

Hava Hatlarındaki Titreşimlerin Kontroluyla İlgili İleri Yöntemler

Çeviren :
Sevinç Ufur TAHAOĞLU
TEK

ÖZET

Rüzgârın doğurduğu titreşimler üzerinde etkili olan yeni tip tır damper ve öz sönümlemen bir iletken gerilim hattının maliyetini düşürebilir.

SUMMARY

A new type of (damper,) effective at aeolian frequencies, and a self-damping conductor could lead to reduced high-voltage line costs.

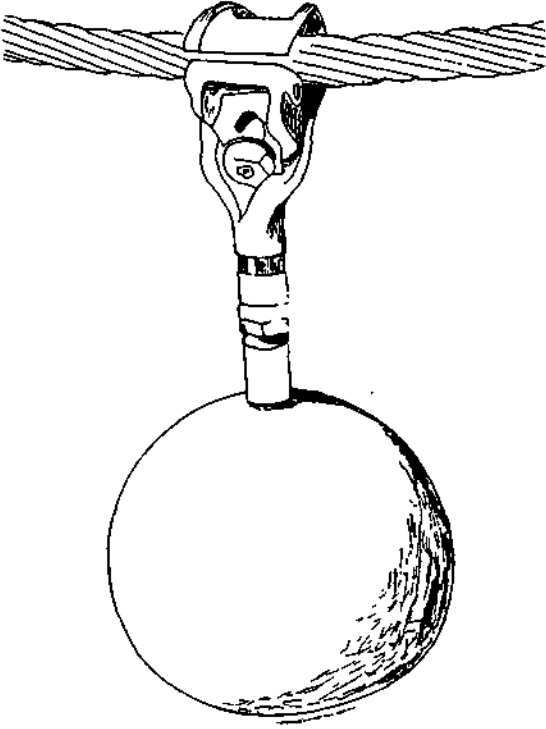
1. GİRİŞ

Hava hatlarının dinamik davranışı son '10 -12 yıl içinde ciddi bir değerlendirmeye tâbi tutulmuş ve bunun sonucu olarak ıda, hava hattı sistemlerinin dinamik kararsızlık problemlerinin daha açıklıkla anlaşılabilmesi mümkün hâle gelmiştir. Bu değerlendirmeler, tamamiyle, dinamik kararsızlığın büyüklüğünü azaltmayı, iletken ve hırdava'nın tasarlanmasını önlemeyi hedef tutan, yeni iletken tiplerinin, titreşim damperlerinin (Şekil 1), büyük genlik ve çok alçak frekanslı osilasyonlara (galloping) karşı koruma aksam ve takımlarının gelişimini de sağlamıştır.

Her ne kadar bu makale esas itibarıyla rüzgâr-

ların doğurduğu titreşimlerle ilgiliyse de, hava hattı mühendislerini birinci derecede ilgilendiren üç tip dinamik kararsızlığı da burda saymak faydalı olacaktır :

1. Rüzgârların doğurduğu titreşimler : Bu genellikle, 1,6 - 32 km/s lik rüzgâr hızlarında doğar ve yaklaşık olarak 3-50 Hz arasında bir frekansa, iletken çapına eşit bir büyüklüğe kadar varan bir genliğe sahiptir. Sürekli rüzgârlar ve çıplak arazi, tellere isabetli ve titreşimin genliğini arttırır. Eğer kontrolsuz bırakılırsa, bir iletkenin askı noktası yakınındaki bir noktada titreşimin sebep olacağı yorulma hasarı birkaç



Şekil 1. ABIVde Burndy Corporation tarafından geliştirilen bir hız orantılı damper. Bu damper bir sivili amortisör ve *bij* helisel yaydan oluşmuştur.

gün içinde, daha genel olarak birkaç yıllık bir zaman içinde, ortaya çıkabilir. Yorulma hasarının arkasından da iletken arızası ve besleme devresinin kesilmesi gelebilir. Rüzgârın doğurduğu titreşimler, tehlikeli olma derecesi ve süresi değişirse de bazen hava hattının (bütünü üzerinde de meydana gelir.

2. Birden fazla iletkeni bulunan bir demette, ara tutucular arasında iletkenlerin osilasyonu : Bu genel olarak, 16-64 km/s'lik 0,5- 5 Hz frekanslar arasında yer alır ve birkaç inçlik genliklere erişebilir. Demetteki iletkenler arası uzaklığın iletken çapma oranının küçük oluşu ve çıplak arazi, rüzgârların iletkenlere daha çok gelmesini ve osilasyonların genliğinin daha fazla büyümesini sağlar. Demetteki iletkenlerde meydana gelen osilasyonlar da, iletkenlerde ve ara tutucularda, kendilerinin arızalanmasına ve bunun sonucu olarak da enerjinin kesilmesine kadar varan yorulma hasarlarını doğurabilir.

