gerilimi ( $U_A$ ) çok düşük değerdedir. Kesicinin yapı ve sistemine göre değişen basınçlı 'hava ve başka bir tertiple her sıfırdan geçişte arkın 'iyonize kanalını soğutup iyonları Hiötür hale getirerek ve arkı üfleyip parçalayarak uygun bir" sıfırdan geçişten sonra bir daha arkın' teşekkülüne mani olunur. Bu anda oldukça açılmış olan kontaklar arasında önce bir şebeke frekansında aşın gerilim ve buna ilâvelerde sönümlü titreşimli bir transient gerilim teşekkül eder. Bu kompoze gerilimin büyüklüğü şebekenin tasarımı, sekline, endüktivitesine, kapasitesine, boşta çalışmasına ve kesicinin yapısına bağlıdır. Üç fazlı açmada' ilk açan fazda bu gerilim çok daha büyük olacaktır. Kapasitif çalışan bir hattın açılmasında şebeke' frekansındaki aşın gerilim en büyük değerinde olacağı için manevra aşın gerilimi de büyük değerler alacaktır.

Manevra aşın gerilimi için  $k=k_1.k_2$  faktörü tarif edilmiştir; burda 'k' faktörü işletme frekansındaki aşırı gerilimin maksimum işletme gerilimine oranıdır, (örneğin, Keban'da

$$k_1 = \frac{U_{max}}{U_n} = \frac{420 \cdot \sqrt{2}}{420} = \sqrt{2}$$

$k_2$  faktörü ise maksimum transient aşın gerilimin işletme frekansındaki aşın gerilime oranı olarak ( $k_2 =$  ) verilir. Bu k fak-

törünün hiç bir şekilde nominal faz-toprak geriliminin 2,5 katını geçmemesi gerekir.

Manevra aşın gerilimlerini tehlikeli değerlerin altına düşürebilmek için açma ve kapamalarda kontaklar arasına paralel direnç bağlama tertipleri kullanılmaktadır. Yalnız bu direncin değerini çok dikkatli seçmek gerekir; eğer direnç kapama için büyük seçilmiş ise kapama esnasında önce düşük manevra aşın gerilimi doğar, fakat buna karşılık hemen bilâhare direncin köprülenmesi esnasında 'büyük aşın gerilimler meydana gelir. Eğer kapama direnci küçük seçilmiş ise bu takdirde kapama sırasında oldukça büyük aşırı gerilim doğar, fakat direnci kısa devre ederken küçük aşırı gerilim kendini gösterir. O halde hem kapatma ve hem de direnci köprüleme sırasında aynı değerde ve minimum aşın 'gerilim doğacak şekilde optimum bir direnç değeri hesaplamak gerekir. Keban hattı başlangıç kesicileri için bir hesaba ve analizatör etütlerine dayanmadan alınan direnç değerleri kapamada 400 f $\Omega$  ve açmada 4000 f $\Omega$  değerindedir. Yaptığımız hesaplarda en uygun kapama direnci değeri 200 f $\Omega$  çıkmaktadır.

Yüksek gerilim şebekelerinde nakil hatuna ait izolatör sayısı ve izolatör zincirinin uzunluğu manevra aşın gerilimlerine göre seçilir (Bak: O. Z. Demiray; E. M. Dergisi, Nisan 1967). Buna göre 'bir şebekede manevra aşın gerilimlerinin duyarlılıkla etüt ve saptanmasından önce nakil hattı tasarımlanır ve monte edilirse (Keban

projesinde olduğu gibi), ilerde işletmede beklenmedik sürprizlerle karşılaşmamak için dua etmekten başka çare kalmaz. Bununla beraber şebeke modelini titreşim analizörlerine uygulayarak kesicinin önünde ve arkasındaki endüktivite ve kapasitelerin doğuracağı titreşim devereleri etüt edilebilir. Bu etüt sonucu tehlikeli manevra aşın gerilimlerini önlemek amacıyla endüktivite ve kapasite değerlerinde gereken ve mümkün olabilecek değiştirmeler yapılabilir.

