

**ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 14. ULUSAL KONGRESİ**  
**16 - 22 EVLUL 1991 • DEÜ •**

**1**

EMO • TÜBİTAK • DEÜ



## ÖNSÖZ

Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası ve Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu'nun işbirliği ile 16-22 Eylül 1991 tarihleri arasında düzenlenen Elektrik Mühendisliği 4. Ulusal Kongresine hoşgeldiniz.

Üç paralel oturum halinde D.E.Ü. Rektörlük binası anfilerinde gerçekleşecek Kongremizde 54'ü poster olmak üzere toplam 213 bildiri sunulacaktır.

İki ayrı ciltte toplanan bildirilerin, Elektrik Makinaları ve Güç Elektroniği, Kontrol ve Sistemler ile Enerji Sistemleri konuları birinci ciltte, Bilgisayar, Elektronik, Haberleşme, İşaret İşleme, Biomedikal ve Enstrümantasyon, Elektromagnetik Alanlar, Mikrodalga ve Antenler ile Eğitim konuları ise ikinci ciltte yer almıştır.

İlk duyurularını bir yıl önce yaptığımız kongremize 299 adet bildiri özeti gönderilmiş, Bilim Kurulu bunlardan 277'sini kabul etmiş, 22 adet bildiri özetini ise iade etmiştir. 64 adet bildiri basıma verildiği tarihe kadar elimize ulaşmadığı için Kongre Bildirileri kitabında yer almamıştır.

Üniversite-sanayi işbirliğinin geliştirilmesi ve Kongremize yansımalarının sağlanması amacı ile ilk kez oluşturulan Kongre Danışma Kurulunda, EMO ve üniversitelerin temsilcilerinin yanı sıra kamu ve özel sektör temsilcileri de yer almıştır.

Süperiletkenlerin Elektrik Mühendisliğinde Uygulamaları, 2000'li Yıllarda Ülkemizin Haberleşme Sistemleri ve Ülkemiz Elektrik Enerjisi Sistemleri konularında sunulacak çağrılı bildirilerle Kongremizin yalnız izleyicilere değil tüm kamuoyuna önemli mesajlar vereceği inancındayız.

Kongremizde Elektrik Mühendisliği Eğitimi ve Elektronik Teknolojisi konularında sorunların tartışılacağı, çözüm ve önerilerin geliştirileceği, ilgili kurum ve kuruluşlara önemli yararlar sağlayacağını umduğumuz bir ortam yaratacak panellerimiz olacaktır.

Çağrılı Bildiri ve panellerimize katılacak değerli bilim adamları ile özel ve kamu kuruluş yetkilisi meslektaşlarıma çok teşekkür ediyorum.

Sunulacak tüm bildirilerin özverili çalışmalarla ortaya çıktığını hepimiz biliyoruz. Yürütme Kurulumuz bu çabaları desteklemek ve genç araştırmacıları teşvik etmek amacı ile kongrede sunulan en iyi üç bildiri sunucusunu ödüllendirmeyi kararlaştırmıştır. Beş kişilik jüri tarafından yapılacak değerlendirme sonucu üç sunucuya ödülleri kapanışta verilecektir.

Kongremizin, izleyiciler ve delegeler için başarılı olmasını, ülkemizin bilimsel ve teknolojik çalışmalarına yön ve ivme vermesini diliyor, hazırlık çalışmalarımıza özenle katkı koyan değerli Bilin Kurulu, Danışma Kurulu, Yürütme Kurulu ve Sosyal Kurul üyeleri ile emeği geçen tüm arkadaşlarıma destek ve katkıları için teşekkür ediyorum.

Prof. Dr. Kemal ÖZMEHMET  
Yürütme Kurulu Başkanı

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ  
4. ULUSAL KONGRESİ  
16-22 EYLÜL 1991  
DEÜ REKTÖRLÜK BİNASI - İZMİR

**DÜZENLEYEN KURULUŞLAR**

- . TMMOB ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI
- . DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ ELEKTRİK ve ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
- . TÜBİTAK

**YÜRÜTME KURULU**

Kemal ÖZMEHMET	(Prof. Dr. - Başkan)
Nihat ÖZGÜL	(EMO - Koordinatör)
Teoman ALPTÜRK	(TMMOB - EMO Başkanı)
Canan TOKER	(Prof. Dr. - ODTÜ - TÜBİTAK)
Süha BAYINDIR	(Doç. Dr. - DEÜ)
Macit MUTAF	(EMO İzmir Şubesi)
Sedat GÜLSEN	(EMO İzmir Şubesi)
Mehmet KUNTALP	(Araş. Gör. - DEÜ)

**DANIŞMA KURULU**

Ufuk ATAÇ	(EMO)	Atilla OKYAR	(VESTEL)
İbrahim ATALI	(EMO-ADANA)	Vuslat ÖZTOPÇU	(TRT)
Emir BİRGÜL	(EMO-BURSA)	Serhat ÖZYAR	(EMO-ANKARA)
Yurdakul CEYHUN	(TELETAS)	Muharrem SAYIN	(M.G.)
Sıtkı ÇİĞDEM	(EMO-İSTANBUL)	Hasan S. ŞİSİKÖZLU	(PTT)
Orhan ERYOL	(PTT)	Necmi OYAR	(ETİ TAS)
Aykut GÜSAR	(SIMKO)	Cengiz UNDEYOZLU	(TEK)
Cihan İLKER	(ASELSAN)	Turhan TUNALI	(Eü)
Aydın KAYACIK	(ALPET)		

**BİLİM KURULU**

Abdullah ATALAR	(Prof.Dr.-BİLKENT)	Erol KOCAOZLAN	(Prof.Dr.-ODTÜ)
Süha BAYINDIR	(Doç.Dr.-DEÜ)	Tarık ORANÇ	(Y.Doç.Dr.-DEÜ)
Atilla BİR	(Prof.Dr.-İTÜ)	Emrah ORHON	(Prof.Dr.-Eü)
Yurdakul CEYHUN	(TELETAS)	Kadri OZÇALDIRAN	(Doç.Dr.-EÜ)
İlhami ÇETİN	(Prof.Dr.-İTÜ)	Kemal ÖZMEHMET	(Prof.Dr.-DEÜ)
Muammer ERMIŞ	(Doç.Dr.-ODTÜ)	Osman SEVAIOĞLU	(Doç.Dr.-ODTÜ)
Bülent ERTAN	(Prof.Dr.-ODTÜ)	Mete EEVERCAN	(Prof.Dr.-ODTÜ)
Mustafa GÜNDÜZALP	(Y.Doç.Dr.-DEÜ)	Oğuz SOYSAL	(Doç.Dr.-KTÜ)
Avni GÜNDÜZ	(EMO)	Necmi TANYOLAÇ	(Prof.Dr.-Bü)
Hasan GÜRAN	(Prof.Dr.-ODTÜ)	Turhan TUNALI	(Doç.Dr.-Eü)
Güngör GÜRSEL	(EMO)	Erginer UNGAN	(Y. Doç*. Dr.-DEÜ)
Kemal HALICI	(Prof.Dr.-Yü)	Yıldırım UÇTUĞ	(Doç.Dr.-ODTÜ)
Erare HARMANCI	(Prof.Dr.-İTÜ)	Zafer ÜNVER	(Prof.Dr.-ODTÜ)
Aituncan HIZAL	(Prof.Dr.-ODTÜ)	Birgül YAZGAN	(Prof.Dr.-İTÜ)
Mithat İ DEMEN	(Prof.Dr.-TÜBİTAK)	Erdem YAZGAN	(Prof. Dr. -liü)
ÖscaN KALENDERİ,:	(Y.Doç.Dr.-İTÜ)	Melek YÜCEL	(Doç. Dr. ••ÖİTJ)
Haldun t;ARACA	(Y.Doç.Dr.-DEÜ)	Nusret YÜKSELER	(Prof.lir. -İ Tu i

**SOSYAL KURUL**

Macit MUTAF	(EMO)	Birsen MALKOÇ	(EKO)
Recai KOLAY	(DEÜ)	Gülderen YARIM	(DEü)

Not: Danışma Kurulu ve Bilim Kurulu alfabetik olarak dizilmiştir.

TKRMEK SANTRAL LAR VE ÇEVRE

TMMOB F.HO tı-mir Şubesi

ÖZET

Günümüzde çevre ve enerji ilişkileri kamuoyunun yakından ilgisini çekmektedir.Çünkü yapılacak termik santrallerin çevreye neler yapabileceğini toplumumuz artık bilmektedir.Türkiye'nin varolan Elektrik Sistemi nin bir bölümü termik «santral»lara dayanmaktadır.Ülecekte termik santrallerin önemlerini azalmayacağı görülmektedir. Bu durumda, termik santralleri yapacağı emisyonları en aza indirerek,hava kalitesinin korunması için öngörülen standart sınır değerlerin aşılmasına izin verilmemesi koşulu ile termik santraller kurulabilir.Bunun için varolan Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğine uyulmalı ve 2872 sayılı Çevre Yasasının 10.maddesinde öngörülen Çevresel Etki Değerlendirme Raporu Yönetmeliği bir an önce yayımlanmalıdır.

1.GİRİŞ

İnsanla doğal çevresi arasında sürekli bir ilişki vardır.Bu ilişki; insanın var olduğu yerden başlayarak,doğaya egemen olma amacı ile onu yer yer büyük değişikliklere uğratmasına neden olmuştur.Bu değişiklikler nedeniyle doğal kaynaklar sürekli tükenirken her yıl milyarlarca ton atığın havaya,toprağa ve suya bırakılması sonucu,çevre kirliliği de artan bir hızla ortaya çıkmıştır.Bugün fosil yakıtların kullanımı ile atmosfere atılan yıllık CO miktarının 5 milyar ton olduğu saptanmıştır.Karbondioksitin sera gazları içinde ısı tutan payı da yüzde 60 civarındadır.Kömür santrallerinden atılan kirleticiler arasında CO en büyük kütleyi oluşturuyor. Bunu sırasıyla toz,SO<sub>2</sub>, hidrojenklorid, hidrojen florid ve NO<sub>x</sub> izlemektedir.

Atmofere atılan SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> 'ler asit yağmurlarına neden olmaktadır. Son yıllardaki orman ve bitki örtüsünün tahribinden,sulardaki canlı yaşamın olumsuz etkilenmesine kadar pek çok konuda asit yağmurları sorumlu tutulmaktadır.Amazon ormanlarının yavaş yavaş yok olması da buna bağlanmaktadır.

Bu olumsuz gelişmeler sonucu,çevre ve enerji ilişkileri kamuoyunun ilgisini çekmektedir.Çünkü artık toplumdaki örneklerle elektrik üretilecek bir termik santralin çevreye neler yapabileceğini bilmektedir.Ülkemizdeki bilinen Keuerköy termik santralinde çevrenin termik santral ile ilişkisi gündeme gelmiş ve Aliağa'ya yapılacak termik santral ile ilgili büyük hedeflere ulaşılmıştır.

2.TÜRKİYE ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ VE YAPISI

Ülkemizde elektrik üretimi termik ve hidrolik kaynaklardan yapılmaktadır. Eylül 1990 itibarıyla ülkemiz elektrik üretiminin dayandığı birincil kaynaklar ve ortalama üretim kapasitesi tablo-1 de verilmiştir.

Tablodan kolayca görüleceği gibi, Türkiye Elektrik Sistemi 'nde, kurulu gücün yüzde 58,2 ve üretim kapasitesinin yüzde 71,3'ü termik kapasiteye dayanmaktadır.Bu termik kapasitenin yarısından fazlası da düşük kaliteli,yüksek kül ve kükürt oranlı linyit kömürü yakan santraller oluşturmaktadır.

TABLO 1

Türkiye Ulusal Elektrik Sistemine bağlı Birincil Kaynaklara Göre Dağılım ve Ortalama Üretim Kapasitesi ( Eylül 1990 )

Birincil Kaynak	Toplam Kurulu Güç (MW)		Ortalama Üretim (Milyon kWh)	Ortalama Üretim Kapasitesi (%)
	Güç	Yeri (%)		
Füel-öil	1,553,9	9,5	10,1	12,6
Motorin	546,4	3,4	2,20	2,6
D.gaz	2,208,5	13,7	14,355	17,1
Taş köm.	331,6	2,1	2,155	2,6
Linyit	4,745,4	29,4	30,845	37,8
Jeoterm.	15,0	0,1	0,09	0,1
<b>Term. top.</b>	<b>9,400,8</b>	<b>58,2</b>	<b>59,750</b>	<b>71,3</b>
<b>Hydr. top.</b>	<b>6,764,3</b>	<b>41,8</b>	<b>24,000</b>	<b>29,7</b>
<b>Toplam</b>	<b>16,165,1</b>	<b>100,0</b>	<b>83,750</b>	<b>100,0</b>

2010 yılına kadar yapılan planlamalar göz-önüne alındığında,2000'li yıllarda da elektrik enerjisi Üretim kapasitesinin üçte ikilik bölümünün yine termik santrallerden karşılanacağı anlaşılmaktadır. Halen 121,5 milyar kwh olarak belirlenmiş bulunan ve yüzde 20'sinden yararlanmakta olduğumuz hidrolik potansiyelden 2000'li yıllarda yararlanma oranı yüzde 50'ye ulaşabilecektir Türkiye'de akarsuların düzenli bir rejim olmaması,daha çok yağmur ve kar yağışlarına bağlı olmaları termik üretimin fasla olmasını zorunlu kılmaktadır.Bu durum,termik santrallerin çevre ile ilişkisinin ciddi olarak ele alınmasını gerektirmektedir.

### 3.YENİ TERMİK SANTRALLARIN KURULABİLME KOŞULLARI

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı,ülkemi Bin 2010 yılında elektrik gereksinimini 323 milyar kwh olarak tahmin etmektedir.Bu yıllarda üretilecek olan elektriğin yaklaşık üçte ikisinin termik kaynaklara dayanaacağı öngörüldüğüne göre,daha çok termik santraller kurulacaktır. Ancak,her şeyden önce yeni bir termik santrali kurma kararı alınırken,başlangıçta bu santralin potansiyel bir kirlenici olduğu kabulünden hareket edilmelidir.Bu kabulden sonra şu noktalara dikkat edilmelidir.