3. Büyük genlik ve çok alçak frekanslı osilasyonlar (galloping), esas itibariyle, buzla kaplanmış iletkenlerin bir aerodinamik kararsızlığı ise de buzsuz koşullar altında da meydana gelebilir: Enerji iletim hattındaki tipik bir «galloping» 5-10 cm'den yaklaşık maksimum iletken sementi kadar olabilen büyüklükte genliğe ve 0,1 - 1 Hz'lik bir frekans aralığına sahip, genel-

likle 16-64 km/s'lik rüzgâr hızlarında meydana gelen bir olaydır. «Gallop», büyük çaplı iletken ve çoklu demet ile iletkenlerde, küçük çaplı tek iletkenlere nazaran daha sık olarak ve daha büyük genliklerle meydana gelir. Kısa Çevreye, iletkenin yanmasına ve titreşim konsollarının arızalanmasına sebep olan faz iletkenlerinin birbirine çarpması, «galloping» olayının sonucunda meydana gelebilen önemli işletme problemlerinden (bazılarıdır).

Daha sonra gösterileceği gibi, etkili bir titreşim kontrolü, modern hava hattı uygulamasında en başta gelen şeylerden birisidir ve titreşim kontrolü için kabul edilen yöntem, hattın tasarım ve maliyetine etki eder.

Bir hava hattı iletken, direk, izolatörler, klemensler, damperler ve ara tutucular ihtiva eden ve çok sayıda sık aralıklı doğal frekanslara sahip bir dinamik sistemdir. İletken, bir «harekete başlatan itici kuvvet» tarafından titreşmeye başlatılabilir ve bir kere bu titreşim meydana geldikten sonra da, sanki kararlı bir şekilde esen rüzgârdan enerji alıyormuş, ve bir veya daha fazla doğal frekansta titreşim meydana getirmeye devam ediyormuş gibi havadaki girdabın dağıtıcılığını daha da arttıran bir olay ortaya çıkar.

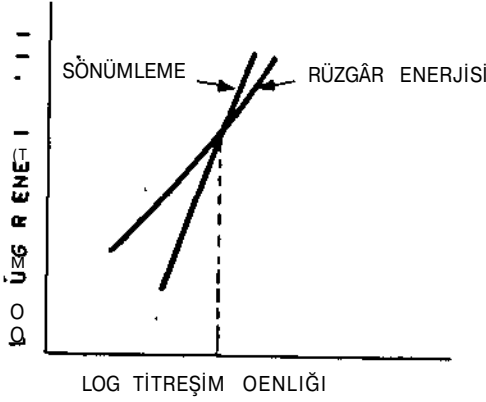
2. ENERJİ MİZANTSLA TİGİLİ DÜŞÜNCELER

İletkenin titreşimi geniş ölçüde, örgüdeki tellerin sürtüşmesi, metal içindeki histerizis ve daha az ölçüde de, havadaki sürtünme kayıpları yüzünden enerji kaybına sebep olur.

Gerilmesi ve frekansı sabit olan özel bir iletken için titreşimin genliği, rüzgârın sebep olduğu enerji girişinin bir fonksiyonudur. Eğer varsa damperler ve iletken tarafından israf edilen enerji ise titreşimin genliğinin bir fonksiyonudur. Onun için, kararlı rüzgâr (gartlan altında bir iletken sistemi titreşmeye başladığı zaman rüzgârdan alınan enerji, iletken ve damperlerde sarfolan enerjiye eşit oluncaya kadar artmaya başlayacaktır. Sonra iletkenler, parametrelerden birinde bir değişiklik meydana gelinceye kadar bu frekans ve genlikte titreşmeye devam edecektir.

Şekil 2, enerji denge koşulunu göstermektedir. Daha öncede belirtildiği gibi, titreşmekte olan iletkende bir titreşim temposuna artış veren çeşitli frekanslar ıbirlikte bulunabilir.