### 3. İZOLASYON KOORDİNASYONU

izolasyon koordinasyonunun dış ülkeler yönetmeliklerindeki tarifi, «Elektrik tesislerinde aşırı gerilimlerin doğurduğu delinmelere mani olacak ve atlamaların ekonomik yönden tam önüne geçilemediği takdirde, hiç olmazsa zararların minimum değere indirecek, işletmeyi hiç -eya asgari olarak aksatacak tedbirlerin tümü» şeklindedir. Bilindiği gibi izolasyon koordinasyonu şebekede meydana gelebilecek aşın gerilimlere göre saptanır. Şebekede iki türlü aşırı gerilim meydana gelebilir; birincisi atmosferik aşın gerilimler (harici aşırı gerilimler), ikincisi ise salt manevra ve işletme frekansında aşın gerilimlerdir (dahili aşın gerilimler).. Şebekedeki cihazları atmosferik aşırı gerilimlere karşı tam izole etmek, yani materyalin izolasyonunu buna göre saptamak ekonomik olmayacağından, eskiden bir korunma düzeyi seçiliyordu. Şebekeye gelen atmosferik aşın gerilimler bu düzeye erişince, bu seviyede çalışacak şekilde seçilen parafudur -ve ark 'boy-nuzlan aşın gerilimi toprağa iletiyorlardı. Cihazların izolasyonu emniyet amacıyla korunma düzeyinden % 20 veya % 30 yukarda darbe dayanım düzeyi (izolasyon düzeyi) BİL dediğimiz bir düzeye göre saptanıyordu. Ayrıca maksimum dahili aşın gerilim değeri, parafudurların çalışma düzeyinin (korunma düzeyi) % 15 - % 20 altında olacak şekilde şak cihazları seçiliyor, şebeke projelendirilip işletiliyordu. Zira o zamanki parafudurlar şebeke frekansında veya onun bir miktar üstündeki frekanslarda aşın gerilimleri toprağa iletmek zorunda kaldıkları takdirde sönme akımını (müteakip akım) ikesemediklerinden mekanik zorlanmaya maruz kalarak tahrip oluyorlardı.

İtste ülkemizdeki 154 kV ve 380 -kV şebekelerde izolasyon düzeyleri (BİL) o zamanki koşullara göre seçilmiştir ve hala aynı şekilde seçilmektedir. Halbuki 1962'de parafudurlardaki gelişmeler sonucu dahili aşın gerilimlerde de emniyetle çalışmaları sağlamış ve böylece bu gerilimlerin de parafudurlarla sınırlanması sağ-

lanmıştır. Bunun sonucunda, daha düşük bir korunma düzeyi ve darbe dayanım (BİL) düzeyi seçerek cihaz izolasyonunda çok büyük tasarruflara gidilmesi mümkün olmuştur.

Dış ülkelerde onbeş yıl önce iki kademe düşürülmüş izolasyon düzeyi uygulamasına başlanmış ve özellikle yüksek gerilimlerde normal izolasyon düzeyinden, gereksiz masraf fikri ile tamamen kaçınılmıştır. Ülkemizde 154 kV şebekeler için 750 kV BİL düzeyi yerine, bir kademe düşürülmüş 650 kV BİL ve 380 kV şebeke için 1425 kV BİL yerine 1050 kV BİL değerlerini 1964 senesinde önermişim. Konuya daha ayrıntılı girmeden önce 380 kV şebekede önerdiğim izolasyon düzeyi kabul edilse idi (o sırada Amerika ve Avrupa ülkeleri çoktan bu düzeye inmişlerdi), sadece trafolarla maliyette % 19, trafo (kayıplarında % 10, trafo empedanslarında % 14,8 ve trafo ağırlıklarında % 20 düşme olacaktı (Bak: Ramazan Doğramacı; E. M. Dergisi, Nisan 1966). Sadece trafo maliyetindeki tasarruf, Türkiye 380 kV şebekesi için yaklaşık 40 milyon TL. civarında olacaktı. Bunlara ilâveten parafudur, ölçü trafoları, reaktör ve kesici maliyetleri, taşıma masrafları düşecek; en önemlisi çelik konstrüksiyon, plan ve temel boyutları ve izalatör sayılan düşülecekti.

Bu ikonu hemen ve önemle ele alınırsa 380 kV ve 154 kV şebekelerimize her yıl ilâvesi planlanan ve yapılan kısımlar için gereksiz masraflar önlenmiş olur. Mevcut 380 >kV şebeke için seçilen parafudurların karakteristikleri incelenirse, ilâve şebeke kısmı için (Karakaya, Elbistan, Seydişehir, İzmir, Seyitömer) düşürülmüş (hatta iki tam kademe = 950 kV) izolasyona gidilmesi halinde bir problem çıkmayacağı görülürse, küçümsenmeyecek yüz milyon mertebelerinde bir tasarruf sağlanmış olur.