- 1- Yer seçimi doğru yapılmalı
- 2- Meteorolojik koşullar, atmosferik dağılım olayları incelenmeli.
- 3- Topografik koşullar gözönüne alınmalı.
- 4- Gazların baca çıkış hızları saptanmalı.
- 5- Hava kirliliği standart değerleri korunmalıdır. Bunun için ;
  - a) X 75-95 verimli SO 'i önleyen desülfirizasyon tesislerinin yapılması
  - b) Yanma tekniği geliştirilerek NO 'lerin yüzde 60 oranında azaltılması
  - c) X 99,9 oranında verimle çalışan elektrototik filitrelerin kullanılması
  - d) Çeşitli çökeltme ve arıtma yöntemleri uygulanarak su kirliliğinin önlenmesi,

Yukarıda belirtilen önlemlerin alınması ile halen yürürlükte bulunan Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği'nde öngörülen emisyon sınır değerleri aşılmayacak biçimde santral projeleri hasırlanabilir.

Doğaldır ki,alınacak önlemler santral maliyetini önemli ölçüde etkileyecektir.Gelişmiş ülkelerde yatırım maliyetinin yüzde 40 ı kirlilik önlemleri için yapılan tesisler oluşturmaktadır.Ancak daha fizibilite aşamasında,bir termik santralin bir yöreye yapılması veya yapılmamasının ortaya çıkaracağı mali külfet ortaya konmalı, termik santralin getirdikleri ile götürdüklerinin muhasebesi yapılmalı ve karar buna göre

verilmelidir.

### 4.İŞLEMEKTE OLAN TERMİK SANTRALLAR

2 Kasım 1986 tarihinde yürürlüğe giren Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği'ne göre,bu tarihten sonra kurulacak termik santrallerin emisyon değerini sınırlarken,bu tarihten önce kurulmuş ve işlemede olan termik santrallerin da emisyon değerlerini sınırlamıştır.Buna göre;

- 1- 300 MV dan büyük santraller için kalan ömürleri 20.000 saat (2,28 yıl) olan santrallerde sınırlama getirilmemiştir.
- 2- 20.000-50.000 saat (2,28-5.7 yıl) arasında ömürleri olan santraller için SO emisyonu 3200 mg/m<sup>3</sup> e 50.000 saatten fazla ömürleri olanlar içinse 1000 mg/m<sup>3</sup> tür.(Bu değer yeni kurulacak santraller için de aranmaktadır.
- 3- NO ise 1000 mg/m<sup>3</sup> ü aşamaz.
- 4- Toz emisyonunda 250 mg/m<sup>3</sup> Un altında olmalıdır.

Ayrıca işlemede bulunan bir termik santralde işletme koşullarında önemlidir. Kötü işletme sonucu çevreye gereğinden fazla zarar verebilir.Bu nedenle termik santrallerin işletmede oldukları süre denetlenmeleri gerekir.Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği'nin 57. maddesine göre Başbakanlık Çevre Oenel Müdürlüğü,ilgili kuruluşlarla görüşünü alarak bu tür tesislere hava kalitesi denetleme görevlisi atayabilir.Aynı yönetmeliğin 58.maddesi de hava kalitesi denetleme görevlisinin sorumluluklarını belirtmektedir.İyi bir işletmenin sağlanması için ilk koşul denetleme görevlilerinin atanması ve sorumluluk bilinciyle çalışmalarını temin etmektir.

### 5.SONUÇ

Gelişmekte olan ülkeler içinde yer alan Türkiye'nin gelecek yıllarda sanayileşmeye paralel olarak elektrik enerjisi gereksinimi artacaktır.Bu bakımdan termik santrallerin yapımından kaçınmak olanaksızdır.Ancak gelişmekte olan ülkelerin bu konuda önemli bir şansı vardır.O da gelişmiş ülkelerden alacakları teknolojileri çevre yönünden incelemek ve gerekirse reddetmek şansıdır. Gelişmiş ülkelerde ortaya çıkan sonuçlardan olumlu yönde yararlanarak bu şansı iyi kullanmalıyız.

Ayrıca 1983 yılında çıkarılmış bulunan Çevre Yasası'nın 10. maddesi, faaliyetleri sonucu çevre sorunlarına yol açabilecek kurum ve kuruluşların " Çevresel Etki Değerlendirme Raporu " hazırlamalarını zorunlu kılmış ancak raporun düzenlenmesi için yönetmelik çıkarılmasını öngörmüştür.Bu güne

kadar yönetmelik çıkarılmadığı için sözkonusu rapor da düzenlenmemiştir. Tm durum çevreyi yakından ilgilendirdiğinden vakit geçirmeden ÇED yönetmeliğı çıkarılmalıdır.

/I/ EMO dergisi sayı 376-1990  
/2/ Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğı

KLFKTKİK ENERJİSİ İRİTİM YATIRIMI PLANI N.n\  
OF.RÇ.EKÇİ PLANLAMA ZORUNLUDUR

TMMOB EMO İzmir Şubesi

ÖZET

Elektrik enerjisi yatırımlarının planlanması büyük bir öneme sahiptir.Yatırım programına alınan santrallerin zamanında bitirilmeyişi büyük kayıplara yol açmaktadır.Geçmişte, bunun önemli örnekleri yaşanmıştır.

Elektrik enerjisi gereksiniminin sağlıklı tahmin edilmesi,ekonomik gelişmeyle birlikte ele alınmasına bağlıdır. Bunun dışında yapılan tahminler,geçmişte elektrik açıklarına neden olduğu gibi,bugün de atıl üretilim kapasitesi oluşmasına neden olmuştur.FULdiride ülkemizin 2010 yılına kadar elektrik enerjisine olan gereksiniminin sağlıklı tahmin edilmesi ve buna paralel olarak elektrik üretim yatırımlarının program yılı içinde yapılması gerektiği belirtilmektedir.

1.GİRİŞ

Elektrik enerjisi kalkınmanın temel taşı ve günlük yaşantımızın ayrılmaz bir parçasıdır.Günümüzde,elektriğin kişi başına tüketildiği miktarlar,toplumların gelişmesinde ölçüt olarak ele alınmaktadır.Böylesine önemli özellikleri olan elektrik enerjisinin sürekli ve kaliteli sunumunu yapabilmek,ancak iyi bir planlama ile olanaklıdır.Bu planlamanın esası gelecekte ortaya çıkacak elektrik taleplerinin sağlıklı tahmin edilmesine dayanmalıdır. Her ülkenin kendi koşullarına göre,hidrolik ve termik dengelyi gözönüne alarak,elektrik enerjisi yatırımlarını planlaması gerekmektedir. Hatalı bir planlama bazen elektrik yetersizliğine neden olurken, bazen de gereksiz kapasite fazlalığı oluşturur.1970'li yıllarda elektrik yetersizliği yaşayan Türkiye, 1988 sonunda önemli ölçüde kapasite fazlalığı ile karşılaşmıştır. Her iki durum da elektrik enerjisi yatırımlarına ilişkin plan ve programların sağlıklı olmadığını göstermektedir.

2.1971 - 1983 ARASI ZORUNLU TASARRUF

Türkiye'de elektrik enerjisi yetersizliği

ilk defa 1971 yılında ortaya çıkmıştır. Bu nedenle, bu yılda 26 milyon kWh elektrik zorunlu tasarruf yapılmıştır.Yani programlı olarak belli yörelerin elektric;ı belli süreler için kesilmiştir. Tablo 1 'de 1971-1983 yılları arasında yapılan zorunlu tasarruf ile ithal edilen elektrik miktarları görülmektedir.Buna göre 1971'de baylyan zorunlu tasarrufun giderek arttığı 1980'de en üst düzeye yükseldiği ve elektrik açığını kısmen de olsa, ivedi olarak azaltabilmek için 1975 yılından itibaren elektrik ithalinin yapıldığını saptıyoruz.Zorunlu tasarruf 1983'te sona ermiş elektrik ithali anlaşma gereği devam etmektedir.

Bu yıllardaki elektrik enerjisi üretimi yetersizliğinin başlıca nedenleri, geleceğe yönelik elektrik taleplerinin sağlıklı tahmin edilememesi ve yatırımların zamanında bitirilememesidir. Planlanan ve programa alınan ancak zamanında bitirilomoyrn hidrolik ve termik santrallerin durumunu yakından incelediğimizde ilginç sorunlar ortaya çıkmaktadır.

TABLO-1  
ZORUNLU ELEKTRİK TASARRUFU VE İTHALATI  
( GWh )

Yıl	Zorunlu tasarruf	İthalat.
1971	26.0	-
1972	5.9	-
1973	224.2	-
1974	296.2	-
1975	203.9	100.0
1976	162.2	347.9
1977	911.6	517.6
1978	1567.6	15R.1
1979	1953.0	1110.1
1980	2098.0	1417.2
1981	1971.5	1707.2
1982	1287.8	1368.7
1983	1603.8	236 fi.2

Tablo 2'de tesisi gecikerek santrallerin 1 is tesisi ve gecikme süreleri verilmiştir.Gerek hidrolik ve gerekse termik santral hırın bir kısmının ünite sayısının, dolayısıyla kurulu gücünün sonraki yıllarda ve tesis aşamasında değiştiği görülmektedir.Örneğin Oymapınar 240 MW, Aslantaş 85 MW, Karakaya 1500 MW, Köklüce 30 MW, Çayırhan 150 MW,

ATşin-Fitustan 600 MK, Kangal 150 MK, Yatağan 300 MK ve Soma-H 150 MK olarak programa alınmış, ancak daha sonra Oymapınar 540 MK, Afşin 138 MK, Karakaya 1800 MK, Köklüce 90 MW, Çayırhan 300 MK, Afşin - Kibistan 1.110 MK, Kangal 100 MK, Yatağan 630 MK ve Soma-H Ofis MK'ya yükseltilmiştir. Hasan umurlu Hidroelektrik santrali ise 400 MK olarak programa alınmış, 4. plan \* da 250 MK'ya düşürülmüş fakat daha sonra 500 MK'ya yükseltilmiştir. Böylece programa alınan santrallerin ünite sayıları ve güçlerinin inşa at sırasında değiştirildiği ve toplam 2255 MK'lık hidrolik santralin 3068 MK'ya, toplam 1350 MK'lık termik santralin 3250 MK'ya yükseltildiğini saptamaktayız. Hidrolik ve termik santrallerin inşa sırasında kurulu güçlerinin iki katını aşan artışlar yapılmaması, söz konusu santrallerin oluşmadan önce yapılan çalışmaların boyutlarını göstermektedir. Ayrıca 4.BYK plan'ında santrallerin bitiş tarihleri revize edilmesine karşın hemen bütün santrallerin gecikmeli olarak servise girdiğini gözönüne alırsak yapılan tahmin ve programların sağlıklı olduğunu söylemek oldukça güç görünüyor. Söz konusu santrallerin zamanında servise girmemesi nedeniyle ortaya çıkan üretilen enerji miktarları büyük boyutlara ulaşmaktadır. Bu üretim kayıplarını şu formülle

hesaplayabiliriz.

(ret. im kayıpları :

(i'nitenin üretim kapasitesi x gecikme süresi / sayı)

TARİH - 3

SANTRALİ AKIN GÜÇLERİ YİLLİK KAYIP KSKR.İT

Santral Adı	Üretim Kapasitesi Milyar Kwh	Programa Alınışta		IV Plana Göre	
		Geçerli * M *	İncir   Vil, jr V'eh	Geçerli s. 11.	İncir s. 11, jr rwh
Oymapınar	1,62	12	19,440	2	3,24
Aslantaş	0.569	10	5,690	3	1,707
HasanUğurlu	1,217	6	7302	-	-
Köklüce	0,588	9	5,292	8	4,704
Karakaya	7,354	10	73,540	4	29,416
Çayırhan	1,8	10	18,0	5	10,8
Afşin Elbistan	7,8	7	54,6	3	23,4
Kangal	0,9	11	9,9	7	6,3
Yatağan	3,78	11	15,12	2	7,56
Soma B	3,96	5	19,8	1	3,96
Toplam	27,968	64	228.684	36	91.087

TABLO-2

Santral Adı	Programa Alınışta			IV Plana Göre			TEK Faaliyet Raporu		
	Kur Güç	İflaş Tarihi	Bit Tarihi	Kur Güç MW	Bilgis Tarihi	Orj Üretim Milyar kwh	Kur Güç MW	Ser Güç Tarihi	Üretim Kap Milyar kwh
1.Hidrolik S									
Oymapınar	240	1967	1972	540	1982	1,62	540	1984	1,62
Aslantaş	85	1969	1974	138	1981	0,769	138	1984	0,569
HasanUğurlu	1.00	1968	1973	250	1979	0,9	500	1979	1,217
Köklüce	30	1973	1979	90	1980	0,584	90	1983	0,588
Karakaya	1500	1971	1977	1800	1985	7,334	1800	1987	7,354
Toplam	2255			2818		11,207	3068		11,348
2.Termik S.									
Çayırhan	150	1974	1977	300	1981	1,8	300	1987	1,8
Afşin Elbistan	600	1972	1977	1360	1982	7,8	1360	1984	7,8
Kangal	150	1974	1978	300	1982	1,8	300	1989	0,9
Yatağan	300	1975	1978	420	1980	2,52	630	1982	3,78
Soma -B	150	1972	1976	330	1980	1,98	660	1981	3,96
Toplam	1350			2710		15,9	3250		18,24

Tablo 3'de santrallerin ilk programa alınışta ve daha sonra revize edilerek 4.BYK plan'ına göre bitmesi gereken tarihlere göre gecikme süreleri ve buna bağlı olarak kayıp elektrik enerjisi üretim miktarları görülmektedir. Buna göre, ilk programa alınışta santrallerin toplam 84 yıl geciktiği bu gecikme nedeni ile üretilmeyen elektrik enerjisi miktarını 228,684 milyar kWh olarak hesaplamaktayız. Bu rakam 1990 Türkiye'sinin elektrik gereksiniminin 4 katıdır. 4.BYK Planına göre de, santrallerin toplam 36 yıllık gecikmesi olduğu, bu süre boyunca düşen üretilmeyen enerji miktarının 91,087 milyar kWh olduğu görülmektedir.