Titreşim iletkenlerde, eklerde ve direklerde yorulma veya aşınma şeklinde hasara sebep olursa da, bu hasarların en yaygın olanı iletkenlerde, çoğunlukla en dıştaki katlarda ve askı veya gergi klemplerinin çok yakınında, genellikle örgüdeki tellerin kopması şeklinde beliren yorulma ha-



Şekil 2. Titreşen bir iletkendeki enerji denge koşulları.

sarının meydana gelmesidir. Rijit tesbit ve ba.sine yüzünden, bir klempin ağız yakınında iletkenin en dıştaki tellerinde meydana gelen, dinamik zorlanmalar, iki direk arasında iletkenin şerbet kısmının herhangi bir noktasındakinden daha tehlikelidir. Arazi tecrübesi ve laboratuvar testler[^] en dış tabaka tellerindeki dinamik zorlanma kritik değerın altında ise yorulma hasarının meydana gelmesi ihtimalinin olmadığını göstermektedir. Alüminyum ve çelik - alüminyum iletkenlerde bu genellikle, milyonda 150'dir. Kritik zorlanmayla ilgili lıbir bilgiye dayanarak her frekans için emniyetli maksimum müsaade edilebilir genliği hesaplamak mümkündür. Frekans-taki artış ile müsaade edilebilir genlik azalır, örnek olmak üzere bir çelik - alüminyum iletken için hesaplanan değerler şöyledir : 1 Hz'de 26,67 mm, 10 Hz'de 2,667 mm ve 100 Hz'de 0,2667 mm [1].

Bir titreşim kontrol sisteminin esas amacı, dinamik zorlanma mülahazalarıyla genliğin müsaade edilen değerde veya bu değerın altında kalmasını sağlamaktır. Uygun ve yeterli bir sönümlenme için kriterler, iletken ve eğer varsa damperler tarafından sarfedilen enerjinin en az rüzgârın verdiği enerjiye eşit olması ve bu şartlar altındaki genliğin bu tip iletken için emniyetli değeri aşmamasıdır. Ayrıca genlik arttıkça, iletken ve damperlerdeki enerji kayıpları giren enerjiden tercihan daha hızlı olarak artmalıdır. İdeal olarak, rüzgârların doğu-duğu titreşimlerin 3-150 Hz olan pratik aralığının tamamı için yukarıdaki koşulların aynı kalması istenir.

Bir hava hattında bütün hız, gerilme ve frekans kombinasyonlarında rüzgârdan alınan enerjinin', emniyetli titreşim genliği aşılmaksızın iletken sarf edilmesine bu bilinen normal çelik - alüminyum iletkenin öz sönümlenme özellikleri yeterli ise, hatda ayrıca bir sönümlenme yapmak gerek-meyecektir.

Ama, eğer iletkenin kendisindeki sönümlenme özelliği yeterli değilse —ki hemen bütün hatlar için durum budur— enerji kaybının artırılması gerekir.

S. ALIŞILAGELMİŞ TİTREŞİM KONTROL YÖNTEMLERİ

Aşağıdaki tedbirler, tek başına veya diğerleriyle birlikte, genellikle titreşim kontrolü veya titreşimler yüzünden iletkenlerde meydana gelen hasarların azaltılması amacıyla kullanılmaktadır :

1. Enerjinin iletkenin askı noktası yakınına tesbit edilen damperler tarafından sarfedilmesi. Kullanılmakta olan birçok damper tipi arasında «stockbridge» damperleri belki de en büyük kütle tarafından tutulmaktadır.

2. Bir iletkenin «everyday»* tasarım gerilmesinin, kopma dayanımının en çok % 20 - 25'i ile sınırlanması. Bu daha düşük g-erilme düzeyleri, iletkenin titreşim eğilimini azaltır, klempteki iletkenin statik zorlanmalarının azalmasına yardım eder ve iletkenin öz sönümlenme özelliğini artırır.

3. Titreşimlerle meydana gelen dinamik zorlanmaları azaltmak için, çubukları aracılığıyla, iletkenlerin klemplerde takviyesi.

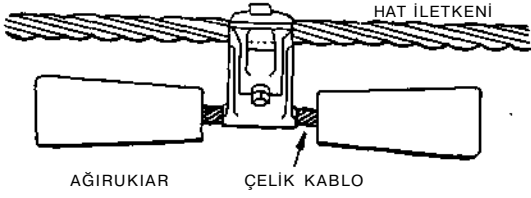
4. Klemplerdeki bağlama zorlanmalarını en aza indirecek veya tümüyle yokedecek özel askı klemplerinin veya aksamın kullanılması.

Bu yöntemler, genliğin ve titreşim süresinin aşın derecede olmadığı jhava hatlarının büyük bir kısmında oldukça makûl bir titreşim kontrolü sağlar.