Bii bölümün yüksek gerilim tekniğinde özel bir önemi olduğu yukarıdaki açıklamada görülmektedir. Bu nedenle konuyu önceki bölümlerin aksine daha ayrıntılı şekilde vermeğe çalışacağız.

Harici gerilimlerde 'koordinasyon :

Cihazların darbe dayanım düzeyi ile parafudurun garanti ettiği korunma arasındaki bağımtı :

$$U_t = 'C_e \cdot U_B \cdot C, \quad (20)$$

Bu formülde ve bundan sonra kullanılacak değerler :

$U_m$  = Maksimum işletme gerilimi (kV, efektif değer)



$U_a$  = Parafudur nominal gerilimi (kV, 'efektif değer)

$N_D$  = Korunma düzeyi (kV, maksimum değer)

$N_c$  = Darbe dayanım düzeyi BİL (kV, maksimum değer)

düzeyi  $N U_c = \frac{N_c}{N_D}$  : İrca edilmiş dayanım

düzeyi  $N U_n = \frac{N_c}{N_D} - 2$  : İrca edilmiş korunma

Korunma oranı  $\frac{N_c}{N_D} = \frac{C_c}{N_D}$  :

$U^{\wedge} = S -$  : Toprak katsayısı

Formülde  $C_c$  toprak katsayısı şebekenin yapısına bağlı olup, parafudur nominal geriliminin saptanmasını sağlar. Bir fazın toprakla temasında diğer fazlarda toprağa göre teşekkül edecek en büyük gerilimin işletme gerilimine oranı toprak katsayısını verir  $J-2- = \frac{U^{\wedge}}{N_D} = C_c \cdot j$ .

Toprak katsayısı nötrü direkt topraklı şebekelerde topraklama sisteminin mükemmelliğine göre 0,7 - 0,9 arasındadır. Orhan Zeki Demiray 1964'de 154 kV şebekeler üzerinde yaptığı araştırmada bu değeri 0,83 olarak saptamıştır. Keban 380 kV şebeke için bu değer 0,8'dir. Nötrü izole veya kompanse edilmiş şebekelerde toprak katsayısı 1 değerindedir, ilerde görüleceği üzere parafudurun nominal geriliminin seçimi onun söndürme yeteneğine, yani söndürme gerilimine bağlıdır. Söndürme gerilimi yani parafudur nominal gerilimi, bir fazda toprağa göre meydana gelebilecek en büyük gerilime eşit olduğu takdirde, parafudur faaliyete geçip darbeyi toprağa ilettikten sonra şebekeden gelen >sönme (müteakip) aküm emniyetle ilk yan periyotta söndürebilir. Buna göre, örneğin 154 kV şebeke için parafudur nominal gerilimi  $U_a = 0,83 \cdot U_m = 0,83 \cdot 1,15 \cdot 154 = 146$  kV (norm olarak 144 kV) olacaktır ve nötrü izole şebekede  $U_a = 1 \cdot U_m$  ise de, uygulamada genellikle şebeke nominal gerilimine eşit değer alınır. Nötrü izole şebekelerde trafoların nötr noktalarına da parafudur koymak gerekir. Aynı şekilde nötrü direkt top-

raklı şebekelerde kısa devre akımını küçültmek amacıyla bütün trafoların nötr noktaları topraklanmayabilir, bu trafolar genellikle düşük izolasyonlu seçilirler ve ayrıca trafoların nötr noktaları sargı 'girişlerine oranla daha zayıf izole edilirler. Bu nedenle bu trafoların da nötr noktalarına parafudur koyulmalıdır. Yürüyen dalgalar teorisine girilirse görülür ki, hattın sonundaki bir trafonun izole nötr noktasında dalga sekiz katına çıkabilir kablo+hat+trafb). Nötr noktasına (konacak parafudurların nominal gerilimi  $U_a = 0,6 \cdot U_m$  değerinde olmalıdır.

Parafudurun nominal gerilimi seçildikten sonra korunma düzeyi olarak :

$$N_R = 2,5 \cdot U_a$$

alınmaktadır. Burada irca edilmiş korunma düzeyi  $U_p = 2,5$  değeri eskiden Avrupa yönetmeliklerinde 3,6 olarak veriliyordu.

