

# Pantograf Tipi Seksiyonerlere Tesir Eden Çekme Kuvvetleri

Yazan:  
K. KÖTTL

Çeviren:  
Necdet ÖZGEN  
Y. Müh.  
Etibank

Elektrik santralleri güçlerinin devamlı bir şekilde artması ve elektrik şebekelerinin enterkonekte şebeke sistemine doğru hızlı bir gelişme göstermesi sebebiyle mevzubahis şebekelerde hasil olacak kısa devre akımları da tabii olarak artmaktadır. Bu akımların tevlit ettiği elektrodinamik kuvvetler akım şiddetinin karesi kadar arttığından tesisatın muhtelif yerlerinde mekanik zorlama kuvvetlerinin büyük bir hassasiyetle etüd edilmesi gerekmektedir.

Kuplaj edilmiş elektrik şebekelerinin iyi bir şekilde çalışmasında seksiyonerlerin tesiri tasavvur edilemeyecek kadar önemli olduğundan yüksek gerilim tesislerinde husule gelen zıt kuvvetlerin hususi olarak etüd edilmesi faydalıdır. Yukarıda zikredilen kuvvetlerin tetkiki için en uygun yer demet iletkenin pantograf (kısaç) tipi seksiyonerlerin izolatörlerine direkt olarak tespit edildiği yerlerdir. Zira bu noktalarda izolatörler iletkenin kendi ağırlığından ve gerilmesinden husule gelen çekme kuvvetlerine maruz kalmaktadır.

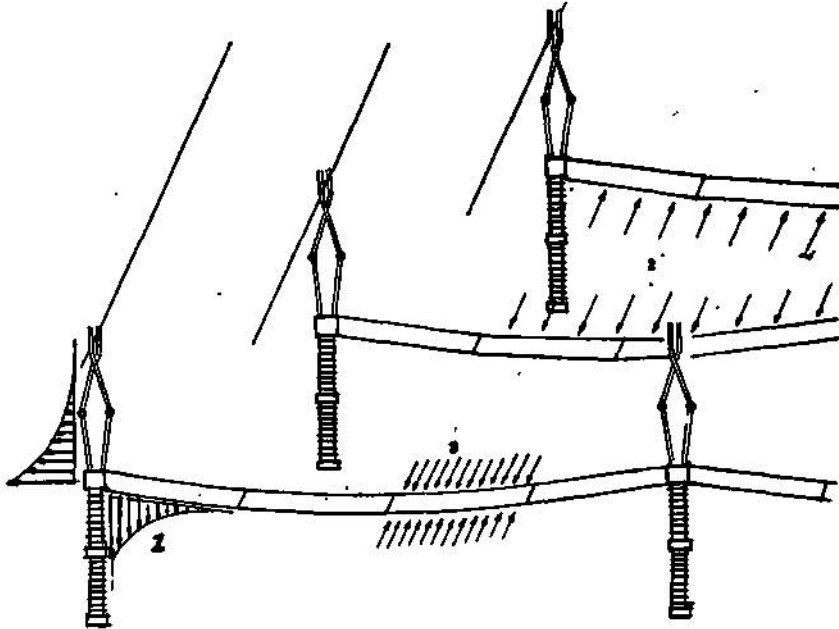
İzolatörler kısa devre müddetince aşağıdaki kuvvetlerin tesirlerine maruz kalırlar: (Şekil 1).

- 1) Akım yolunun teşkil ettiği açığa tabi olan kuvvet,
- 2) Komşu fazların etkisinden husule gelen kuvvet,
- 3) Aynı demetteki iletkenlerin karşılıklı çekme kuvveti.

Biz şimdi (3) kuvvetini inceliyeceğiz :

Misâlimizde sadece iki paralel iletkeni haiz demeti nazarı itibare alacağız. Fakat tatbik edilen metod büyük sayıda paralel iletkenli demetler için carîdir.

İçinden aynı yönde akım geçen münferit iletkenlerin teşkil ettiği demet, daimi mütüel çekme kuvvetine tabidir. Bu çekme kuvveti ve her bir iletkenin iki ayırıcı kuşak (Çelikten çember veya demir) arasında yatay plânda teşkil ettiği eğri, de-