Birçok memleketlerde hatlar, iletkenlerin sürekli rüzgârlara maruz kaldığı düz ve açık arazilerde inşa edilmek zorundadır. Bu koşullar, süresi uzun olan büyük genlikli titreşimleri artırır. Ayrıca, çok yüksek gerilimli hatlarda, korona ve radyo girişim nedenleriyle büyük çaplı iletkenler kullanmaya karşı olan bugünkü eğilim, rüzgârların sebep olduğu titreşimin meydana gelişini daha muhtemel ve bu titreşimlerin kontrolünü daha güç hale sokar. Hat maliyetinde optimum ekonomikliğe erişebilmek için daha yüksek iletken gerilme seviyeleri ve daha büyük menziller kullanılması istenilirse de, bunların uygulanmaları da titreşimlerin daha çok meydana gelmesi sonucu, nu vermiş olacaktır.

Alışlagelmiş titreşim kontrol yöntemleri genellikle, daha ağır ve uzun süreli titreşimlere karşı yeterli bir koruma sağlayamaz ve geliştirilmiş kontrol yöntemlerinin kullanılması, gittikçe artan bir biçimde gerekli hale gelir.

* Everyday gerilme : Yıl boyunca en sık görülen ısıdaki iletken gerilmesi.



Şekil S. Stoekbrt'de damper.

Bugün elimizde bulunan kontrol yöntemlerinin ayrıntılı olarak sınırlanıp vermek (bu makalenin konusu dışında kalırsa da Şekil 3'deki «stocbridge» damperin özelliklerini incelemek yararlı olacaktır. Bu damper, Şekil 4'de gösterildiği gibi iki belirgin rezonans noktası ihtiva eden ve düz olmayan frekans cevap karakteristiklerine sahip, rezonant bir hat aksamıdır. Damperin titreşim ağırlıkları, çelik kablosunda eğilme ve gerilme meydana getirir ve böylece, esas itibarıyla örgüdeki tellerin kendi aralarındaki sürtünmeyle enerji sarfi meydana gelir.

Çelik kablo bir eğilme zorlanmasına maruz kaldığından, uzun süreli ve büyük genlikli bir titreşim, tıpkı bir hat iletkeninde meydana geldiği biçimde örgüdeki tellerde yorulma arızası doğurabilir. Ayrıca, eğer bir hava hattının iletkeninin doğal frekansı damperin rezonans frekanslarından birisine rastlarsa, ağırlıklar aşırı derecede hareket edebilir ve daha kısa bir zamanda arızalanabilir.

Geliştirilmiş İki yeni yöntem son iki yıl içinde kullanılmaya başlanmış ve bunlar, titreşim kontrolü konusunda atılan en önemli adımlar olmuştur. Birincisi Amerika Birleşik Devletleri'nde Burndy Corporation tarafından geliştirilmiş bulunan «hız orantılı damper» [1] ve ikincisi de Kanada da Alcan ve Ontario Hydro tarafından birlikte geliştirilmiş bulunan «öz sönümlenmeli iletken» [2] dir.

4. HIZ ORANTILI DAMPER

Bir iletkeni etkili bir damper bağlandığı takdirde, titreşimin genliği önemli şekilde azalır ve hızla çok küçük genliklere kadar düştüğü için de iletkenin kendisindeki enerji sarfi, sistemin bu yeni enerji mizanında önemsiz hale gelir. İletkenin öz sönümlenmesini ihmal ederek yaklaşık olarak,

$$W_d \approx a_0 f$$

olduğu gösterilebilir [1]. Burada,

W_d = Rüzgâr nedeniyle iletkendeki «giren enerji».

a_0 = Belirli bir iletken için sabit bir değere sahip olan kritik iletken genliği,

f = Titreşim frekansı.

İletkenin titreşme hızı $2\pi a_0 f$ ye eşittir. a_0 belirli bir iletken ve damper kombinasyonu için sabit

olduğundan W_d iletkenin hızı ile orantılıdır, ideal bir mekanik uygunluğa için damperdeki enerji kaybının da hızla bağlı olması istenir.

Kullanılmakta olan damperlerin çoğu belli rezonans karakteristiklerine sahiptir ve her ne kadar diğer bazı frekanslarda da etkili olabilirse de, çok az bir enerji yuttuklarından fazlaca geriletilici kuvvet sarfederek iletkeni, damper klemptinde ciddi şekilde zorlanmış hale getirebilirler. Bütün bu güçlükler bir «sivili amortisör damper»le bertaraf edilmiştir. Buradaki enerji sarfını veren ifade,

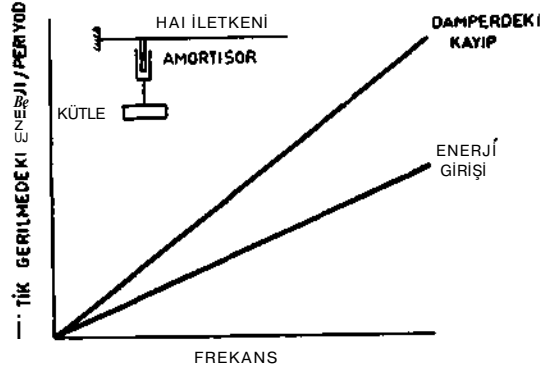
$$W_d = 2\pi a_0 f R$$

dir. Burada,

W_d = Damperde sarfolan enerji,

R = Amortisör sabitidir.