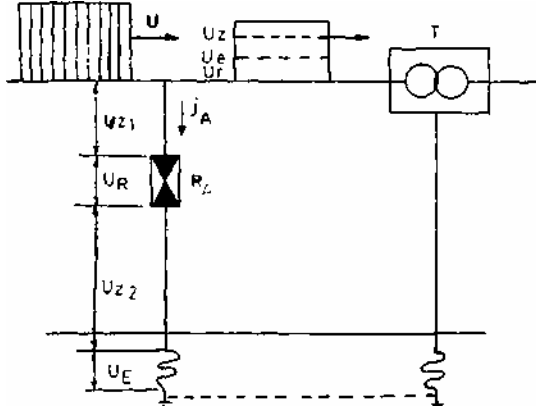
Materiyalin darbe dayanım düzeyi ( $N_c$ ) emniyet gözeterek korunma düzeyinden ( $N_D$ ) bir miktar yüksek tutulur. IEC yönetmeliği korunma oranı  $\frac{N_c}{N_D} = \frac{C_c}{N_D} = J -$  için 1,2 değerini vermekte ise  $\frac{N_c}{N_D} = \frac{C_c}{N_D} = J -$

de, özellikle düşürülmüş izolasyon (koordinasyonlarında bunu 1,3 almak daha emniyetli ve uygundur. Zira bazı halterde parafudurdan toprağa iletilen dalgaya rağmen artık gerilim değerinde bir dalga yoluna devam eder ve parafudur ile obje arasındaki mesafe uzun olduğu takdirde korunma düzeyinin üstüne çıkar. Hatta  $C_c$  değeri küçükse, onun da üstüne çıkararak objede atlama yaptığı çok görülmüştür. Bu yoluna devam eden gerilim Bergeron formülü ile hesaplanabilir.

$$150 \left[ \frac{>kV}{\mu s} \right] \quad (21)$$

Burada,  $S = \frac{du}{dt}$  dalganın alın dikliği nötr iletkenli havai hatlarda 500 kV/μs, nötr ilötken-sizlerde ise 1000 kV/μs değerindedir; a değeri parafudur ile korunan obje arasındaki mesafedir (m).

Eğer parafudur topraklaması ile korunan objenin topraklaması ayrı ise yoluna devam eden artık gerilime, parafudur toprak yayılma direncindeki ( $U_E$ ) ve parafudur bağlantı, iletkenlerindeki indüktif gerilim düşümleri ( $U_{z1}$ ,  $U^{\wedge}$ ) ilâve olur.



### Seldi 9.

U = Gelen dalga

u

z1 >

$U_{Z2}$  = Bağlantı iletkenlerindeki gerilim  $U_R$   
 = Parafudurlardaki gerilim  $U_E$  = Toprak  
 dirençindeki gerilim  $R_e$  = Toprak  
 direnci  $R_A$  = Parafudur direnci

Buna göre objeyi zorlayan dalga :

$$U = U_{Z1} U_T = U_R$$

$$= I_R (R_A + R_e) + \frac{L}{J} \frac{dI}{dt}$$

Burada L parafudur bağlantı iletkenlerinin, in-  
 duktivitesi, - akım yükselme hızıdır. Gö-  
 rülüyor ki eğer toprak direnci büyük, irtibat  
 hatları uzun ve parafudur koruduğu objeden  
 uzak ise, bu objenin korunması artık söz ko-  
 nusu olamaz. Parafudurun maksimum koruma  
 alanı için :

$$N_1 \sim N_2 P \quad v \quad [m] \quad (22)$$

burada v = 300 m/p, s dalga yayılma hızıdır.  
 Buna göre 150 kV zayıflatılmış izoleli şebeke-  
 de :

$$550-432 \quad 2500 \quad 33 \text{ m.}$$

Bu mesafeye rağmen yukarıda belirtilen durumdan dolayı parafudur, koruduğu objeye mümkün olduğu kadar yakın yerleştirilmelidir, işte bu nedenlerden ötürü  $C_t$  korunma oranını 13 almak uygundur.