Bu rakamlar, elektrik üretimi yatırımlarının sağlıklı olarak plan ve programlarının yapılmaması sonucu ne kadar büyük kayıpların ortaya çıktığını göstermektedir.

### 3.1989 ELEKTRİK ÜRETİMİNDE KAPASİTE FAZLALIĞI

1989 Yılına gelindiğinde Türkiye Elektrik Enerjisi Kurulu Gücü'nün 15.483 MW ve üretim kapasitesinin 78 milyar kWh'a ulaştığı görülmektedir. Oysa aynı günlerde Türkiye'nin elektrik enerjisi gereksinimi 52 mil-



yar kWh olarak gerçekleşmiştir. Böylece yüzde 50 oranında bir fazlalık ortaya çıkmıştır. Doğaldır ki, ülke koşullarına paralel olarak bakım ve arızalar sonucu meydana gelecek üretim eksikliği riskleri ile kuraklık dolayısıyla hidroelektrik üretimin düşmesi hesaplanarak belli bir oranda yedek güce gereksinim vardır. Yedek güç oranının yüzde 20-25 oranında olması gerektiğini varsayarsak, elektrik sistemimizin yüzde 25'lik bir "atıl kapasite" oluşturduğunu saptamış oluruz.

Ulusal Elektrik Sistemimiz 1983 sonuna kadar zorunlu elektrik tasarrufunu uygularken, 1989 başında, yüzde 25 üretim kapasitesi fazlalığına sahip olmasının başlıca nedeni, yapılan beş yıllık planlarla gerçekleştirilen yatırımların paralellik göstermemesidir.

1985-1989 yıllarını kapsayan V.BYK plan'ı sonunda, elektrik enerjisi kurulu gücünün 13.000 Mwa ortalama üretim kapasitesinin ise 60 milyar kWh'a ulaşacağını öngörmüştür. Demek ki, kurulu güç olarak 2483 MW, üretim kapasitesi olarak 18 milyar kWh plan hedefleri aşılmıştır.

V. Plan hedefleri büyük ölçüde aşılrken aynı plan; "Enerjinin yetersiz ve yüksek fiyatlı olduğu dikkate alınarak demir dışı metaller sanayiinde zorunlu olmadıkça yoğun enerji gerektiren yatırımlara girilmeyecektir." diye ilke saptanmaktadır. Oysa plan dönemi sonunda enerji yetersizliği değil, kapasite fazlalığı ortaya çıkmıştır.

#### 4. GERÇEKÇİ PLANLAMA NASIL OLMALIDIR ?

Hem elektrik enerjisi tahminlerinin öncelikle sağlıklı yapılması ve hem de buna göre planlanan yatırımların programa alınarak gerçekleştirilmesi esastır, ülkemizde elektrik enerjisi üretim, yatırım planlama çalışması, WASP III modeli kullanılarak üretim-tüketim incelemeleri yapılmakta ve gelecekteki talep ve arzlar çeşitli alternatifler şeklinde düzenlenmektedir. Modelde

TABLO-4  
TALEP TAHMİNLERİ  
(Milyar kwh)

Yıllar	Yüksek senaryo	Düşük senaryo
1989	57,925	55,545
1990	64,910	61,760
1995	105,930	101,210
2000	166,830	156,515
2005	231,530	222,710
2010	323,850	323,295

kullanılan talep tahmini seri ve Tabii Kaynaklar Hakanlığı'na M. im. ile linden türetilmiştir. 1988 Yılı swr'ında 2010 yılına kadar Türkiye'nin elektrik enerjisi jjeITLSINMTI liri yüksek 3,000 düşük olmak üzere, iki ser. ar. halinde düzenlenmiştir. Tablo 4'de irrIKI ser. na A'lık talep tahminleri görülmektedir.

Bu tahmini erden, yüksek senaryolu tahmin elektrik enerjisi tüketim talebinin 2000 yılına kadar ortalama yüzde 9,7, 2000 yılından sonra ise yüzde 6,9 artışını göstermektedir. Düşük senaryoda ise, 2000 yılına kadar ortalama talebin yüzde 9,7, 2000 yılından sonra da yüzde 7,8 artırımları kabul etmiştir.

örnek olarak, 1990 yılında gerçekleşen elektrik talebini ele alalım. Bu yılda elektrik tüketimi 57,2 milyar kWh olarak gerçekleşmiştir. Buna göre, yüksek senaryoda yüzde 13,47, düşük senaryoda yüzde 1,4 hata sözkonusudur. 1988 Sonuna doğru yapılan bir tahminin 1990 yılı için yüzde 13,47 ile 4,4 arasında bir hataya sahip olması, bu hatanın 2010 yılına kadar katlanarak artacağını gösterir. Her iki senaryoda 2010 yılında elektrik tüketim talebinin 323 milyar kWh olacağını öngörmektedir. Elektrik Mühendisleri Odası'nca 2000 yılına kadar yüzde 8,5 ve 2000 yılından sonra yüzde 7 artışla elektrik tüketim talebinin 2005 yılında 190 milyar kWh, 2010 yılında da 266 milyar kWh olacağı hesaplanmıştır. Aradaki fark; 323 - 266 = 57 milyar kWh'tir. Bu önemli bir farktır.

Elektrik tüketim tahminlerinin sağlıklı yapılabilmesinin tek koşulu, ekonomik gelişmeye paralel olarak elektrik yatırımlarının planlanmasıdır. Üretilen elektriğin yüzde 60'ını tüketen sanayinin, özellikle imalat sanayinin gelişimi kesinlikle gözönünde tutulmalıdır. Tablo-5'te VI. Plan'da imalat Sanayi Bileşenleri görülmektedir.

TABLO-5  
İMALAT SANAYİ BİLEŞENLERİ (X)

	1984	1988	1989	1991
Tüketim mallar	40,1	38,3	38,4	37,7
Ana mallar	41,3	41,7	45,1	43,8
Yatırım mallar	18,6	17	16,4	18,7

VI. Plan imalat sanayindeki gelişmeyi bu şekilde öngörmektedir. Buna göre, yatırım malları ile tüketim malları tedricen azalmakta, ana malları ise artmaktadır. Plan dönemi sonunda yatırım malları oranının 1981 seviyesine gelmesi planlanmıştır. Bu durum, 1991 Yılı Programında şöyle ifade edilmiştir. "Enerjinin özellikle ülkemiz için kıt ve pahalı bir kaynak olması dolayısıyla, enerji yoğunluğu düşük bir sanayileşme stratejisi içinde birim katma değer ve üretim başına daha düşük enerji kullanılan sanayile-

rin üretim ve hizmet yöntemlerinin ve teknolojilerinin seçilmesi desteklenecek ve teşvik edilecektir." denerek yoğun enerji gerektirecek yatırımların özendirilmeyeceği belirtilmektedir.0 halde imalat sanayisinin gelişimi ve içeriği bu şekilde çizildiğine göre, sanayinin gelecekteki elektrik talebi buna göre ele alınmalıdır.

#### SONUÇ

Elektrik enerjisi gereksinimi için yapılan tahminler mutlaka ülke ekonomisindeki

gelişmeleri içermelidir. Sanayileşme gibi temel bir konuda verilecek kararlar, gelecekteki elektrik talebinin boyutlarında önemli değişikliklere neden olabilecektir. Bu yüzden alınacak kararların sağlıklı olması zorunludur. Yapılan 5 yıllık yatırım programlarının birbiriyle uyumlu olması gerekir.

Geleceğe ilişkin olarak saptanan elektrik talep tahminlerinin yüksek tutulduğu görülmektedir. Bu nedenle yapılan tahminler yeniden gözden geçirilmelidir. Elektrik taleplerini karşılamak üzere yapılacak yatırımlar ait olduğu yatırım programı yılında bitirilmesine özen gösterilmelidir.

Yararlanılan kaynaklar

- /1/ TEK 1988 Yılı İşletme raporu
- /2/ EMO Dergisi Sayı 376,1990
- /3/ 1991 Yılı Programı
- İM 5 Yıllık Kalkınma Planları

E. . . . .

İ. T. O. K. (L. R. i. k. K. i. f. k. t. r. o. n. i. k. S. a. k. i. t. j. e. s. i.  
Y. e. k. s. e. k. B. e. r. l. i. m. L. s. b. e. r. e. t. i. m. i. t. s. a. n. a. t. i. o. n. u.

### ÖZET

Bu çalışmada, katı yalıtkanlardaki elektiriksel delinme mekanizmasını bir giriş ağaçları ve birim d' ve yüksek gerilimlere kaynak olarak kabul edilmiştir. İt. - ratürde verilen bilgilerden yararlanılarak ağaçlanma mekanizmasını d. - t. j. l. - ri ve ağaçlanmanın önemi ile ilgili bilgiler verilmiştir.

### 1. Giriş

Elektriksel katı yalıtkanların delinme davranışına etkiyen pekçok etken vardır. Bu etkenlerden birisi de yüksek gerilim yansıması kablo yalıtkanlarında sıkça karşılaşılan elektriksel ağaçlanma olayıdır. Gerek kablolarda gerekse ayrı olarak katı yalıtkanlar üzerinde yapılan deneysel çalışmalarında, boşalma sırasında, gelişimi ağacı benzeren dallanmış oyuk ve kanalların oluşumu, "elektriksel ağaçlanma" kavramını ortaya çıkarılmaktadır.

Ağaçlanma, yalıtkanlarda elektriksel korunan yüksek olduğu boşluk, yabancı parçacık, yarık, çatlak gibi yerlerde sıcaklık, basınç ve nem gibi pekçok etkenin sonucu oluşup gelişen bir elektriksel kısmi boşalma olayıdır. Genelde alternatif ve darbe gerilimlerinde daha etkin olan bu olay, zamanla gelişerek yalıtımın bozulmasına ve delinmesine yol açabilir. Bu da sistem güvenliği açısından istenmeyen bir durum olur.

Ağaçlanma, başlangıç koşullarına bağlı olarak değişik şekillerde oluşup gelişir. Bu bakımdan oluşumlarına ve görünüşlerine göre ağaçlanma şekillerine değişik adlar verilmektedir. Yalıtkan maddelerde gözlenen ağaçlanma şekilleri, elektriksel /1-4/ ve sulu ağaçlanma /5-9/ olarak iki ana başlık altında toplanabilir. Bunlar da yalıtkanlarda oluştukları yere göre iç ve dış (yüzeysel) ağaçlanma veya gelişme yönüne göre bir yöne gelişen ve iki yöne gelişen ağaçlanma gibi değişik sınıflara ayrılabilir.

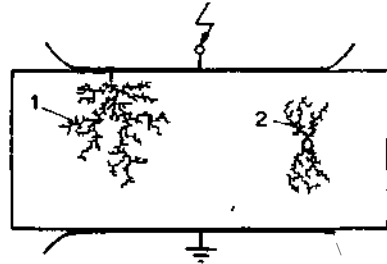
Ağaçlanma davranışını incelemeye yönelik araştırmalarda, üzerinde en çok çalışılan yalıtkan, kablo yalıtımında yaygın olarak

kullanılan polietilendir. Bu bakımdan: İt. - ratürde ve burada verilen bilgiler, il. - t. j. l. - ri bu malzeme ile ilgilidir.

Bu çalışmada, ağaçlanma mekanizmasını deneysel yöntemleri ve ağaçlanmayı başlatan ana hatları ile açıklanarak, İt. - ratürde önemi ve sorunları ortaya konulmuştur. Sözü edilen bilgiler, il. - t. j. l. - ri.

### Ü. Akaçlarıma Hakanlı zıuuları

Bu bölümde, iki temel ağaçlanma türü elektriksel ve sulu ağaçlanma mekanizmasını kısaca açıklanacaktır. Ağaçlanma başlangıçta delinmenin başlangıç KV'ını belirleyen bir boşalma olayıdır. Bu olay, yalıtkanın iç yada dış yüzeyinde veya içinde başlayabilir ve başlangıç kofinlnhır. İt. - ratürde olarak bir yöne veya iki yöne gelişen bir gelişme gösterir. İt. - ratürde neğin bir yöne yoğun ve kısa (çalı bı - ırnı) ağaçlanma veya daha seyrek fakat açılır; (yelpaze biçimi) ağaçlanma veya iki yöne gelişen (papyon biçimi) ağaçlanma gibi adlarla tanımlanır.



Sekil-1. t. j. l. - ri ağaçlanma örnekleri  
(1) Tek yöne gelişen ağaçlanma  
(2) İki yöne gelişen ağaçlanma

iki yöne gelişen ağaçlanma, genellikle yalıtkan içindeki boşluk veya yabancı parçacıklardan başlar. Bir yöne gelişen ağaçlanma ise yalıtkanın batan veya girinti yapısı, iletken parçacıklardan veya yalıtkan içindeki yarık, çatlak ve pürüzlülük gibi yalıtkan kusurlarının bulunduğu yerlerden başlar. Sözü edilen tür, bu durumlarda yerel elektriksel korunan ve başlangıç koşullarının etkisi büyüktür. Dış (yüzeysel)

bu nedenle, iç 3j:Kları göre daha

Elektriksel abatlalarının mekanizması üzerine  
bu mekanizma, elektriksel alanın varlığında ve nemin  
(suyun) etkisiyle oluşan boşalmalar olduğu  
bilinmektedir. Bunlar, daha alçak gerilim-  
lerde ort'jM çıkan ve daha dar bir bölge  
içinde yayılan ağaçlanmalardır. Su ağaçla-  
rı, yayılan ve kalıcı olmayan bir yapıya  
sahiptir. Bu tür ağaçlanmada, alan ve su-  
yun etkisi kalktığı anda ağaçların görünümü  
kaybolur. Ancak tekrar su ile temas ettik-  
lerinde ya da boyama, lekeleme gibi çeşit-  
li yöntemlerle görünürlük kazanırlar. Su  
aj,ıçları ilişkilemenin orluftu, bunları  
elektriktirli yöntemleriyle araştırma-  
nın olanaksız oluşundandır. Yapılan araş-  
tırmalar nemin ve sıcaklığın yalıtım siste-  
mi üzerinde fizyoloji edilemeyecek etkile-  
ri olduğunu göstermiştir.