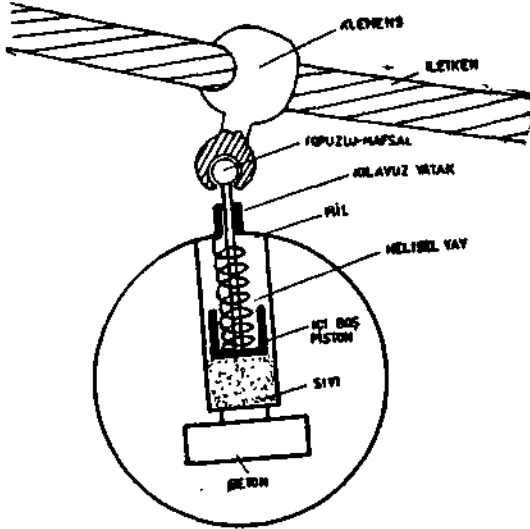
İletkene giren enerji ve damperde sarfolan enerjinin ikisi de frekansa, yani (hıza bağlı olmadığından) akıcı bir enerji transferi sağlanmış olur ve Şekil 4'de gösterildiği gibi rezonant olmayan bir frekans karakteristiği elde edilir.



Bekli 4. İdeal bir hız orantılı damperin frekans karakteristikleri.

Yapısı Şekil 1'de gösterilen Burndy damperinde bir sivili amortisör kullanılmıştır. Şekil 5'te de görüldüğü gibi betonun bir kütle, helisel bir sıkışma yayı tarafından içerden desteklenmiştir. Yayın alt ucu, amortisörün içi boş olan pistonunun içine oturmuştur. Piston bir mil aracılığıyla, bir kılavuz yataktan geçerek bir topuzlu mafsalıya bağlanmıştır. Bu mafsal, damperin daima düşey olarak asılı kalmasını ve böylece yataktaki cidar sürtünmelerinin ve klemptekl momentin bertaraf edilmesini sağlar. Klempt, damperlerin gerilim altında kolaylıkla takılmasına uygun, bilinen kelepçe biçimi klempttir. Sıkı sıkıya geçirilmiş bir kılıf suyun içeri girmesini önler. Bu damperin başka hiçbir damperde bulunmayan üç özelliği şunlardır :

1. Çalışma sırasında beton kütle hemen daima bir kararda kalır ve enerji, hareket eden kısım-

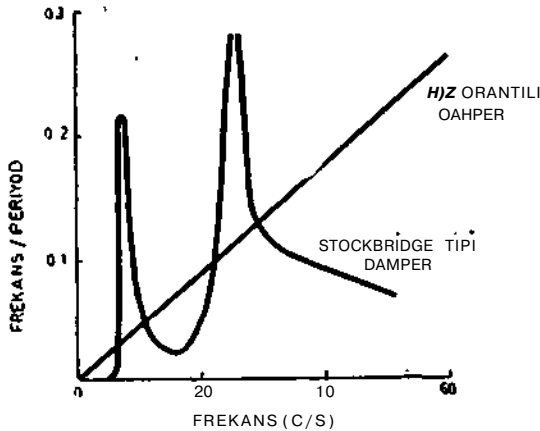


Şekil 5.

lardaki yorulma ve acınma ortadan kalktığından, platonun hareketiyle, amortisör mekanizmasında sarfolur.

2. Enerji yutulma karakteristiği, iletken içindeki zorlanmalar müsaade edilen değeri aşmayacak şekilde, iletkenin hızıyla orantılıdır. Hız orantılı damper ile stockbridge tipi damperin sönümleme karakteristikleri Şekil 5'de karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

3. Bu damperleri, belirli sınırlar içinde, sürekli titreşimlere ve nisbeten yüksek enerji girişlerine dayanacak şekilde tasarlamak mümkündür.



Şekil 6. • Frekansın fonksiyonu olarak enerji yutulması.