268

Toprak katsayısı  $C_e$ , parafudur nominal gerilimi  $U_a$ , irca edilmiş izolasyon düzeyi  $U_0$  ve izolasyon ikademelenmesi C, seçildikten sonra formül 20'ye göre irca edilmiş darbe dayanım düzeyi saptanabilir, irca edilmiş darbe dayanım düzeyi eskiden 4,5 dolayındaydı. Halbuki modern parafudurlar sayesinde bu değer 1962 den itibaren 2,7 değerine düştü. Örneğin Amerika'da aynı yıllarda 245 kV şebekede 105 kV darbe dayanım düzeyinden, bunun altındaki 900 ve 850 kV kademelerini atlayarak 750 kV düzeyine ve hattâ şebekede bazı trafolar için 650 kV düzeyine inilmiştir. Hal böyle iken, aynı ülkeye ait bir müşavir firma ülkemiz 380 kV şebekesi için niçin en üst kademe 1425 kV (hatta bazı cihazlar kesici, ayırıcı v.s. için 1550 kV) önermiş ve biz niçin kabul etmişiz?

Keban projesi için Dell firmasının verdiği parafudur karakteristikleri :

$$U_a = 360 \text{ kV}, \quad N = 840 \text{ kV.}$$

O halde  $U = \dots = 2^4$  olduğuna göre

$$\frac{840}{360}$$

irca edilmiş darbe dayanım düzeyi  $U_t = C_e \cdot U_D \cdot C_s = 0,8 \cdot 2,34 \cdot U = 2,43$ , buradan darbe dayanım düzeyi  $N_t = U_m \cdot u$ , = 420 . 2,43 s 1050 kV. olabilir. Tabiidir ki parafudur karakteristikleri daha uygun seçilerek bu değer 950 kV'a indirilebilirdi. Daha önce de belirtildiği gibi, şebekenin genişletilmesinde bu husus dikkatle ele alınmalıdır.

Dahili aşın gerilimlerde koordinasyon : Bas-  
 ta belirtildiği gibi şebekeye reaktörler ilâ-  
 ve etmek, uygun kesiciler seçmek ve dahili aşırı  
 gerilimlerde de rahatlıkla çalışabilen parafu-  
 durlar seçmek suretiyle bu gerilimlere hakim  
 ojlunabilir. Avrupa Btandardları şebeke için  
 kabul edilebilir manevra aşın geriliminin, dar-  
 be dayanım düzeyininin 0,72 değerinde olmasını  
 öngörmektedir. Buna göre yukarıda hesapladığımız darbe  $u_t = 2,43$  için  
 dayanım düzeyi  $u = 1,76$  olacaktır.

( $U_s$  = maksimum işletme gerilimi,  $U_m$  irca edilmiş manevra aşın gerilimi).

Buradan maksimum manevra aşın gerilimi (transient)  $U_{smax} = 1,76 U_m = 740 \text{ kV.}$  değeri-

$$nm \text{ ve } k = \frac{u_t \cdot \sqrt{T}}{U_m \cdot \sqrt{2}} \cdot \frac{u}{U_t} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2,16 \sqrt{2}} \cdot \frac{740}{U_{TM}} \cdot \frac{1}{\ll 0}$$

değerinin üstüne çıkmaması gerekir.

Parafudurun manevra aşın gerilimi için çalışma gerilimi en fazla kabul edilebilir manevra aşın gerilim değerine eşit olmalıdır.