Anlaşıldığı gibi, sulu ağaçlanma oluşumunu  
etkileyen üç etken, elektrik alanı, nem  
;IU» ve yalıtıkandaki kusurlardır. Yalıt-  
ıkandaki yerel su birikimleri veya nem,  
alan şiddetindeki yükselme, dielektrofore-  
2is ve difüzyon etkisiyle sulu ağaçlanma-

nın başlanma nedeni nedir. M, r, . . . . .  
buından sonraki oluşumları ve fi-1, - r: . . . . .  
t; . . . . . jrekanil: ve elektrokimyasal . . . . .  
başlıdır. Örneğin elekt. mekanik etkiler  
bunların yalıtıkandaki boşluklarda ve nemin  
buharlanma gibi olaylar ve bunun . . . . .  
yıl itkanda küçük yarıklar ve çatlakların --lu  
sumu sulu ağaçların başlamasına ve t. . . . .  
me.sine yol açar. Sulu ağaçlanma daha iler-  
aşamalarda zamanla elektriksel arıaçlanmay  
ve sonunda da elektriksel delinmeye d--m  
sür. Elekt.rokimyasal etkilerden . . . . .  
yalıtıkandaki boşluklarda suyun hidr-  
jen ve oksijene ayrışarak gaz oluşumu . . . . .  
layla ile bunun yalıtıkandaki bosan yük. . . . .  
gaz basıncına ve genleşmeler- yol açma . . . . .  
kimyasal tepkimeler ve oksidasyon gibi  
olaylar anlaşılır. Bu olaylar da sulu  
ağaçlanmanın oluşmasına ve pel İŞİTK-O IW -  
sonunda da elektriksel ağaçlanmaya ve  
rj) elektriksel delinmeye dönüştürme sine yardım  
olur.

Düzgün elektrik alanında nemin etkinliği  
önemli; olmakla birlikte nemin yüksele-  
rel alanların bulunduğu noktalarda . . . . .  
masına yol açar. Bu da su ağaçlarının gör-  
rünürlüğünü sağlar. Su miktarındaki artırı-  
eu ağaçlarının başlaması için gereken ger-  
ilimi düşürür. Ayrıca, su miktarındaki artırı-  
ve mineraller ve yalıtıkandaki oksit,  
lenmeler ve sıcaklık artışları da atsa^lm-  
mayı arttırıcı etkenlerdendir.

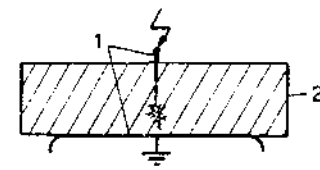
Buraya kadar ağaçlanma mekanizmaları öz.M  
lenmeye çalışılmıştır. Verilen bu kısa  
bilgilerin sınırlı fakat temel olduğu, an-  
cak olayların ayrıntısını açıklamak için  
yetersiz olduğu açıktır.

### 3. Ağaçlanma Deneyleri

Ağaçlanma deneyleri, hem yalıtıkandaki hem  
de yalıtıkandaki kullanıldıkları etem ile  
birlikte.örneğin kablo üzerinde yapılmak-  
tadır. Deneyler, yalıtıkandaki veya kablonun  
ağaçlanma davranışı ve kalitesi hakkında  
bilgi edinme olanağını verir. Burada ysl-  
nısca yalıtıkandaki uygulanan ağaçlanma  
deneylerinden söz edilecektir.

#### 3.1 Elektriksel Ağaçlanma Deneyleri

Bu tür ağaçlanmayı incelemeye yönelik de-  
neyler, genellikle bir sivri uç-düzlem,  
basen de sivri uç-sivri uç elektrot . . . . .  
temleri ile gerçekleştirilmektedir.



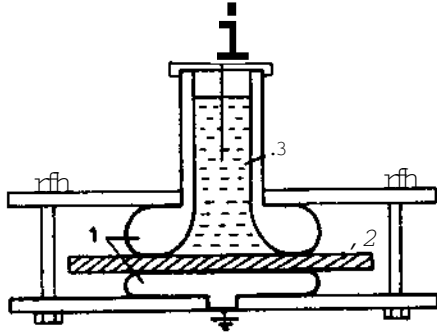
Şekil-2.

Sekil-2 de görüldüğü gibi, sivri uc-düslem elektrot sisteminde yalıtkan içine gömme veya batırma gibi yöntemlerle bir sivri uçlu elektrot (iğne) yerleştirilir. Elektrot açıklığı, yalıtkanında kısa sürede delinme olmayacak kadar büyük ağaçlanma gözlenebilecek kadar küçük seçilir. Deney süresi, yalıtkanın özelliklerine bağlı olarak belirlenir. Genellikle bu eüre saatler mertebesindeir. Bu deneyde, sivri ucun üründen başlayan ajacın boyutları ve gelişimi incelenir.

### 3.2. Sulu Ağaçlanma Deneyleri

Burada yalıtkanlar (işerinde uygulanmakta olan ve standartlaştırmaya doğru gidilen eulu ataçlarına deney yöntemlerinden üçü açıklanacaktır. Bu yöntemler A, B ve C olarak adlandırılarak verilecektir. Bu deneylerde deney örnekleri tabaka biçiminde alınmakta; deney eriyiği olarak içinde % 0,01 oranında NaCl bulunan damıtık su kullanılmaktadır.

3.2.1 A yöntemi: Bu yöntemle yalıtkanların yüzeyssel afeaçlara karşı davranışı incelenir (Şekil-3). Bu amaçla yalıtkan (işerine yapay olarak çentikler açılır ve bunlara dolan elektrolitin de etkisi ile oluşan ağaçlara karşı yalıtkanın davranışı belirlenir. Bu deneylerde ölçüt, oluşan ağaçların uzunluğudur.

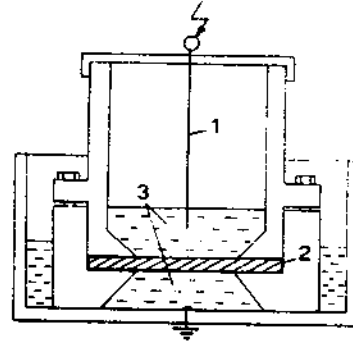


Sekil-3. A yöntemine ilişkin deney düzeneği  
(1) Elektrotlar,  
(2) Yalıtkan,  
(3) Elektrolit

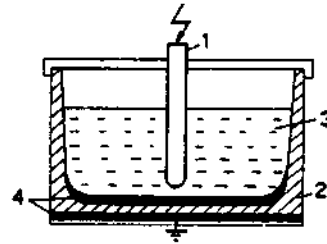
3.2.2. B yöntemi: Bu yöntemle, yalıtkan içinde ortaya çıkan ağaçların davranışı incelenir (Şekil-4). Bu deneyden amaç, yalıtkan içinde, belli bir uzunluktan büyük iki yöne gelişen ağaçların uzunluğunu ve yosunlusunu belirlemektir.

3.2.3. C yöntemi: Bu yöntemle ise, hem yalıtkan içindeki hem de yarıiletken tabakalar üzerindeki ağaçların davranışı incelenir (Şekil-5). Böylece, sulu ağacın gelişmesinden sonra yalıtkanın delinme dayanımındaki azalma ve yarıiletken tabakalarla

yalıtkan arasındaki uy^unluk ^m ; <.. \ ; ..



Şekil-4. B yöntemine ilişkin deney düzeneği.  
(1) Elektrot,  
(2) Yalıtkan,  
(3) Elektrolit



Şekil-5. C yöntemine ilişkin deney düzeneği  
(1) Elektrot.  
(2) Yalıtkan.  
(3) Elektrolit.  
(4) Yarıiletken tabakalar

Kısaca açıklanan bu deneylerin ortak yanı, genelde denenecek yalıtkanlara usun : "üt-fi l-j utma. kurutma gibi ön koşullandırma işlemlerinin uygulanması ve sonuçların (ağaçlanmanın) mikroskop altında değerlendirilmesi dirilmesidir. Ağaçlanmanın göslenelviuesi için katı yalıtkanın en azından yarı saydam olması gereklidir. Değerlendirmede. ağaç boyu, genişliği, yofiufluftu (birim hacimdeki ağaç sayısı), ağaçlanmanın başlangıç gerilimi, samanı, başlangıcından delinmeye kadar geçen süre, gelişim şekli ve bunlara etki eden etkenler gibi büyüklükler gözönüne alınmaktadır.

#### A. Ağaçlanmanın Önlenmesi

Ağaçlanmanın önlenmesi için yapılan araştırmalar öncelikle ağaçlanmaya yol açan etkenlerin giderilmesi yönünde olmuştur. Bu amaçla, yapısal kusurları eri asa imm.-; elektrikselse, mekanik ve kimyasal .->el lik leri elverişli yalıtkan üretimi c> lışmaları yapılmaktadır. Ayrıca katkı marl.Jel\*

rinin kullanımı ile ağaçlanmaya dayanıklı yalıtkan yapımı ve yalıtkan içindeki boşlukların önlenmesi veya doldurulması gibi önlemler de gözönüne alınmaktadır.

#### 5. Sonuç

Bu çalışmada, kısaca elektriksel ve eulu ağaçlanma mekanizmaları, deney yöntemleri ve önlenmelerine ilişkin bilgiler verilmiştir. Bu bilgiler, ülkemizde de konunun biraz daha tanınmasına ve anlaşılmasına yardımcı olması amacıyla ele alınmıştır.

Görüldüğü gibi elektriksel ağaçlanma, yalıtımı bozan, zayıflatan dolayısıyla sisten güvenliğini tehdit eden etkenlerden biridir. Bu bakımdan ağaçlanma, koşullarının bilinmesi, önlenmesi ve standart deneyler geliştirilmesi için üzerinde daha fazla deneysel ve kuramsal çalışma yapmaya uygun bir konudur.

#### S. Kaynaklar

- /1/ BAHDKR, G., DAKIN, T.M., LAHSON, J.H., Analysis of Treeing Type Breakdovm, CIGRR, Beport 15-05, 1974.
- /2/ KICHHOBH, B.M., Treeing in Solid Extrud«d Electrical Insulation, IEEE Trans. on Electr. Insul., Vol.EI-12, No.1, Feb.1976, pp.2-15.
- /3/ STOICA. M., TANASESCO. Fi. T., GIURGID. G., IFRIM, A., The Treeing Phenonenon in Synthetic Dielectric Materials For Power Cable Insulation, CIGRE, Yol.I, Report 15-11, 1978.
- /4/ MCMAHON, E.J., A Tutorinl on Treeing, IEEE Trans. on Electr. Insul.. IE-1 :>, No.4, Aug. 197S, pp. 277-288.
- /5/ NUSES, S.L., SHAW, M.T., Water '... ing in Polyethylene A Beview of Mechanisms, IEEE Trans. on El;ctr. Ineul., Vol.EI-15, No.6. Dec İS'SO. pp.437-450.
- /6/ SAURE, M., KALKNER, W., FAREMO, H.. On Water Tree Testing Of Materialc And Systems, CIGRE Symp. . 15/21-fı'. 1990.
- /!/ FREDRICH, D., KALKNER. W., On The Examination Of The Water Treeing Behaviour Of XLPE-Ineulated Cabley. Fifth Int. Symp. on High Voltage Engineering, Paper 21.04, Braunschueig, 1987.
- /8/ STEKHNIS, E.F., KREUGER, F.H., Water Treeing in Polyethylene Cables, IEEE Trans. on Electr. Insul., Vol.25, Oct. 1990, pp. 989-1028.
- /9/ SHAH, M.T..SHAH, S.H., Water Treeeing in Solid Dielectrics, IEEE Trans. on Electr. Insul., El-19, 1984, pp.419-452.

## ENTERKONNEKTE ELEKTRİK ŞEBEKELERİNDE ŞÖNT KOMPANZASYON

Necmi UYAR

ETİTAŞ Bornova / izmir

### ÖZET

Knterkonnekte elektrik şebekelerinin ekonomik ve verimli bir şekilde işletilmesi için alınacak en önemli tedbirlerden biri reaktif şönt kompanzasyonudur. Şebekeler geliştikçe ve yüklem seviyeleri yükseldikçe bu sorun daha da belirgin olarak karşımıza çıkmaktadır.

Hu nedenle, sistemin reaktif kompanzasyon ihtiyacının tesbitinde, teknik gerekçelerin yanında, sistem işletmesinin ekonomi ve verimliliğini ilgilendiren idari kararlar ve tercihler söz konusudur.

### 1. GİRİŞ

Elektrik şebekelerinde kullanılan kondansatörler birer reaktif güç üreticilerdir. Kondansatörler generatörlere ilaveten, yükün ihtiyacı olan reaktif gücü üretirler.

Teorik olarak aktif ve reaktif güç talebini generatörler ile karşılamak mümkündür.

Ancak sistemin işletilmesi sırasında, yaratacağı teknik sorunlar ve ekonomik yönden bu mümkün değildir.

Hu nedenle şebekelerde şönt kompanzasyon uygulaması en uygun çözümdür.

### 2. ŞÖNT KOMPANZASYONUN ETKİLERİ

Şönt kompanzasyonun şebeke üzerindeki etkileri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Fider akımların düşürülmesi,
- Yük baralarındaki gerilimin yükseltilmesi,
- Sistem kayıplarının düşürülmesi,
- Ceneratörlerin daha yüksek  $\cos \theta$  ile çalışması,

- Generatörlerin ve besleme hatlarındaki yüklemnin azaltılması,
- Enerji alışverişi yapılan bağlantı butları u/erimirki talebin düşürülmesi,

### 3. SİSTEMİN ŞÖNT KOMPANZASYON İHTİYACININ TESPİTİ

Sistemin şönt kompanzasyon ihtiyacının tespiti ile ilgili ekonomik kriterler aşağıda sıralanmıştır:

- Sistem (Generatör, transformatör, hat vb) kapasitesinin rahatlatılması ve geri kazanılması,
- Şebeke kayıplarının azaltılması,
- Yük barasındaki gerilimin yükselmesinden dolayı müşteri tüketiminin ve üretici kuruluş lehine yapılan faturalamanın artması,
- Uağlantı hatları üzerinden yapılan enerji alışverişi ile ilgili faturalamanın üretici kuruluş lehine düşürülmesi,
- Sistem ile ilgili ekipman yatırımının azaltılması veya birkaç sene ertelenmesi (geri kazanılan kapasite sayesinde).