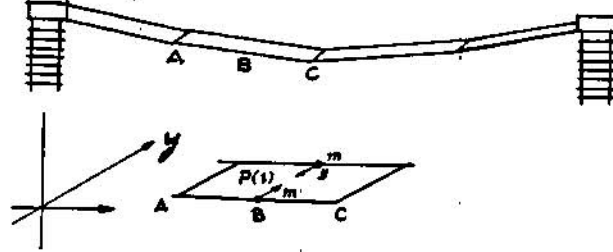
Şekil • 1 — Seksiyoner izolatörlerine tesir eden çekme kuvvetinin teşekkülüne iştirak eden çeşitli elektrodinamik kuvvetler : 1. Akım geçiş yolunan açışından meydana gelen çekme ve eğme kuvveti. 2. Komşu fazlar etkisinden husule gelen kuvvet 3. İki ayırıcı kuşak arastndaki aynı demetin kabloları arasında karşılıkvk çekme kuvveti

met iletkenin boyunu kısalttığından sehim azalmaktadır. Netice itibarıyla; bununla ters orantılı olan mekanik gerilme ve izolator üzerindeki eğilme kuvveti artmaktadır.

Mütuel çekme kuvvetlerinin hesaplanabilmesi için bazı basitleştirmeler yapmak icab eder. Me-

k = bir faktör (Bu faktör bir noktada tatbik edilen kuvvetin bütün iletken boyunca dağılmasını ifade eder).

i (t) = kısa devre anında demeti teşkil eden iletkenlerin herbirinde dolaşan akım.



Şekil: 2 — Bir demetin iki kablosu arasında P (t) elektrodinamik kuvvetinin hesaplanması Üstteki resim : Poligon hata benzetilen demeti göstermektedir Altındaki resimde AC parçasının (m) külesinin ağırlık merkezi (B) noktasında toplandığı düşünülmektedir

selâ : parabolik kablo eğrisi şekil 2 de görüldüğü gibi tepeleri parabol üzerinde bulunan açık çok gene irca edilebilir. Çokgen şeklindeki hattın köşelerine tekabül eden noktalarda demeti teşkil eden iletkenlerin birbirine temasını önlemek için birer ayırıcı kuşak yerleştirilir. İki ayırıcı kuşağın sınırladığı bir iletken parçasını ele alalım. Bu parçanın (m) külesinin B ağırlık merkezinde toplandığını ve bu merkezin hareketi neticesinde A, B ve C noktalarında şiddetli bir eğilme kuvveti husule getirdiğini düşünelim. Eğilme kuvvetinin meydana getireceği deformasyonu ihmâl etmek suretiyle ağırlık merkezinin hareketi için aşağıdaki diferansiyel denklem tatbik edilebilir.

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} - P(t) + R(y) = 0$$

Birinci terim :  $\frac{d^2 y}{dt^2}$  ivmesini temin için (m)

kütlesine tatbiki gereken kuvettir. Burada (y) yatay düzlemdeki deplasman'dır.

İkinci terim : Akımdan dolayı husule gelen P (t) kuvveti olup Biot-Savart teorisine göre aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$P(t) = 2,04 \times 10^{-2} \times i^2(t) \times \frac{l_{tot}}{d} \times \frac{k}{n+1}$$

(i: kA cinsinden)

$l_{tot}$  = iletken boyu (takriben menzile uzunluğuna eşittir)

d = demet iletkenler arasındaki mesafe

n = Ayırıcı kuşak adedi

R (y) zıt kuvvetinin değerlendirilmesi büyük güçlükler arzeder.

R (y) = f (8,y) şeklinde ifade edilebilir

8 = gerilmeden mütevellit zorlama olup sehim ve menzile tabidir, menzile ve sehim de ağırlık merkezinin yatay düzlemde (y) deplasmanının birer fonksiyonudur. Kablonun uzaması da nazarı itibare alınacak olursa aşağıdaki denklemin neticesi S yi verir.

$$\delta^2 + \delta^2 b + C = 0$$

Burada (b) ve (c) deplasman' (y) nin birer fonksiyonudur.

Şekil — 3 (n) nın muhtelif değerleri için  $\delta = f(y)$  eğrilerini göstermektedir.