#### 4. SONUÇ

Yazının ikinci bölümü de yayınlanınca Keban 380 kV sisteminin dünyanın en zayıf projesi olduğu iyice anlaşılacaktır. Uzun bir hat üzerinden şebekeyi besleyen relatif büyük bir santral sisteminde, şebeke santrala göre sonsuz büyük şebeke ( $U = \text{sabit}$ ,  $n = \text{sabit}$ ) durumu arz etmiyorsa sistem çok zayıf bir stabilite durumu gösterir. Bu demektir  $M$ , Keban her devreden çıkışta kuzeybatı ve batı şebekeleri üzerinden 500 MW kalkacağından, bu şebekelerin oturacağı kaçınılmaz olacak, yüzlerce fabrika ve bütün batı şehirleri enerjisiz -kalkacaktır. Tekrar sistemi kaldırmak için önce batı şebekeleri 500 MVV'lık yük atarak kendilerini kaldıran bilâhare Aafcaıla-Keban hattının enerjiledikten sonra (Bak: Commonwealth raporu) Keban devreye sokulacaktır. (Keban boş hatta kapanamıyor). Bu duruma göre şimdi bazı santralların devreden çıkması (Sanyar, Hirfanlı v.s.) ile sarsılmayan sistem, Kebanın her devreden çıkışı ile uzun bir süre devre harici olacaktır. Eğer batı şebekelerinin kısa devre gücü ('kurulu güç) Kebanın 12-15 katı olsa idi, bu durum varit olmayacaktı. Bu durumu önlemek için ilk akla gelen çareler, sisteme bağlanacak Karakaya ve Elbistan santrallarını en kısa zamanda bitirmek ve Keban bağlantısında anzalan minimuma indirecek tedbirleri almak olacaktır. Bu tedbirler için bir yüksek gerilim araştırma enstitüsünün veya hiç olmazsa şimdilik teknik üniversitelerden, hariçten ve ilgili teşekküllerden sağlanacak elemanlardan müteşekkil bir «yüksek gerilim komisyonu» kurulması kaçınılmazdır. Almanya'da devletin ve büyük firmalarda uzmanlarından müteşekkil iki enstitü 1949'da kurulmuş olup (400 kV şebeke 1956'da kurulmaya başlandı), hala da çalışma ve araştırmalarına devam etmektedir, (bunlar 400 kV-FG ve DVG dir.). Daha 1950 senelerinde Amerika'da Tidd, Fransa'da Chevilly ve İngiltere'de Leatherhead araştırma enstitüleri kurulmuştu. Elk. Müh. Odası 1965 yılında bu ihtiyacımızı görerek çözülmesi gereken problemleri bir rapor halinde TÜBiTAK'a iletti. Aşağıda metni verilen ve o zamanki görüşlerimize göre hazırlanan bu rapor dahi ciddiye alınıp bir araştırma gurubu kurulsa idi, şimdi Keban sistemi çok daha sağlam temellere oturmuş olurdu.

#### EK: BİLİMSEL BİR KOMİSYON TARAFINDAN ACİLEN NETİCELENDİRİLMESİ İCAB EDEN ELEKTRİK! PROBLEMLERİMİZ\*

1. Kuzeybatı + Batı Şebekesinde, yük-frekans ayan. Bu problemin halledilmemiş olması, her yük darbesinde frekans ve gerilim sınımları doğurarak ya tamamen şebeke oturmasına veya kısmi yük atmalara sebep olmaktadır. Sık sık müşterilerin ve santralların devreden çıkmasına sebebiyet vererek her sene milyonlarca zarara mucib olan bu problemin hemen halledilmesi gerekmektedir. Bu problemin halledilebilmesi için :

a) Yük-frekans probleminin teorik etüdü yapılarak tespit edilecek regülatörler sisteminin Kuzeybatı -f Batı Şebekesine tatbiki,

b) Keban gurubunun Kuzeybatı Şebekesine bağlanması halinde aynı problemin tatbiki,

2. Termik santrallerde ısı bilançosu ve metodları,

3. Kuzeybatı + Batı — Keban sisteminde optimum yük dağılışı. Bu oldukça komplike olan teorik problemi üç etapda etüt etmek gerekmektedir.

a) Hat kayıplarını nazarı-itibara almadan optimum yük dağılışı,

b) Hat kayıplarını nazarı-itibara alarak optimum yük dağılışı,

c) Yük-frekans sistemi ile kombine optimum yük dağılışı (Bu vasıta ile büyük yük darbelerini dahi optimum olarak santrallara dağıtmak kabil olacaktır).

4. Elektrik şebekelerimizde izolasyon koordinasyonunun tayini. Bu mevzuunun şimdiye kadar halledilmemiş olması, elektrik cihazlarının (trafo, parafudur v.s. gibi) izolasyon değerlerinin seçiminde büyük yanlışlıklar doğurmakta, büyük miktarda paraların her sene boşuna harcanmasına sebep olmaktadır ve aynı zamanda şebeke arızalarına da sebebiyet vermektedir.

5. Kuzeybatı + Batı şebekelerindeki reaktif yük dağılımasının etüdü ve nerelere, ne takatta faz kompensatörlerinin konulmasının tespiti. Bu problemin hal edilmemesi yüzünden

\* TÜBiTAK'a 31.5.1965 tarihinde hazırlanarak iletilmiş olan rapor.

stasyonel durumda dahi gerilim, dengesizlikleri birçok arızalar (parafudur patlamaları, tra-io arızaları v.s. gibi) meydana getirmektedir. Şebekenin bazı yerlerinde gerilim 170 kV ( $U_n = 154$  kV) üstünde, bazı yerlerinde ise 145 kV civarında çalışılmaktadır. Arıza anlarında bu gerilim dağılımı daha da kötü durumda olup şebeke oturmalarına sebebiyet vermektedir.

ikinci kademe olarak Keban sisteminin de, mezkûr sebekelelerle paralel çalışması halinde aynı problemin etüdü gerekmektedir.