### 4. SİSTEMDE ŞÖNT KOMPANZASYONUN YERİ VE MİKTARI

Prensip olarak şönt kompanzasyon, reaktif enerjiye ihtiyaç duyulan yerde yapılmalıdır.

#### 4.1 AG (0.4 kV) Sistemde Kompnzasyon

Aboneleri besleyen OG/AG (örneğin 10,5/0,4 kV) trafo postalarının AG tarafında, çok kademeli otomatik kompanzasyon düzenlerinin tesis edilmesi tavsiye edilmemektedir. Çünkü AG de yapılım kompanzasyonun U/kVAR olarak maliyeti yüksektir.

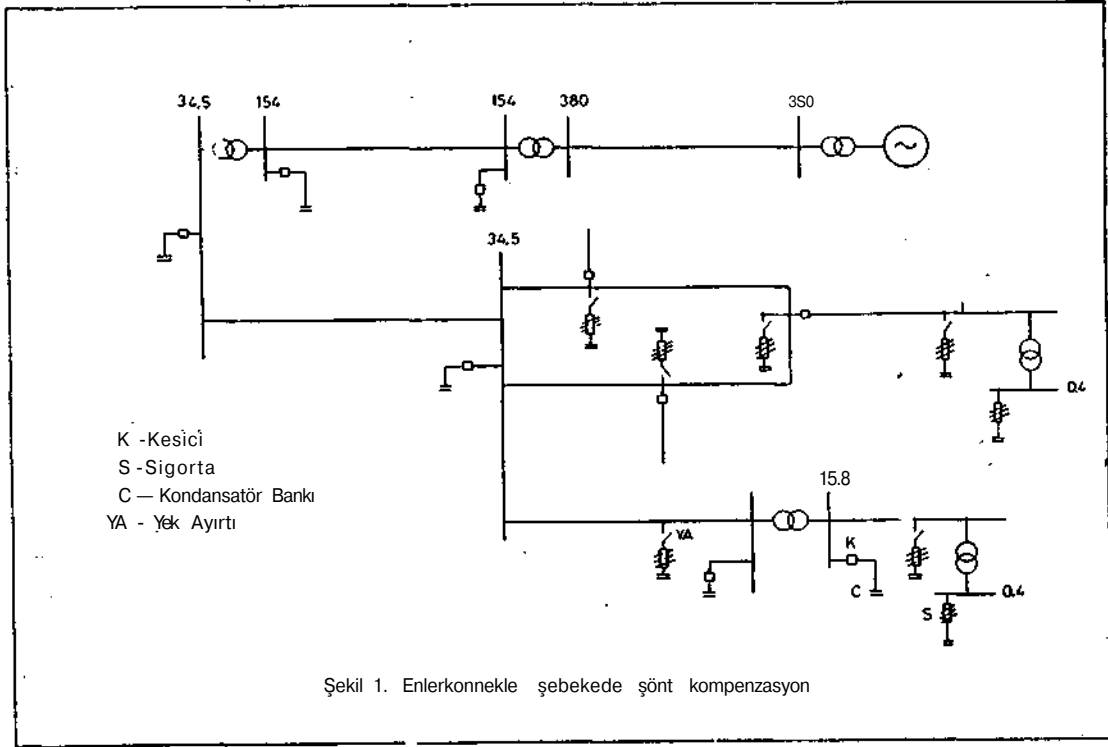
Buna ilaveten, AG barasındaki yük talebi gün boyunca çok değiştiğinden, her kademeyi otomatik olarak servise alıp/çıkaran kontaktörlerin sistemde işletme ve bakım yönünden büyük sorunlar çıkaracağı düşünülmektedir. Ancak AG barada özellikle kom- / • ni. işçii v. phü'as; isteniyorsa yalnız sabit 1. kade- me (kontdürsiir) tes, s edilmeli IP bu kademenin gücü tr; iionun bo^taKi mıknaıslama akimini kompanse edebilecek mertebede seçilmelidir. Sanayi tesislerin- de durum farklıdır ve AG barada otomatik kompan- zasyon yapılabilir. Bu karat tüketiciye aittir. Yalnız bir posta söz konusu olduğundan, az sayıdaki kontaktörün bakımı sanayi tesisinin kendi bakım ekipleri için bir sorun olmayacaktır.

#### 4.2 OG (6,3 - 10,5 - 15,8 - 34,5 kV) Sistemde Kompanzasyon

Sistemde şönt kompanzasyon için en çok ihtiyaç, iuyuan ve en uygun yer OG şebekeleridir.

OG hatlarının karakteristik empedansı  $Z = \frac{1}{\omega C}$  rının, hattın termik yükleme sınırının  $I_{max}$  altında olmasından dolayı, OG hatlarında, şönt kompanzas- yon yapmadan ekonomik bir yükleme yapılması mümkün değildir. Bilindiği gibi hat üzerinde karak- teristik empedans yüklemesi yapıldığında, hattın ürettiği reaktif güç ile tükettiği reaktif güç birbiri- ni dengelemekte ve hattın iki ucundaki gerilimler birbirine eşit olmaktadır.

**En ideal yükleme bu olmasına rağmen, bu değer hattın termik yükleme sınırının çok altında**





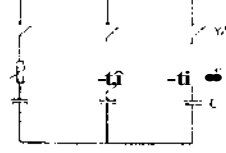
olduğundan ekonomik değildir. Mat, karakteristik empedansı yüklemesinin üstünde bir değerde yüklenildiğinde, hattın üzerinde bir gerilim düşümü oluşmakta ve reaktif güç akışı başlamaktadır. Bu durum ise sistemde sorunlar yaratmakta ve sistem kayıplarına neden olmaktadır. Bu sorunu çözmek için OG şebekede şönt kompanzasyon yapmak gerekmektedir.

A.B.D. de tüm sistemde yapılan şönt kompanzasyonun X75-85 kadarı OG şebekesindedir. Geriye kalan şönt kompanzasyonun çok az bir kısmı AG şebekesinde, büyük bir kısmı YG şebekesinde yapılmaktadır. A.B.D. de yapılan bu kompanzasyon sayesinde OG şebekeleri, güç faktörü  $\cos \theta = 1.0$  olarak işletilmektedir. Minimum yük şartlarında sistemde devamlı serviste kalan ve üzerinde otomatik kontrol düzeni olmayan şönt kondansatörler ile  $\cos \theta = 1.0$  civarında tutulmakta, puant saatlerinde ise  $\cos \theta > 1.0$  değerinde tutabilmek için sisteme ilave kondansatörler otomatik olarak bir kontrol düzeni ile bağlanmaktadır.

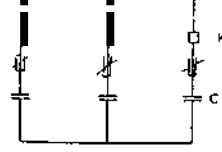
OG şebekelerinde, şönt kapasitörlerin tesis edilebilecekleri yerler aşağıdaki gibi sıralanabilir (Şekil 1):

- YG/OG trafo merkezleri,
- OG/OG trafo merkezleri,
- OG salt ve ölçü merkezleri,
- OG hatlarında direk üstünde,

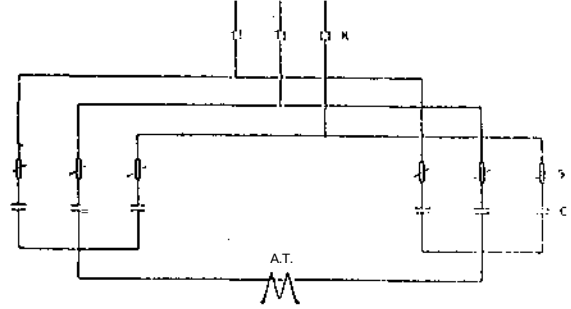
OG şebekede şönt kompanzasyon için geliştirilen bankların özellikleri Şekil 2A, 2B ve 2C de görülmektedir. Bu banklar 3, 12, 24 vtya 48 üniteli olarak imal edilmekte ve güçleri kademeli olarak 300-450-500-600-1200-1800-2000-2400-3600-4000-4800-7200-8000-9600 kVAR olarak değişmektedir. Gücü 600 kVAR'a kadar olan küçük banklar bina içinde bir hücreye veya direk üstüne tesis edilebilir ve sigortalı bir yük ayırıcısı üzerinden şebekeye bağlanabilir. Gücü 600 kVAR'ın üzerinde olan büyük harici tip bankların salt sahalarna tesis edilip, SF 6 veya vakum tip bir kesici üzerinden şebekeye bağlanması önerilmektedir. Büyük banklar dengesiz akım koruması ile donatılmaktadır.



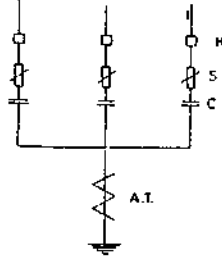
Şekil 2A. Yıldız nötr izole baklan t ilt sön! Vondan'atır bankı (Sigortalı yük ayırıcısı üzerinden bağlı)



Şekil 20 Yıldız nötr izole bağlantılı şönt kondansatör bankı



Şekil 2C. Yıldız - Yıldız nötr izole bağlantılı joni kondansatör bankı



Şekil 20 . Yıldız nötr topraklı bağlantılı şönt kondansatör bankı

YA - Yük Ayırıcısı  
S - Skorla  
K - Kesici  
C - Kondansatör Ünitesi  
AT - Akım Trafoşu



Doç. Dr. Osman Sevaioğlu, Doç. Dr. Celal Koraşlı

Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 06531 Ankara  
Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep

## ÖZET

Endüstriyel enerji sistemleri, iletim sisteminden aldıkları enerjiyi kendi ürettikleri enerji ile birlikte kullanan sistemlerdir. Bu sistemlerdeki generatör grupları, yüklerin daha emniyetli ve kesintisiz olarak beslenebilmesi amacıyla kuplajlanmaktadır.

Yazıda önce, bir kuplaj çalışmasındaki açma, kısa devre ve koruma sistemi analizleri anlatılmıştır. Daha sonra, İskenderun Demir ve Çelik Müessesesi (İsdemir) Sisteminde yapılan bir uygulama tanıtılmıştır. Yazının son kısmında ise, önerilen reaktörlerin özellikleri verilmiştir.

## 1. GİRİŞ: ENDÜSTRİYEL ENERJİ SİSTEMLERİ

Endüstriyel enerji sistemleri, sürekli çalışan, pahalı elemanlardan oluşmaktadır. Sistemin enerji kesilmelerine karşı toleransı azdır. Kısa süreli bile olsa, bir enerji kesintisi üretimde büyük aksamalara, üretim kalitesinde düşmelere, eleman arızalarına ve işgücü kayıplarına neden olmaktadır. Bu nedenle, sistemdeki yüklerin kesintisiz olarak beslenmesi gerekmektedir.

## 1.1. GENERATÖR GRUPLARININ KUPLAJLANMASI

Kuplaj reaktörleri generatör haralarına kesici ve ayırıcılarla seri bağlanmaktadır. Reaktörleri kısa devre edebilmek amacıyla ayrıca paralel bir topraklı ayırıcı kullanılmaktadır.

Sekil 1'de İsdemir Sistemindeki generatör gruplarının kuplajı gösterilmiştir. Sistemdeki generatörler iki grup halinde kuplajlanmıştır. Her grup, besleme trafoları ile Ç.E.A.S. 154 kV iletim sistemine bağlanmıştır. Bu yazıdaki çalışmanın konusu, Grup-1 baraları ile Grup-2 haralarının birbirlerine kuplajlanmasıdır.

## 2. ANALİZLER

Çeşitli işletme alternatiflerinin incelendiği analizler üç kısma ayrılmıştır.

- Açma analizleri,
- Kısa-devre analizleri,
- Koruma sisteminin kuplaj yönünden analizi.

## 2.1. AÇMA ANALİZLERİ

## Açma Alternatifleri

Sistemin en çok ikili açmalar karşısında zorlandığı kabul edilmektedir. İkili açmalar, bir devre elemanının bakım veya arıza gibi bir nedenle programlı olarak devreden çıkarıldığı bir durumda diğer bir elemanın beklenmedik bir arıza sonucu devre dışı olmasıyla ortaya çıkmaktadır.

İkili açmalarda, bir generatör biriminin veya besleme trafosunun bir başka generatör birimi veya trafo ile birlikte' aynı anda devre dışı oldukları kabul edilmektedir.

Her alternatif için, kuplaj bağlantısının olduğu ve olmadığı durumlar ve sistemin alternatif işletme stratejileri incelenmektedir. Kuplaj reaktörünün çeşitli değerleri için, çalışmalar tekrarlanmaktadır.

## Sistemin İşletme Kriterleri

Sistem puant yük şartları altında, ikili açmalar altında normal çalışmasına devam edebilmeli, kısa devre şartları altında ise, hiçbir kesici açma kapasitesinin üzerinde yüklenmemelidir. Burada, normal çalışmadan sistemdeki hiçbir elemanın sürekli güç taşıma kapasitesinin üzerinde çalışmaya zorlanmamış olması anlaşılmaktadır.