1 Seksiyoner izolatorlerinin üst kısmındaki kuvvetlerin hesabedilebilmesi için evvelâ kablo gerilmesini bulmak lâzımdır.

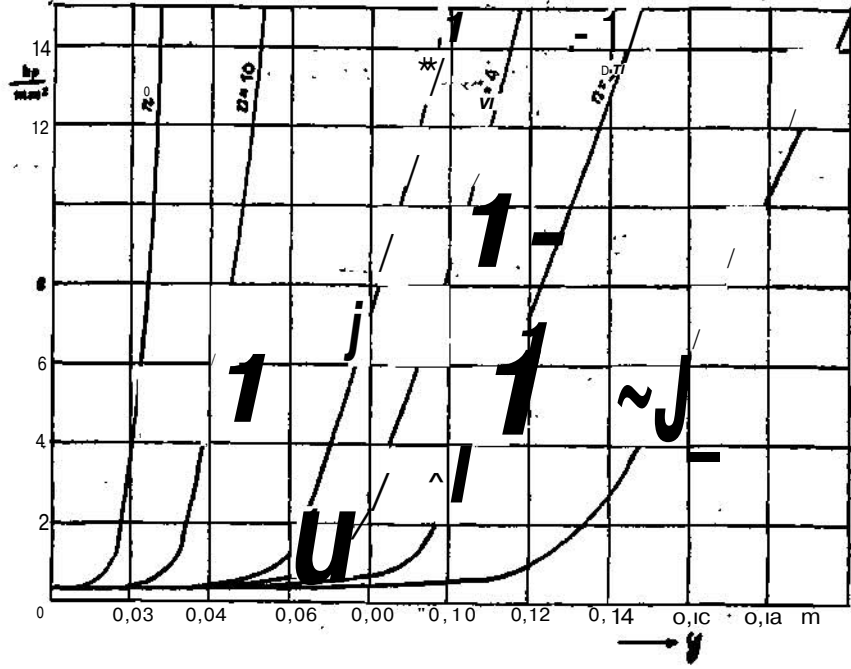
Bu da diferansiyel denklemin çözülmesiyle mümkün olur. R (y) ifadesinin kompleks oluşu analitik yolu ile çözüme imkân vermemektedir.

Başlangıç şartları:

$$t = 0 \text{ için } y = 0, \quad \frac{dy}{dt} = 0$$

Ayrıca seriye açmak ve bazı tatonmanlardan istifade etmek tavsiye edilir.

Değerler belirtilip her terim (m) külesine bölündüğünde akım fonksiyonunun teriminin (n) ayırıcı kuşak sayısına tabi olmadığı görülür. Buna mukabil mevzu bahis terim kablolar arasındaki

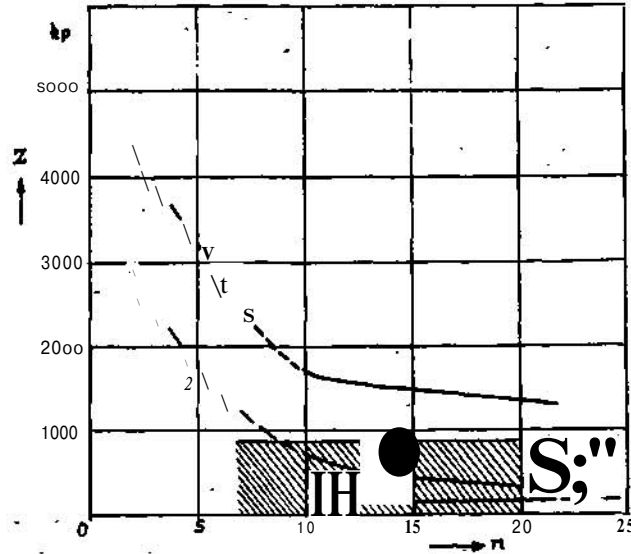


Şekil : 3 — Muhtelif (n) değerleri için, çekme zorlaması  $g$  ( $\text{kg/mm}^2$ ) nm kablo deplasmanı  $v$  (m) göre değişimi.

mesafe ve kablo kesitleri ile ters orantılıdır.  $R(y)/m$  kuvvetine irca edilmiş zıt kuvvet  $(n + 1)^2$  kadar artar. (Burada (n) iki seksiyoner arasındaki ayırıcı kuşak sayısıdır).

Yukarıdaki diferansiyel denklemin genel haldeki çözümünün güç ve uzun oluşu sebebiyle daima özel hallerdeki çözüm cihetine gidilmektedir. Bundan dolayı etüdümüz aşağıdaki cetvelde verilen ka-

rakteristiklere göre yapılmaktadır. Bu karakteristikler şekil - 3 deki eğrileri veren değerlerdir. Başlangıçta kısa devre akımının alternatif bileşeni için  $I_c = 30 \text{ KA}$  alınmakta olup bu akım gayri müsaait hallerdeki asimetrik akıma tekabül etmektedir. Doğru bileşenin amortisman zaman sabitesi  $T = 40 \text{ ms.}$  alınmış olduğuna göre, takriben 200 ms. doğru bileşenin tamamıyla yok olduğu görülür.



Şekil: 4 —  $I_c=30 \text{ kA}$  için seksiyoner izolatörlerine tesir eden kuvvet. 1 No lu eğri,  $Z = f(n)$  2 No lu eğri : Aynı kuvvet fakat burada im) kütlelerinin dikey hareketi nazari itibare alınmıştır. Taranmış bölge ekonomik konstrüksiyonuna tekabül etmektedir. Şekilde görüldüğü fftoi dikey hareketin ihmal edilmemesi icabettmektedir.