Hız orantılı damperlerin, genellikle kullanılmakta bulunan iletkenleri kapsayan altı boyu geliş-

tirilmiş bulunmaktadır. Damperlerin kullanılacak boyunu, adedini ve hat üzerinde konulacağı noktayı daha çabuk olarak tayin edebilen bir bilgisayar programı kullanmak yerinde olur. Çoğu hava hatları için her iletkene, her aralıkta, askı klempine 91-152 cm uzaklığa bir damper koymak yeterli olur; nisbeten büyük aralıklara ise iki damper ister.

Bu damperlerin sürekli frekans 15 Hz, iki tepe noktası arasındaki genlik 5 mm, günlük sıcaklık değişimi -34°C ile 24°C arasındayken 2500 saatin üstünde (bir süreyle laboratuvarda yapılan hızlandırılmış ömür testleri sonunda ne herhang' bir kısmında bir bozulma görülmüş, ne de frekans karakteristiklerine karşılık olan enerjide bir değişme olmuştur. Bu damperler başlıca aralık 1968'den beri Saskatchewan'da Ootean Creek-Queon Elizabeth hattında ve Mart 1969'dan beri de Winnipeg yakınında bir başka hatta olmak üzere Kanada'da iki hatda tatminkar bir arazi denemesi geçirmektedirler. Bu hatlar, çok ciddi titreşimlere sahne olmuş hatlar olarak bilinmektedir. Hız orantılı damperler üzerindeki arazi ve laboratuvar testleri İngiltere'deki iki kurum tarafından yürütülmektedir.

Hız orantılı damperler bugün tekil iletkenli veya ikili demet iletkenli hatlar için elverişli olmakla beraber çoklu demet iletkenlerde kullanmaya mahsus olanı halen geliştirilmektedir.

Bir hız orantılı damperin maliyetinin, aynı kesitteki bir iletken için kullanılan bir stockbridge damperinden daha fazla olacağı zannedilir. Ancak birçok durumlarda, iki veya daha fazla saydaki stockbridge tipine karşılık her aralık için bir tek hız orantılı dampere ihtiyaç bulunmasından dolayı, normal bir enerji iletim hattı için hız orantılı damperlerin nihai maliyeti, bu hattı stockbridge damperlerle teçhiz etmekten daha düşük veya aynı olmuş olacaktır.

5. ÖZ SÖNÜMLEMELE İLETKEN

Titreşen bir iletkenin rezonans halindeki genliği,

$$A \sim \frac{1}{2\pi f} \cdot \frac{F}{Z_r}$$

denklemleriyle verilir [2]. Burada, özel bir f frekansı ve sabit F tahrik kuvveti için A genliği, öz sönümleme kuvveti Z_r ile ters orantılıdır. Sönümleme kuvveti arttırılabildiği takdirde A genliğinin küçültülebileceği açıkça görülmektedir.

öz sönümlemeli iletkende örgü tabakaları yamuk kesitli alüminyum tellerle teşkil edilmiştir; tabakalar eş merkezli ve kendinden desteklemelidir. Ortadaki çelik çekirdek etrafında en az iki alüminyum tel tabakası bulunmaktadır. Bu alu-

minyum tel tabakaları, küçük dairesel güvenlik uzaklıkları ile birbirlerinden ve ortadaki çekirdekten ayrılmıştır.

Rüzgârın tahrik etmesiyle, alüminyum tel tabakaları ve çekirdek farklı dalga boylarında titreşmeye zorlanır ve bu iki titreşimin girişimiyle hasıl olan titreşim ise nispeten büyük enerji sarfına (yani sönmülemeye) sebep olur; böylece de genlik ve rüzgârların doğurduğu titreşimler, yorulma hasan düzeylerinin altına düşürülür. Bu iletken kullanıldığı zaman ayrıca hiçbir damper gerekli değildir.

öz sönmülemeli iletkenlerle yapılan titreşim kontrolü, hattın bu iletkenlerle başlangıçta teçhiz edilmesini açıklıkla gerektirir, öz sönmülemeli iletkenlerin fiyatı üzerindeki bilgiler henüz yeterli değilse de, bu iletkenin özel tasarımı nedeniyle fiyatının, kullanıla gelmekte olan iletkenin fiyatından daha fazla olması beklenebilir.