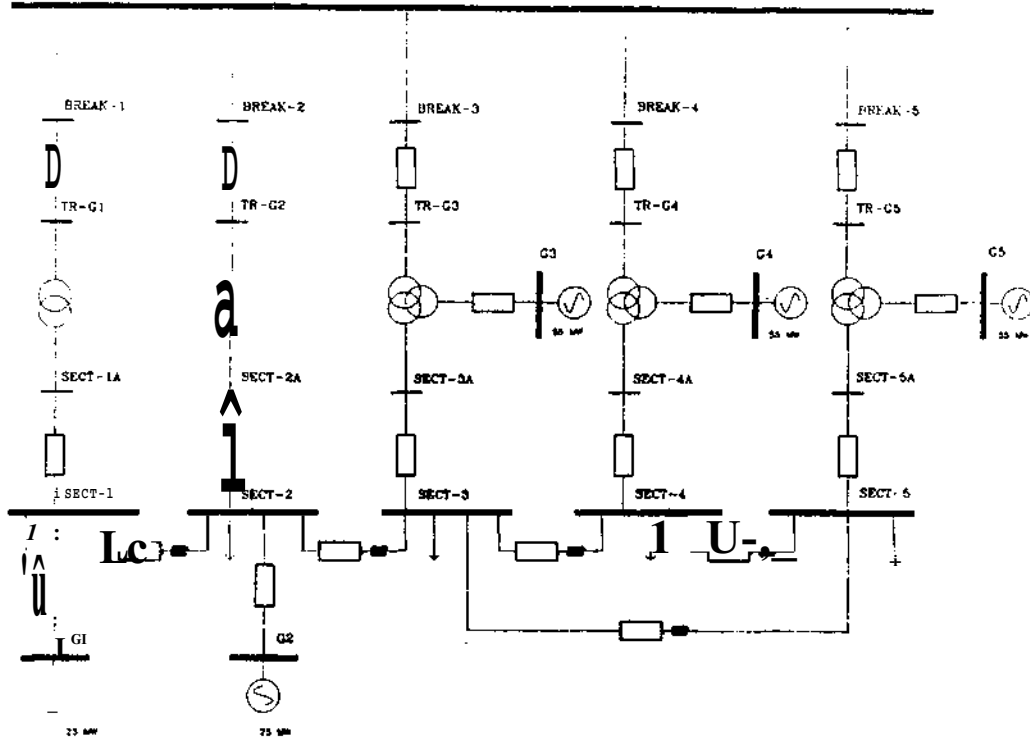
## 2.2. KISA DEVRE ANALİZLERİ

## Kabuller

incelemelerde şu kabuller yapılmaktadır

- Arızalar 3-faz toprak şeklindedir. Generatör baraları civarında ayrıca tek faz-toprak arızaları da incelenmiştir,
- Kesici empedansları sıfırdır,
- Kesicilerde kısa- devre olamaz,
- Generatörler subtransient reaktansları ile gösterilebilirler,
- Düşük gerilim baralardaki asenkron motorlar toplanarak eşdeğer makineler halinde orta gerilim haralarına taşınabilirler,
- Kısa-devre toprak empedansları sıfırdır.

# PAYAS



Sekil 1. Isdemir Sistemindeki Generatör Gruplarının Kupaajları

## İletim Sisteminin Modeillenmesi

İletim sisteminin endüstriyel enerji sistemine bağlandığı 154 veya 380 kV gerilim düzeyindeki bara sonsuz bara olarak kabul edilmektedir.

Sonsuz baranın eşdeğer empedansı, endüstriyel enerji sistemi tarafından baraya verilen 3-faz toprak kısa devre akımının baranın toplam kısa devre akımından çıkarılması, ve baranın kısa devre empedansının yeniden hesaplanması ile bulunmaktadır.

## Senkron/Asenkron Motorlar

Endüstriyel enerji sistemlerinin diğer bir özelliği de sistemde büyük güçte senkron veya asenkron motor yükleridir. Bu motorlar, kısa-devre akımlarına katkıda bulunarak kesicilerin yüklenmelerini önemli ölçüde arttırmaktadırlar.

Senkron/asenkron motorların genel olarak, en fazla X 60 - 80 kadarı devrede olmaktadır. Bu oran pratikte X 80 olarak alınmaktadır.

## Kesici Karakteristikleri

Isdemir Sisteminde kullanılan 6.3 kV kesicilerin nominal ve açma karakteristikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kesici Karakteristikleri

	Giriş Hatları	Generatör Baraları	Seksiyon Baraları
Kesici Modeli	Y-220-M	MRR-10	MRR-10
Nom. Gerilim (kV)	220.0	10.0	6.3
Uyg. Gerilim (kV)	154.0	10.5	6.3
Açma Akımı (kA)	25.0	63.0	63.0
Termik Akım (kA)	25.0	64.0	64.0
Nom. Kap. (MVA)	267.0	90.9	54.6
Açma Kap. (MVA)	6668.0	1154.0	687.0
Darbe Ak.Gen. (kA)	64.0	170.0	170.0
Açma Süresi (Cyc.)	3	4	4

## Kullanılan Yazılım Paketi

Kısa devre analizlerinde Enerji Sistemleri Analiz Paketi (PAP) kullanılmıştır /6/. Paket, kısa devre öncesi ve sonrası bara gerilimlerini, bara ve kesicilerden akan simetrik ve asimetrik (darbe) kısa devre akımlarını ve güçlerini gerçek ve p.u. değerleriyle hesaplayabilmektedir.

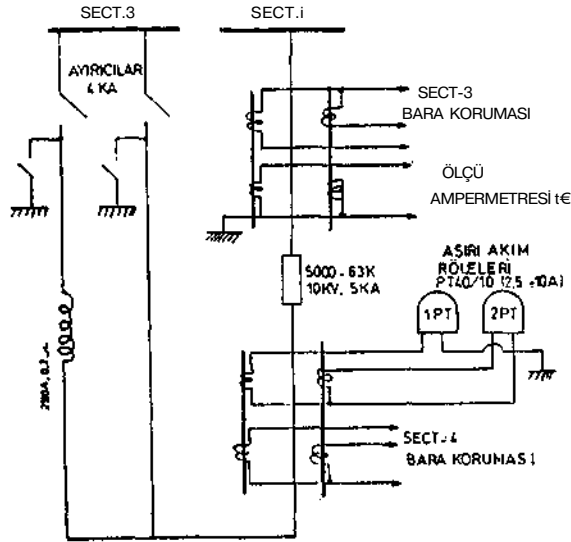
Paket ayrıca, kısa devre noktasındaki pozitif ve sıfır bileşen eşdeğer kısa devre empedansım, kısa devre akımına endüstriyel enerji sistemindeki generatörlerin ve iletim sisteminin katkıları, kesicilerin 2, 3, ve 4 cycle açma süreleri için asimetri ve toplam akım çarpım faktörlerini bulmaktadır.

## 2.3. KORUMA SİSTEMİ ANALİZİ

Kuplaj reaktörleri üç koruma sistemi ile korunmaktadır

- Kısmi bara diferansiyel koruması,
- Ajiri akım koruması,
- Kapama anındaki kısa devrelere karşı koruma

Örnek olarak, Şekil 2'de görülen İsdemlr Sistemindeki SECT-3 ve SECT-4 baraları arasındaki koruma sistemi verilmiştir. Sistemde, sekiz akım trafosu vardır. Bu trafolardan, ikisi kuplajlanan baranın kısmi diferansiyel koruması, ikisi ölçü ampermetresi, ikisi aşırı akım trafosu, ve son ikisi ise baranın kendi diferansiyel koruması için kullanılmaktadır.



Şekil 2, Kuplaj Reaktörleri Koruma Sistemi

## Kısmi Bara Diferansiyel Koruma Sistemi

Baralar için kısmi diferansiyel koruma sistemi genellikle yeterli olmaktadır. Bu sistemde, akım trafoları sadece baraya bağlı generatör ve besleme trafosu fiderlerine bağlanmaktadır. Sistemin yük akımlarına karşı hassasiyeti yoktur.

## Aşırı Akım Koruma Sistemi

Genel olarak her kuplaj reaktöründe bir aşırı akım koruma sistemi kullanılmaktadır. Sistem iki akım trafosu ve iki aşırı akım rölesinden oluşmaktadır. Aşırı akım röleleri aynı radyal fiderdeki diğer aşırı akım röleleri ile koordine edilmiştir. Bu koordinasyon, reaktörden geçebilecek en yüksek yük ve kısa-devre akımlarına göre yapılmaktadır. Bu koordinasyon şu iki parametreye göre yapılmaktadır

- Rölenin aşırı yük akımı ayarı,
- Rölenin gecikme ayarı.

Rölenin zaman ayarı reaktörün dayanabileceği en uzun süreyi belirlemektedir. Firmalardan alınan teknik dayanma karakteristiklerine göre İsdemlr Sistemi için önerilen reaktörün dayanma süresi yaklaşık 9 kAmper için 2 saniye civarındadır.

## Kapama Anında Kısa Devreye Karşı Koruma

Her kesici için bir tane kapama anında kısa devreye koruma sistemi vardır. Her sistem kendi kuplaj kesicisini kontrol etmekte ve kapama anında reaktörde bir kısa devre olduğu zaman kesiciyi açmaktadır.

## 3. REAKTÖRLERİN ÖZELLİKLERİ

Tablo 2 ve 3'te İsdemlr Sistemi için önerilen kuplaj reaktörlerinin teknik özellikleri verilmiştir. Bu özellikler analizlerden elde edilen sonuçlarla belirlenmiş üretici firmalardan elde edilen üretim bilgilerinin derlenmesiyle ortaya çıkarılmıştır. Şekil 3'te reaktörün fiziksel kesitleri görülmektedir.

Tablo 2. Önerilen Reaktörlerin Fiziksel Özellikleri

Özellik	Fiziksel Özellikleri		
	Birim	Reaktör-1 SECT. 1-3	Reaktör-2 SECT. 2-3
Reaktör boyutları			
Çap	(mm)	1778.0	1499.0
Yükseklik	(mm)	1041.0	864.0
Sargılar Arası Mesafe	(mm)	445.0	445.0
Toplam ağırlık (3 faz)	(kg)	2500.0	3750.0
Toprak iz. sayısı		8	8
Sargılar ar. iz sayısı		8	8
Maksimum çalışma yük.	(m)	1000.0	1000.0
Maksimum çevre sıcak.	(C)	40	40
Maksimum sargı sıcak.	(C)	65 <sup>0</sup>	65 <sup>0</sup>
Geçerli Standartlar		IEC	IEC

Tablo 3. Önerilen Reaktörlerin Elektriksel Özellikleri

Özellik	Birim	Reaktör-1 SECT. 1-3	Reaktör-2 SECT. 2-3
<b>Tip</b>			
Güç (3 faz toplam)	Kuru, hava Göbekli (MVA)	27.3	27.3
Nominal Gerilimler	(kV)	6.3	6.3
Faz sayısı		3	3
Frekans	(HZ)	50.0	50.0
Endüktans	(mH)	1.273	1.273
Anma Akımı	(Amp)	2500.0	2500.0
Termik Dayanma Akımı	(kA/2 sn)	9.0	9.0
Mekanik Dayanma Akımı	(kA)	23.2	23.2
Tam yükte Kayıplar			
Demir Kay. (75°C)	(KW)	0.3	0.3
Bakır Kay. (75°C)	(kW)	26.9	20.1
Kısa Devre Ger.(75°C)	(X)	8.6	17.2
<b>BİL (Basic Ins. Level)</b>			
Sargılarda	(kV)	60.0	60.0
Sargılararası İzol.	(kV)	95.0	95.0
Toprak izol.	(kV)	95.0	95.0
İsletme Şekli	Sürekli	Sürekli	Sürekli
Soğutma Sekli	ANAF	ANAF	ANAF
Geçerli Standartlar	IEC	IEC	IEC

TEŞEKKÜR

Yazarlar, bu çalışma için İskenderun Demir ve Çelik Müessesesi Müdürlüğü tarafından gösterilen desteğe teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

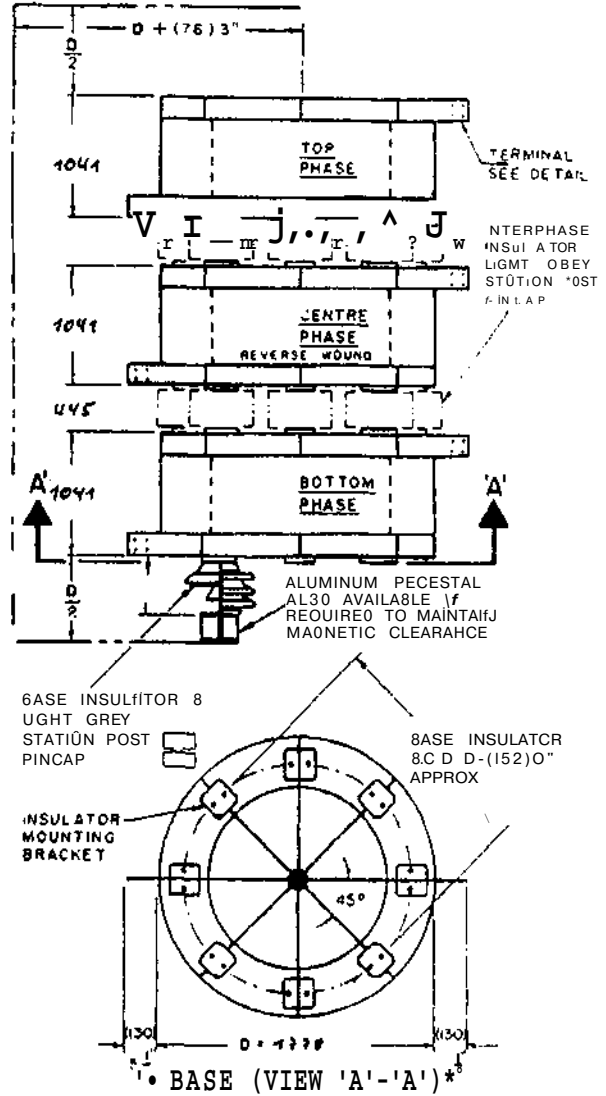
- /1/ The Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc, IEEE, Electric Power Distribution for Industrial Plants, New York, N. Y. 10017, Fourth Edition, 1969.
- /2/ Beeman D., Editör, Industrial Power Systems Handbook, Mc Graw Hill-Book Company, First Edition, 1955.
- /3/ American National Standards Institute Inc, Application Guide for AC High Voltage Circuit Breakers Rated on a Symmetrical Current Basis, American National Standard, ANSI, IEEE Std. 320-1972, ANSI C37.010-1972, 1972.
- /4/ Huenling Walter C. Jr., Interpretation of New American National Standards for Power Circuit Breaker Applications, IEEE Transactions on Industry and General Applications, Sept./ Oct., Vol. IGA-5, No. 5, 1969.
- /5/ Ohlson R. O., Procedure for Determining Maximum Short Circuit Values in Electrical Distribution Systems, Square-D Company.

/6/ Seva oğlu, Power System Analysis, PAK (PAP) Middle East Technical University, Ankara, 1988.

/7/ Chernobrovov N., Protective Relaying, Mir Publishers, Moscow, 1974.

/8/ Davis T., Protection of Industrial Power Systems, Pergamon Press, 1984.

/9/ Mason C. R., The Art and Science of Protective Relaying, John Wiley & Sons, Inc., 1964.