#### 6 Keban (380 kV sistemin etüdü) :

##### I Havai hat :

a) Demet iletkenin etüdü,

b) Ank. Gökçekaya ve istanbul'daki salt tesisleri,

c) Kompanzasyon bobininin etüdü, bobinin hattın başına veya sonuna veya her iki ucuna konması hallerinin 'etüdü : Kompanzasyon bobininin yalnız hattın kapasitif takatim kompanze etmek için değil, yük atma esnasında aynı anda toprak kaçağı teşekkülü halinde aşırı gerilim yükselmesini de kompanse edecek şekil de seçilmesinin etüdü.

##### II. Kesiciler :

a) 380 kV'luk hatta meydana gelecek işletme frekansında maksimum gerilimde gen yanmanın etüdü,

b) Kontaklarda geri dönen gerilimin etüdü,

c) Toprak kaçağında dinamik stabiliteyi temin için açma ve fasıla zamanlı bir kutuplu tekrar kapamanın etüdü,

d) Ank. Gökçekaya ve ist.'daki salt tesislerinde trafoların başta açılmaları (küçük ândüktif akımlarda) halinde şalter zorlanmalarının etüdü.

##### III. Trafolar :

a) izolasyon koordinasyonu etüdü şebeke notur noktası direkt topraklı olduğuna göre ve modern magnetik söndürücü parafudurlar da nazarı itibara alınarak minimum bir izolasyon seviyesinin tespiti yüzlerce milyon tasarruf sağlayacaktır.

b) Uygun çevirme oranının etüdü.

#### IV. Generatörler :

a) Generator sabitelerinin etüdü,

b) Amortisman katsayısı ( $C_D$ ) tayini etüdü,

c) Dinamik ve statik stabilite,

d) Doymayı da nazarı itibara alarak yük sınırı eğrisinin tespitinin etüdü,

e) Nominal yükte ikazın tespitinin etüdü,

f) En uygun gerilim regülatörü tipinin seçilmesi etüdü :

1. ikaz hızının etüdü,

2. Regülatör sabiteleri vasıtası ile statik stabilitenin büyütülmesi etüdü,

3. Negatif ikaz darbesinin tespiti etüdü,

4. Kutup tekerleği açısı reglajı ile kombine halin etüdü,

5. Farklı çalışma noktalarında (farklı yük değerlerinde, farklı  $\cos \phi$ 'lerde) PID regülatörün sabitelerinin optime edilmesi etüdü.

g) 380 kV'luk hattın doğuracağı zati rezonans sınırlarının tesbiti etüdü,

h) Yük atma neticesi frekansın yükselmesi sebebi ile reaktansların değişme etüdü,

##### V. Türbin :

a) Hız regülatörü etüdü,

1. Devir sayısa devresinin, cebri borunun, devir sayısı/yük değişmesi oranının, ayar büyüklüğü/yük değişmesi oranının, su basıncı/yük değişmesi oranının ve kapalı ayar devresinin frekans transfer fonksiyonlarının teşkili etüdü,

2. Yukarıda fonksiyonların yardımı ile regülatörün optime edilmesi, stabilite sınırının tayini (burada bütün halleri, kısmı yük halini, Türbin randımanının tesiri v.s. nazarı itibara alınarak etüdü.).

3 Regülatörün karakteristikleri meyanında  $T_a$  yol alma zaman sabitesi ( $GD^2$ ), hidrolik zaman sabitesi  $T_n$  ve cebri boru değerlerinin taydini etüdü.

##### VI. Korunma ve dahili ihtiyaç :

a) Korunma sisteminin etüdü,

b) Dahili ihtiyaç sisteminin etüdü.

Nihat Taylan  
Etibank, SantraJlar Şb.  
Etüd ve Proje Basrnüh.  
(imza)

Maalesef TÜBİTAK aracılığı ile İTÜ bu rapora, muhtevası Etibank'ın iç problemleridir, bizi ilgilendirmez şeklinde bir cevap vererek enerji davamızda sorumsuzluğun tipik örneğini vermiştir. Etibank o zamanlar bu problemleri çözebilecek durumda olsa idi zaten TÜBİTAK'a müracaat edilmezdi.