6. İLETKEN GERİLMESİNİN HAT TASARIMI VE MALİYETİ ÜZERİNDE ETKİSİ

Kullanıla gelmekte olan bir iletkenle çekilmiş bulunan toir hattın «everyday» germe kuvveti, kopma dayanımının % 20'sidir ve bu germe kuvveti seviyesi için bir artışın kabulü ve buna bağlı olarak da iletken sehlindeki azalma, bir hattı, ya daha az direk veya daha kısa direklerle tasarılmamayı mümkün hale getirir. Bu da hat maliyetindeki bir azalmayla sonuçlanabilir. Fazla gerilmiş iletkenlerde titreşimin meydana gelmesi ihtimalinin daha fazla bu titreşimin genliğinin daha büyük olması nedeniyle, germe kuvvetini artırarak hattın maliyetini azaltmaya hiçbir zaman ciddi olarak kalkışılmaz. Bununla beraber titreşim kontroluyla ilgili yeni çarelerin doğruluğu tamamiyle kanıtlanırsa bu % 20 «everyday» germe amin beki de biraz daha aşılabilecektir.

iletkenin «everyday» germe kuvvetini arttırmasının, maksimum çalışma gerilmesi ve ingiliz tipi çift devre 132 kV ve 400 kVluk hatların maliyeti üzerindeki etkileri Şekil 6'da gösterilmiştir, iki tip iletkeni yani ACRS 0,175 (Lynx) ve ACRS 0,4 (Zebra), iki iklim şartı, yani 12,7 mm buzlu haldeki ısı ve İbuzsuz haldeki tropikal ısı gözönüne alınmıştır. İnceleme esas sıcaklıkta, iletkenin kopma gerilime dayanımının % 20, % 25 ve % 30'u olmak üzere üç esas sehim, maksimum çalışma gerilmesi için ise bir sınır dikkate alınmaksızın yapılmıştır. Diğer tasarım koşulları ve emniyet faktörleri hava hatlarındaki ingiliz uygulamasına uygundur. Hat maliyetlerine damperlerin bedeli katılmamış, kullanıla gelmekte olan tipteki iletkenin bedeli ise katılmıştır.

Şekil S'daki eğrilerin incelenmesi gösterir ki:

1. Daha yüksek «everyday» gerilmeler maksimum çalışma gerilmelerinin daha yüksek seviyelere çıkmasına sebep olur ve mutedil koşullarda iletkenin kopma gerilmesi dayanımı için normal olarak kabul edilen % 50 sınıfın birçok halde aşılar. Laboratuvar titreşim incelemelerinin, % 50'den daha yüksek bir iletken maksimum çalışma gerilmesinin uygun olup olmayacağını saptanmasını üzerine alması yerinde olur.
2. Maksimum çalışma gerilmesinin biraz daha düşük olduğu tropik bölgelerde, iletken germe kuvvetlerini arttırmak için daha büyük teknik ve ekonomik nedenler vardır. Burada, laboratuvardaki titreşim incelemelerinin, % 50'den daha yüksek bir iletken maksimum çalışma gerilmesinin uygun olup olmayacağını saptanmasını üzerine alması yerinde olur.
3. Germe kuvvetini arttırarak hattın maliyetinin azaltılması, birim hat uzunluğundaki durdurucu direklerin sayısına bağlıdır. Hat maliyetinde en büyük azalma minimum durdurucu direk sayısıyla meydana gelir. 10 veya 20 milde 1 adet gibi çok az durdurucu direk kullanılarak inşa edilmekte ve bu gibi hatlar daha çok germe düzeylerinin arttırılması bakımından yararlı olmaktadır.

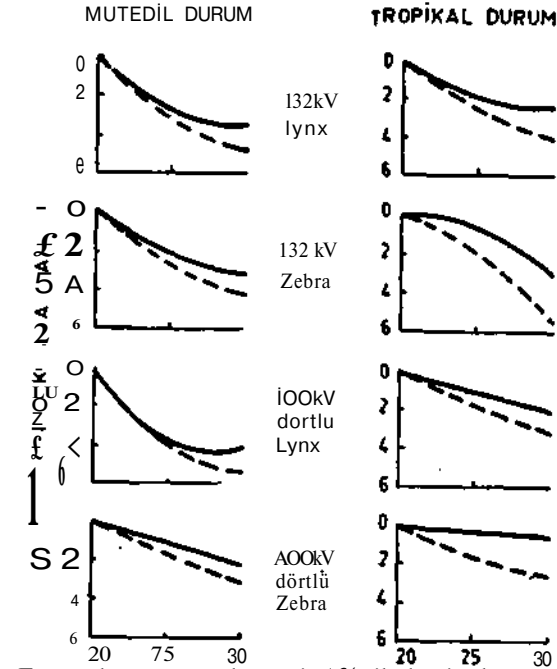
Tabloda, stockbridge tipi esas alınarak damperlerin maliyeti, iletken maliyetinin ve ayrıca toplam hat maliyetinin bir yüzdesi olarak gösterilmiştir