Şekil 3. Reaktörün Fiziksel Kesitleri

TAHMİNİ YAKLAŞIM YÖNTEMİ

I. GÜNEY, C. AKÜNER

M.Ü.T.E.F. ELEKTRİK BÖLÜMÜ

DZET

si gerekmektedir.

Bu çalışmada iletim hatlarında kullanılan aratutucuların optimal olarak yerleştirilmesi için probabilistik yaklaşım yöntemi kullanılmıştır. Yapılan analizde iki sınır koşul ele alınmıştır. Bilinen yöntemlerin yeteri derecede kullanıma ve iletkenle aratutucuların temas noktalarındaki aşınmanın minimum olmasına çalışılmıştır. Verilen yöntemde aşağıdaki parametreler dikkate alınmıştır. Bunlar;

- İletim hattının tasarım parametreleri
- İletim hattının bulunduğu güzergahtaki farklı genlik ve frekansdaki rüzgar titreşimleri ve bunların oluşumuyla ilgiliveriler.
- Güzergahlarda kullanılan aratutucuların aşınma yönünden malzeme özellikleri
- İletim hattının tesis aşamasında aratutucuların yerleştirme hatalarının olasılığı olarak sıralanabilir.

Yöntemin daha iyi uygulanabilmesi için konu bir örnekle açıklanmıştır.

1-GİRİŞ

Yüksek gerilimli enerji iletim hatlarında, iletim geriliminin direkler arası mesafe-fenik, kullanılan iletken kesitinin büyümesi, iletkenlerin güç arttırmak amacıyla demet iletkenlerin kullanılması iletim hatlarında titreşim problemlerinin ciddi bir şekilde incelenmesine neden olmaktadır. Titreşim genliğinin tehlikeli olmaya başladığı frekans değerinin doğru olarak bilinmesi pratik önem taşımaktadır. İletkenlere dik yönde esen rüzgar kuvveti, titreşim frekanslarının ilgisizliği ve bununla ilgili olarak, yüksek gerilimli hatlarda titreşim problemlerinin önlenmesi için yapılan çalışmaların, rüzgarla vurulmaya maruz kalan hatların arkasındaki uçuş burunlu hava alarınları, iletkenleri taşıyan ve yuları hareket ettirenlerdir. Bu malzemenin yorulmasına neden olan kopulmasına neden olmaktadır. Titreşim, malzeme ve dolayısıyla iletkenlerde oluşan arızalara uzun mesafelerde daha sık rastlanmaktadır. Ayrıca demet iletkenlerin kullanılmasında durumlarında titreşimlere karşı demet iletkenlerin durdurulması ve ekonomik bir çözüm bulunma-

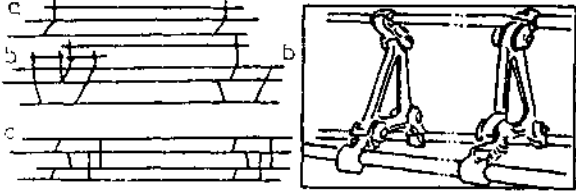
2- TİTREŞİMLERİN BAĞLI Nİ. PUHÂRLI PARAMETRELER

İletim hatlarında titreşimleri, damperlerin seçiminde ve üzerindeki tesbit yerlerinin hesaplanmasında ilgilidir. Tehlikeli olmaya başladığı değerinin doğru olarak, belirlenmediği taşımaktadır. Titreşim özellikleriyle iletken gerilmesinin hattının geçtiği arazinin etkisiyle oluşan titreşimlerden meydana gelebilecek hasarın indirilmesinde, demet iletken aratutucuların optimal olarak yerleştirilmesi için;

- İletken gerilmesi
- İletim birim uzunluk ağırlığı
- Aralık uzunluğu
- İletim boyunca aratutucu uzunluğu
- Aratutucu yerleştirme hataları
- Rüzgar titreşim, frekans sınırı

parametreleri yapılacak araştırmalarla belirlenebilir. Ayrıca fiziksel sistem tanımlayabilecek bir matematiksel modelin geliştirilmesinde, uygun bir şekilde alınacak veriler çok önemlidir. Hasarın görülmüş bazı durumlarda yapılan muayenesinde aşınmanın önlenmesine ve boylamasına olmak üzere her iki yönde olduğu görülmüştür. İletkenin dış yüzeyine doğru titreşim alan ve boyunu alan olarak aşınma alanları limitleri ve titreşim noktası olarak belirlenmiştir. Ayrıca, titreşim alanı meydana getiren malzeme ve aratutucu arasındaki ilişkiyi belirleme hareketinin maksimum değeri olduğu gözlemlenmiştir. Titreşim demet iletkenlerin bir birleri ile salınımında bulunması söz konusu değildir. Sürtünme kuvveti ve dolayısıyla titreşim artmaktadır. Bununla beraber bu tür yüksek genlikli titreşim durumunda oluşmazdır. Özellikle iletkenlerin asenkron salınım

iletkenlerdeki yüksek frekansta salınım yavaşlığı ve 'onay ol,ural' düşük genlikli bir I. arşı kuvvet /aratmaktadır. bu nedenle derinlet iletkenlerin senkron titreşimlerinin ve analizini buna göre yapılmıştır. 1. d-2- gerçekte sonuçlar vermektedir /1/. Eğer iletken her zaman < > nı s- hit frekansta titreşseydi problem daha A, l' ve cabll olacaktı ancak uygulamaaki durum boyie degildir. Fırtllkte> alınan salınımla ilgili veriler" titre^in frekansının alt ve üst sınırlarını belirlemektedir. Demet iletkenlerde, iletkenler aratutucular yardımıyla birbirlerine bağlanır ve bu aratutucu 1 arın titreşim 1 eriri oluşumuna on- mli cırpcede etkiler'i vardır. Titreşim (n şiddeti, d e? m e 11 n yekime, aratutucuların sayıdır ve birbirine bağlanma noktasının ortasıdır. Sei= i 11 de demet iletkenlerdeki aratutucuların yayılımı meşek \ 1 [ en, demet iletkendeki titreşim Gciysirid bağılı olarak gösterilmektedir.

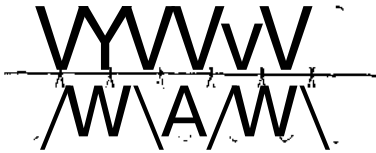


Sekil 1

iletkenlerde oluşan titreşimler, iletkenlerin gerilmesine bağlı olarak düğundan iletkenlerdeki ortalama günlük yenilme büyük seçildiğinde, titreşimlerin arttığı ve bu nedenle daha fazla çamur kullanımı gerektiği görülmüştür /2/.

2. PROBLEMİN İZLENİMLERİ

iletkenlerin titreşim tutarındaki titreşimlerin dalgaların etkisiyle oluşan titreşimlerin etkisiyle oluşmaktadır.



Sekil 2

iletkenin salınımı tek boyutlu dalganın eşitliğiyle,

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{d^2 y}{dx^2} = 0 \quad (1)$$

olarak düzenlenebilir. Burada,

$$a = \sqrt{T/m} \quad (2)$$

dir. Sınır koşulları

$$y(0, t) = y(L, t) = 0 \quad (3)$$

olarak ifade edilebilir. (3) Hadeinin kullanılmasıyla (i) ifadesinin çözümünü,

$$y(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) \cos\left(\frac{n\pi a t}{L}\right) \quad (4)$$

yazılabilir. (4) ifadesinin sadeleştirilmesi,

$$y(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) \cos\left(\frac{n\pi a t}{L}\right) \quad (5)$$

elde edilir. An ve Hn bağımlı; koşullarına bağlıdır. Titreşim frekansı ile dalgaboyu arasındaki ilişki (5) ifadesinden elde edilebilir. Titreşim frekansı,

$$f = \frac{na}{2L} \quad (6)$$

dir. n bir tam sayıdır ve,

$$n = \frac{2Lf}{a} \quad (7)$$

olarak ifade edilebilir. L dalganın boyu ise

$$L = \frac{L}{n} \quad (8)$$

(6) ve (8) ifadesinin (7) de yerine konulmasıyla dalganın boyu ve titreşim frekansı arasındaki ilişki,

$$L = \frac{a}{2f} \quad (9)$$

olarak bulunur. F1 ve Fu arasındaki frekans sınırı için dalganın boyuna ait sınır da a/2F1 ve a/2Fu ya eşit olacaktır. f frekansında titreşen iletkenin açıklıkları için belli pozisyonlarda yerleştirilen aratutucuların merkezlerinin yoz onunu alınmasıyla ve aratutucuların boyunun L/2 ye eşitliğinden, aratutucuların boyunda oluşan S düğümlerinin sayısını bulmak için,

$$S(f) = \text{INT}\left(\frac{L}{a/2f}\right) - \text{INT}\left(\frac{L}{a/2f}\right) + 1 \quad (10)$$

eşitliği yazılabilir ve



işlemlerin yapılmasıyla,

$$S(x,y) = \text{INT} \left\langle \frac{x + .5Ls2f}{a} \right\rangle - \text{INT} \left\langle \frac{:-.5Ls2f}{a} \right\rangle \quad (11)$$

elde edilir /4/. Burada INT(z), iki sayının tam sayılı kısmıdır. Yani INT(z)=k ise, k kız ve k + 1 > .z koşulunu sağlayan bir tamsayıdır.

P<f>, f -frekansında titreşebilen iletken olasılığını içeren ihtimal yoğunluk fonksiyonunu ifade etmek üzere,

$$\int_{F1}^{Fu} P(f) df \gg 1 \quad (12)$$

yazılabilir. X mesafesinde -f -frekansında titreşmekle iletken ve aratutucuda meydana gelebilecek hasar ihtimali de,

$$\text{Hasar} \langle x, f \rangle \langle P(f) \cdot S(x, -f) \quad (13)$$

ifadesiyle verilmektedir. Aratutucuların X durumunda yerleştirilmesinde titreşim frekansının F1 den Fu ya kadarki bütün değişimleri için hasar ihtimali,

$$\text{Hasar} \langle x \rangle = \int_{F1}^{Fu} P(f) \cdot S(x, f) df \quad (14)$$

olur. Aratutucuların istenilen durumdan E mesafesi kadar uzakta yerleştirilmesi halindeki Pp(e) ihtimal yoğunluk fonksiyonu,

$$\int_{-E}^{+E} Pp(e) de = 1 \quad (15)$$

dir. E aratutucuların istenilen durumdan uzakta yerleştirilmesindeki maksimum hatadır. (14) ifadesinin bu durumda dikkate alınarak düzenlenmesiyle,

$$\text{Hasar} \langle x \rangle = \int_{-E}^{+E} Pp(e) \left[ \int_{F1}^{Fu} P(f) S(x+e, f) df \right] de \quad (16)$$

elde edilir. Bu ifade aratutucuların yerleştirilmesi için optimal durumun saptanmasında kullanılabilir /5/6/.

#### 4-SAYISAL UYGULANP,

Bu yöntem, aratutucu yer'k^inurun optimal olarak belirlenmesi amacıyla aşağıda verilen parametrelere -juro uygulanarak çözüm yapılmıştır. Öncelil-le titreşim -frekansı P(-f) ve yerleştirme hatası Pp(e) için olasılık fonksiyonları üretilmiştir.

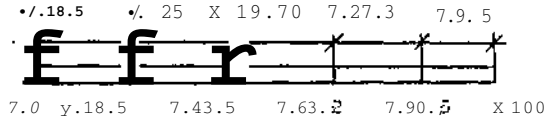
iletken tertibi	:2::954 MCM Cardinal
iletken çapı	:30.42 mm
iletken kesiti	:547.345 mm <sup>2</sup>
Çıplak iletken ağırlığı	:1.826 kg/m
Normal rüzgar yükü	:2.141 kg/m
Maksimum rüzgar yükü	:2.748 kg/m
Toplam menzil uzunluğu	:350 mt
iletken gerilmesi	:3320 kg

Frekans sınırı ve yerleştirme hatası için farklı değerler alınmıştır. Bununla ilgili değerler tablo 1 de verilmiştir. Direkler arası açıklık sabit olmadığından aratutucuların yerleştirilmesi için optimal noktaların belirlenmesinde toplam açıklığın yüzde(X) olarak verilen değerlerinin kullanılması daha uygun olmaktadır.

TABLO 1

Yerleş.hat.	±E	±0m	±.35m	±.70m	±1.05m
Frekans Sınırı F1-Fu	15-40 Hz				

Sekil 3 de uygulamadan elde edilen sonuçlar gösterilmiştir. önerilen aratutucu yerleri direkler arası mesafenin yüzdesi olarak ifade edilmiştir.



Sekil 3

#### 5-SONUC

iletkenlerin titreşime karşı korunmasında, işletme verilerine dayanan analiz ve araştırmaların önemi büyüktür. Bu veriler uzun zamanda yapılacak istatistiklerden elde edilmekle burjuv bütün analizler için geçerliliği olmayabilir. Bu durum ili 1:11 koşullarının bölgesel olmaktan yöresel özellik gösterme' -> i. 1:11 kaynaklanmaktadır. Demet 11 r'l'l'en ; 11:11

titreşim genliği yatay yerleştirilmiş ikili demetlerde 1.5-2 de-fa, uçlu veya dđrtlđ demetlerde 5-10 de-fa kđçđlmüřtđr. Aynı zamanda tehlikeli titreşim süresi de önemli oranda azalmıştır. İletim hatlarında titreşime karşı spacer-damper (aratutucu-damper) seçiminde ve iletken üzerindeki tesbit yerlerinin hesaplanmasında titreşim genliğinin tehlikeli olmaya bağladığı frekans değerlerinin doğru olarak belirlenmesi tiiem taşımaktadır. Titreşimin şiddeti özellikle iletken gerilmesine ve iletim hattının aectiği arazinin konumuna çok bağlıdır.