Seksiyoner izolatörlerine tesir eden kuvvetlerin maksimum değerleri şekil-4 (1 nolu eğri) de (n) fonksyonu ile gösterilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi (n) nın büyük değerlerine kablonun büyük gerilme değerleri tekabül etmektedir. Netice olarak kablo geriliminde ağırlık merkezinin yalnız yatay olarak değil; aynı zamanda dikey istikamette hareket ettiği anlaşılır.

Halbuki bu son hareket diferansiyel denklemde nazarı itibare alınmamıştı. Evvelce yapılmış olan tatonman (n) nın küçük değerleri için şayanı kabuldür. Zira bu gibi durumlarda yatay hareket dikey hareketten daha önemlidir. Fakat (n) arttığı taktirde yukarıda bahsedilen birinci hareket uzalır ikinci hareket ise artar.

Baralar, seksiyoner - izolatörlerine tesbit edilmiş çelik çekirdekli (240/40) iki adet alüminyum kablodan yapılmıştır.	
Menzil: 15 m.	Kablonun özgül ağırlığı $3.42.10^{-3}$ kp/m. mn <sup>2</sup>
0 C°. de çekme zorlanması 0,32 kp/mn <sup>2</sup>	Kablolar arası: 0,4 m.
0 °C.de sehim: 0,3 m.	Kablonun Young modülü E = 7500 kp/mn <sup>2</sup>

Zorlamanın hakiki değerini bulabilmek için diferansiyel denkleme dikey harekete tekabül eden bir terim ilâve edilmelidir. Fakat bütün ağırlık merkezleri bu hareketi aynı derecede yapmadıklarından (meselâ : ortadaki merkezlerin deplasmanı kenardakilere nazaran daha fazla"dır). Ortalama bir değer kabul etmek icâbeder. Görülüyor ki hesap çok zorlaşmaktadır.

Dikey hareketler nazarı itibare alınarak  $n = 10$  değerleri için hesaplar yapmak suretiyle şekil - 4 deki 2 No. lu eğri elde edilmiştir. Elektrodinamik kuvvetlerin mevcut olmaması ve (n) nın sifra yaklaşması halinde (z) değeri gittikçe büyüyerek asimtotik bir değere erişir ki bu da hesabın doğruluğunu gösterir. Hakikatte (n) sayısının sonsuz olması halinde elektrodinamik kuvvet sıfır olmaktadır. Zira (n), elektrodinamik kuvveti nötralize eder (n) ayırıcı kuşak sayısı azaldıkça dikey ve yatay hareket aynı büyüklükte olacaktır. Şekil - 4 neki 2 No. lu eğriye yaklaşır. Demetin iletken sayısı arttıkça kablo gerilmesi ve dolayısıyla seksiyoner izolatörlerinin kopma azalacaktır. Kısa devre alternatif akımının başlangıç değeri 30 kA iken  $n = 10$  değerinden , itibaren

hasıl olan çekme kuvveti kabul edilecek sınırlarda kalmaktadır. Büyük çekme kuvvetlerinde izolatörler, yüksek bir darbenin tesiri altında kalmaktadır. Netice itibariyle bu kabil tesisler her zaman için büyük bir kısa devre akımına maruzdurlar. Bazı değişikliklerle yukarıda bahsolunan mahzurlar giderilebilir. Meselâ: Barlar yerine demet iletkenler kullanmak ve bunları direkt olarak, seksiyonerlere tesbit etmek. Bu durumda birer metre ara ile ayırıcı kuşak koymak icâbeder. Diğer taraftan kablo arası mesafe arttırıldığı taktirde hasıl olan kuvvetler de azalır. Başka bir hal çaresi de kablo aralarını mümkün mertebe azaltıp ayırıcı kuşağı tamamıyla ortadan kaldırmaktır. Bu halde kabloların birbirine sürtünmesi mevzu bahis olup, izolatör mesnetlerine tesir eden kuvvet, normal haldekinden pek az farklı olacaktır. Demet iletken kullanmak suretiyle bir ıslahat yapılmış olmakla beraber iletkenlerin birbirine yaklaşmasından ötürü alan dağıtımının azalması sebebiyle ıslahatın temin edeceği fayda bariz şekilde azalacaktır. Yukarıda belirtilen çareler az bir masraf ve emekle izolatör mesnetlerinin zorlanmasını mühimlenecek bir şekilde azaltır.