Tablo.

betken ve toplam hat maliyetinin yüzdesi olarak stockbridge damperlerin maliyeti :

Hat gerilimi ve iletken tipi.	İletken maliyetinin yüzdesi olarak damper maliyeti.	Mutedil	Tropikal
132 kV. 0,175 Lynx	6,4	1,5	1,9
132 kV. 0,4 Zebra	3,7	1,3	1,4
400 - kV. dörtlü demet 0,175 Lynx	4,8	1,1	1,4
400 kV. dörtlü demet 0,4 Zebra	2,7	1,0	1,1

Bu sınırlanmış incelemeye dayanarak ve fiyat değişikliklerini göz önüne alarak titreşimlerin hız orantılı damperlerle kontrolünün maliyet de-



«Every day» germe kuvveti (% iletkenin kopma gerilme dayanımı)
 — Mil başına bir köşe direği
 - - - Her dört milde bir köşe direği.

Şekil 6. İletken gerilemesini arttırmanın hattın maliyeti ve maksimum çalışma gerilmesi Üzerine etkisi.

ğerlendirilmesi stockbridge damperlerle gözönüne alarak muhtemelen, toplam hat maliyetinin % 1 - 2'si arasında olacağı görülür.

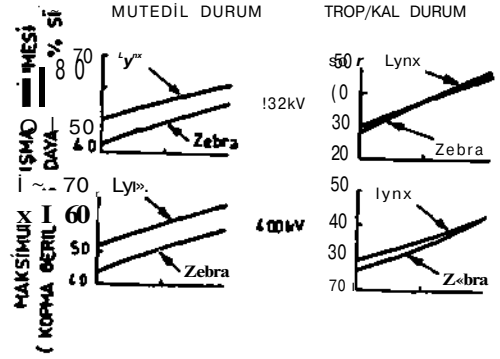
öz sönümlenen iletken kullanıp damper kullanmayarak yapılan titreşim kontrolünün maliyetini bulmak güç ise de bir karşılaştırma yapmak gerekirse, öz sönümlenen iletken ile kullanılanla gelmekte olan iletkenler arasındaki maliyet farkı, ayrıca damper 'lu'Uanmanra maliyetine hemen hemen eşit olacaktır.

Germe kuvvetinin arttırılmasıyla hatlarda meydana gelecek muhtemel maliyet azalmaları için Şekil 6'daki diyagramların aşağıdaki grubundan bazı fikirler elde edilebilir.

Hem hız orantılı damperler ve hem de öz sönümlenmeli iletkenler, şimdiye kadar mümkün olabildenden daha üstün bir titreşim kontrol yöntemi sağlamıştır.

Herhangi bir hattın hız orantılı damperler daha geniş bir kullanma alanına sahipken, öz sönümlenmeli iletkenler, başlıca, bu maksatla tasarlanmış hatlarda kullanılabilir.

Hız orantılı damperlerle teçhiz edilmiş kullanılagelmekte olan iletkeni! hatlar veya damper kullanılmamış öz sönümlenmeli iletkenli hatlarda «Everyday» gerilme düzeylerini arttırmak mümkün olmakla beraber, bununla ilgili maksimum çalışma gerilmelerinin uygulamadaki en yüksek



emniyet düzeylerini saptamak için daha ileri incelemeler yapmak gerekir.

Hat maliyetlerindeki küçük indirimler iletkenin germe kuvvetini arttırmak suretiyle mümkün olur; ancak hız orantılı damperlerin ve öz sönümlenen iletkenlerin piyasa fiyatları saptanmamış olduğundan maliyetteki azalmaların daha geçerli olarak hesaplanması henüz mümkün değildir.

KAYNAKLAR:

- [1] Pullen, J.: «The Control of Aeolian Vibration in Single - Conductor Transmission Lines», Paper No. 70 CP 70-PWR presented at the IEEE, Winter Power Meeting, New York, January 25 - 20, 1970.
- [2] Edwards, A. T. and Livingston, A. E.: «Self-Damping Conductors for the Control of Vibration and Galloping of Transmission Lines», Paper presented at the IEEE Symposium on Conductor Vibration and Galloping in Chicago, June 26, 1968.
- [3] «Aeolian Vibration on Overhead Lines», CIGRE 1970, Paper No. 22 - U.
- [4] «Contribution to Discussion in Group 22 by Dey, P. Effect of Increasing Tension on Cost of Lines», CIGRE 1970.