K'jban projesinde arıza ve devreden çıkmaları minimuma indirme amacıyla baştan beri belirtilen hususlara ilâveten :

1. Keban-Ankara hattı kesildiği an devreden çıkacak santral tekrar kaldırmak için santrale emerjensi dieseli koması gerekir (her santalımızda vardır) Bu gibi hallerde kendisi ile paralel çalışan Hazer (31 MW) santralından yararlanma düşünülere^ bu dieseiden vaz geçilmiş. Halbuki Keban devreden çıkınca onunla paralel çalışan Hazer'in de devreden çıkacağı gayet normaldir; ve tekrar girmesi için Kebanla müşterek beslediği (150+31 MW) doğu şebekesinde yük atıp, kendi kalkınıp sonra Kebanı kaldırması gerekecektir. Bunun ne kadar uzun bir zaman alacağı düşünülürse, dieselden vaz geçme 'kararının ne büyük 'bir hata olduğu görülür.

2. Bundan sonra kurulacak 5. ve 6. 'gurupların aynı zamanda senkron kompensatör olarak çalışabilme niteliğinde olması etüdü gerekmektedir. Bu olmadığı takdirde reaktör bobini veya kondansatörlerin patlamaları halinde harıçten bir yenisi sipariş 'edilip gelinceye kadar aylarca enerji kesilecektir. (Örneğin Kaliforniya civarında bir yaz devresinde 3 kez bobin patlamıştır).

3. Keban-Ankara hatlarından birinin devreden çıkması halinde, diğer hattın beslenmenin devamını sağlamak ve dolayısıyla batı şebekelerinin toptan oturmasını önlemek amacıyla, otomatik olarak batı şebekelerinden kısmi yükler atacak yük atma cihazlarının Keban sistemine ilâvesi gerekir.

4. İkinci zati ikaz sınırına (enine rezonans) hiç bir zaman erisilmemesi gerektiğinden kritik hallerde Keban-Ankara hattının başında ve sonundaki -kesicileri aynı anda açacak bir otomatik kumanda sistemi ilâvesi gerekir.

5. Sistem stabilitesini kuvvetlendirebifanek için Keban kurulu gücünün en az % 30 kadar yük çekecek sanayinin Keban civarında hemen kurulması gerekmektedir .

6 Sistemdeki tekrar kapama mekanizmalarının ve zamanlarının çok dikkatli etüdü gerekmektedir. Sistemin bazı noktalarına tekrar kapama mekanizması koymamak daha iyi netice veriyor.

7 Keban'da, Ankara'da, Gökçekaya'da ve istanbul'da 380 kV trafolardan bazılarının nötr noktalarının topraklanması' hahnin ve bu durumun kısa devre akımlarına etkisinin etüdü gerekir. Ankara-Gökçekaya veya Ankara-Istanbul hatlarında Ankara'ya yakın yerlerde meydana gelecek kısa devrelerde Ankara haralarının da gerilim, stabilite kalkacak derecede düşmekte ve Keban devreden çıkmaktadır (Bak: CESI raporu). Aynı durum Ümraniye baraları için de varittir. Bu haralarda bir kısım trafoların rotörleifi topraklanmayarak 'kfsa devre akımı düşürülebilir ve stabilite sağlanabilir.

8. Kayseri'de seri kondansatörleri civarında meydana gelecek kısa devrelerde, kondansatörlerin patlamasını önleyici tedbirler gerekir. Kondansatörlerdeki eklatörlerde, atlama geriliminin ve çalışma zamanının saptanması; kısa devre çeşit ve yerlerine göre stabilite bakımından en uygun köprüleme zamanı ve titreşim etüdü gerekir.

9. Hesaplar, hatlar için halen uygulanan ikili demet iletken yerine üçlü demet iletkenin daha uygun olduğunu göstermektedir; bundan böyle şebekenin genişletilecek kısımları için üçlü demet iletken etüdü gerekmektedir.

10. Hatların ve salt cihazlarının korona ve rahatsız edici etkilllerinin (radio enterferans) etüdü; hatların civarından geçtiği köy, kasaba ve şehirlerdeki radyo, telsiz ve televizyonlara zararlarının minimuma indirilme etüdü gerekmektedir.

Görülüyor ki yukarıda önerilen (komisyonun en kısa zamanda teşkili, 'enerji sorunu ve ülke ekonomisi yönünden gereklidir. Aksi halde 380 kV sistem devreye girince ülkemizin çok ağır bir şekilde bunun acısını çekeceğinden kuşku duyulmamalıdır.