#### REFERANSLAR

- 71/ Chan, R.K., P.R. Ukrainetz, and M.W. Milson, A Probabilistic Approach to Achiŧve Protection Against Di-fferent Modes of Transmission Line Vibration, Proceeding 0+ the 4th Int. Modal Analysis Con-f., Los Angeles, Cali-fomia, 1986
- /2/ Wylie, C.R., and L.C. Barrett, Advanced Engineering Mathematics, 5th ed. Mc GrawHill, New York, 1982
- /3/ Chan, R.K., Ukrainetz, P.R., Nagel, D.R., A Probabilistic Approach -for Optimal Location of Bundled Conductor Spacers to Minimize Damage -from Aeolian Vibration, Proceeding of the First Int. Symposium, Toronto, 1986
- /4/ Hagedorn, P., Schmidt, T., Nasciment, N., Stochastic Field Pi-aces in the Mathematical Madelling af Damped Transmission Line Vibrations, Proceedings of the Fi-fth Con-f.on Mathematical Modelling ,Berkeley, 1985
- ,5/ Newland, D. E., Random Vibrations and spectral ftnalysis, Longman, New York, 1984
- İbi Bcuirgsdor-f, V.V., Liberman A.J., Mechkov V.K., Conductor Vibration and Dancing tmploying on E.H.V. Transmission Lines Bundle Conductors, Cigre, Report No:219, 1964

## BİR YERALTI ENERJİ KABLOSUNUN METAL-OKSİT PARAFUDRLARLA KORUNMASI

M. Uğur Ünver  
Gaziantep Üniversitesi Elektrik-Elektronik Müh.Röl., Gaziantep

Ö7.BT

Metal-oksit. parafudrlarla korunan bir yeraltı enerji kablosunun geçici rejim analizi, bilgisayar yardımıyla gerçekleştirilerek bu bildiride sunulmaktadır. Yeraltı kablo sisteminin alıcı urunda bulunan parafudrların davranışları açma-kapama aşırı gerilimlerine karşı etüt edilmiştir. Bunun için analitik bir metot: olan tadil edilmiş Fourier Dönüşüm metodu ile birlikte girişim integralinin özel bir hali olan Duhamel integrali kullanılmıştır. Kablo sonunda meydana gelen aşırı gerilimlere karşı çalışan parafudrların akım ve gerilim eğrileri bilgisayar yardımıyla elde edilmiştir.

### 1. GİRİŞ

Parafudrların en iyi bir şekilde seçimi ve etkin bir şekilde koruma görevini yapabilmesi için buldukları sistemle olan etkileşimlerinin gözönüne alınarak geçici olaylara karşı davranışlarının incelenmesi, yani geçici rejim analizlerinin yapılması gerekmektedir. Enerji kabloları kapasitif etkileri nedeniyle kendilerini koruyan parafudrların üzerinden büyük deşarj akımlarının geçmesine neden olurlar. Bu durum, kablo sistemindeki parafudrların deneysel olarak incelenmesini güçleştirmektedir. Bilgisayar yardımıyla ise, böyle bir etüt. hem daha kolay, hem de ekonomik olmaktadır.

Bir yeraltı kablo sisteminde bulunan herhangi bir parafudr aşırı gerilimlere karşı çalışmaya başladığı an bulunduğu sist.emi doğrusal olmayan bir sistem haline getirir ki, bu durum sistemin geçici rejim analizini güçleştirmektedir. Bununla beraber, bilgisayar kullanımıyla böyle bir sistemin geçici rejim analizi kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir.

Ele alınan kablo sisteminin geçici rejim analizi

analitik bir metot olan tadil edilmiş Fourier Dönüşüm metodu ve girişim (rori volut.ion) integralinin özel bir hali olan Duhamel integralinin /1/ birlikte kullanılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Böylece, frekan.a oldukça bağımlı olan kablo sistemine ait parametrelerin özelliği Fourier Dönüşüm metodu ile gö/önüne alınmış olurken, difter taraftan parafudrların doğrusal olmayan özellikleri (Ouhamel intc);rali ile zaman bölgesinde ele alınmış olmaktadır. Bu yöntem, parafudr içeren iletim sistemlerinin geçici rejim analizinde etkin bir şekilde kullanılmıştır /2/.

Aşırı gerilimler kablo sonu boşta olmak ü/ore. yeraltı kablosunun gönderici ucundan enerji vermek suretiyle oluşturulmuştur. Parafudrl.ir aşırı gerilimlerin en yüksek değere ulaştığı yer olan boştaki kablo sonuna yerleştirilmişlerdir. Uç faza birden aynı anda enerji verilmesi halinde, kablo sonunda meydana Relen aşırı gerilimleri sınırlamak üzere çalışan parafudrların davranışları incelenmiştir. Fazlar arası etkileşimin etkisi altında, diğer fazlardal.i parafudrların aynı anlara rast. t;olen <alış ma durumları da ayrıca incelenmiştir.

Ele alınan yeraltı enerji kablosu çapraz baflı bir kılıfa haiz olup kablo kılıfı ana bölme uçlarında direkt olarak topraklanmıştır. Yeraltı kablosunun seri empedans ve şönt admirins matrisleri /3/ nolu referansta belirtildiği gibi elde edilmiştir. Böyle bir kablo sisteminde bulunan konvansiyon el (hava .ır.ılıklı) parafudrların davranışları /</ nolu. referansta) incelenmiştir. Burada ise, aynı kablo şif.'pın i n <i <' bulunan metal-oksit (e klatörsiiz) parafudrl.H.<.;< davranışları incelenerek konv.n şif.veifl parafudrlarla bir karşılaştırması yapılmaktadır.

### 2. METAL-OKSİT PARAFUURLARI YATF>> ATIK •; i 1 OLARAK KLE ALIN.Y.A.1

Geçici gerilimlerin mat.cin.tt.iksrl] a.in.'i/indr

kablo sonuhiia olu.j.m g r: k' g' rilmelerin frekans bölgesindeki ifadesi n-ier.m' > > 'ie i?ah edıldığı gıltır.

Ç, riri; r; /vı m r r n • F. l r; /i J, n r, n i; lan UHTUMKMI p.ırafud rı-ir sen el< UT t ö rü bulun m-ıyan ve çinko oksit mal /D> m fden y \* p i l i m i de ğ i ŝ k t e n dirençli k c > n u n \ \ A y s ı r l a r ı d ı r. D e ^ L ^ k e n direnç, gerilime l l. I g l l o l t r; ı k d o ğ i \* e n bir özellik Ö s t. o r i r v e l k l m ~ g o r' l i m b a ğ l n t i s i,

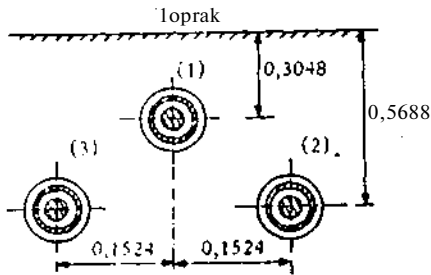
$$v = K \cdot i^2 \quad (1)$$

denkle tiiylp ifade edilebilir. Burada v volt, i ist» amper rnsindon olup K ve fi sabitelerdir. K, direnç; malze masının fiziksel boyutlarına, fi ise, kullanılan mal 7 e menin ti pino v (> krintal yapısına göre de ğ i n i r. 275 kV'luk kablo sistemi de kullanılan metal-oksit parafudrlar için p= 0.0385 ve K= 2»6830 olarak alınmıştır.

Konvansiyonel paraEudrlarm çalışma prensibinden farklı olarak, metal-oksit parafudrlar atlama aralı<» l ihtiva etmediklerinden sürekli olarak devrede bulunmaktadır. Yani, üzerlerinden normal şartlar altında az da olsa bir akım geçmektedir. Parafudrlarm akım ve gerilim eg çilerin elde edil meşinde kullanılan Duhamel integrali, de ğ i ŝ k e n direnç üzerinden akım geçti ğ i süre ce bilgisayarca kullanılacağından, iist t-ni'e herhangi bir metal-ok s it paraf l l dr mevcutsa, paraf u dr davrantşitiLi incelendi ğ i ni jisahe'de :amanı boyunca Duhamel in tegr alinin kullanılması gerekecektir /5/.

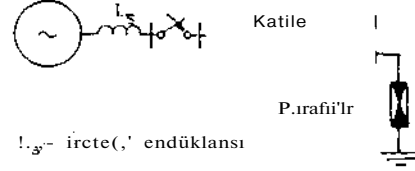
### 3. UYGULAMA ÇALIŞMALARI

Ele alınan yeraltı enerji kablosu 275 kV'luk olup kablo sisteminin profili ve yerleştirme planı Şekil l'de görülmektedir.



Şekil-1 Yeraltı kablosunun yerleştirme planı. (Boyutlar metre cinsinden)

Yeraltı kablosu 275 kV / 11/ unlu kablolu olup, bölmeden olunmuştur. Kablo, kılıf, inat ve em. n; larındı direki oluru U >>> raklı nmiş olup, kılıf ist: n i < l e k i gerilimin kat-lo boyutu-ı, r: r o l i w > , > i v l r s i > H r i t i d r. K a m < i s r m l u / c i m l i r l m l e r, m p j r a f u d r l a r Ş e k i l J ' d e i n n i l i i j ^ : g, h, k, l, l, s o n u n a y e r l e t i r i l m i l l e r d i r.

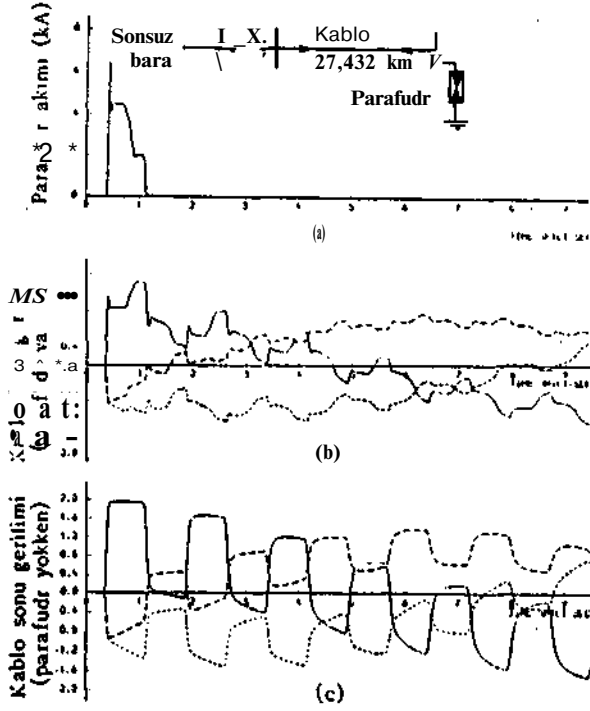


Şekil-2 Geçici rejini anal/i yapılan kablo sisteminin tek hat şeması

Kablo başından üç faz, a birden aynı ID \* l i e n < r : verilmiş ve kablo sonunda meydana gelen i j r i gerilimlere karşı parafudrlarm < l i v r i n 14 l u r i incelenmiştir. Enerji v, r i l d i ğ i a n d ı b i r i n i l f a z a u y g u l a n a n a l i e r n a t i f g o r i l m i r. t \* \* u > de ğ e r i n d e o l d u ğ u v e t o z l a r a r a s ı n d a 120 ' l i l. f i . farkı olduğundan, di ğ e r f a z g e r i m l e r i n i n t \* - p i - d e ğ e r i n m y a r ı d e ğ e r i n d e v e n e g a t i f p o l a r i t e l i o l d u ğ u v a r s a y ı l m ı ŝ t ı r. Ş o k i l 3 ' e, k a b l o s o n l l n d , l b u l u n a n k o n v a n s i y o n e l p a r a f u d r l a r ı n , Ş o k i l 4 ' t e i s e , m e t a l - o k s i t p a r a f u d r l a r ı n a ŝ ı r ı g e r i l i m l e r e k a r ŝ ı o l a n d a v r a n ı ŝ l a r ı a k ı m v ^ g e r i l i m e s r i l e r i o l a r a k g ö r ü l m e k t e d i r. Ő a y e t ; p a r a f u d r l a r ŝ i s t o m l o b u l u n m a s a y d ı , k a b l o s o n u g e r i l i m l e r i Ş e k i l 3 ( c )

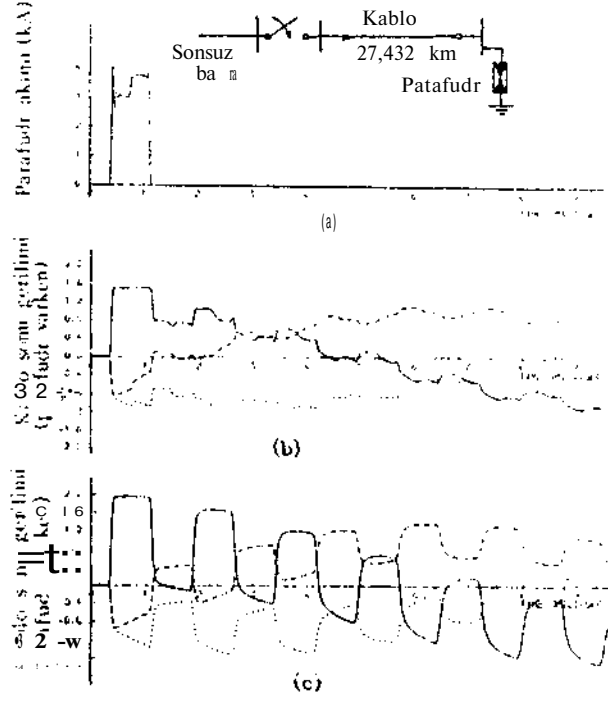
ve 4(c)'de görüldü ğ u g i b i , 2 b i r i m d e ğ e r e k a d a r y ü k s e l e c e k t i . P a r a f u d r l a r ı n ç a l ı ŝ m a s ı y l a , m e y d a n a g e l e n a ŝ ı r ı g e r i l i m l e r i n s e v i y e s i d a h a a ŝ a ğ ı d e ğ e r l e r d e s ı n ı r l a n m a k t a d ı r .

Şekil 3(a) ve 4(a)'da görülen parafudr akım eğrilerinden görüldü ğ u g i b i , s a d e c e f a z l e a t o l a n p a r a f u d r l a r ı n ç a l ı ŝ t ı ğ ı a n l a ŝ ı l m a k t a d ı r . İ l g i l i ŝ e k i l l e r d e n p a r a f u d r a k ı m l a r ı n ı n u l a ŝ t ı l m a k s i m u m d e ğ e r l e r k a r ŝ ı l a ŝ t ı r ı l a c a k o l u r s a , m e t a l - o k s i t p a r a f u d r l a r ı n d i ğ e r i « T i n e ( Ö r e d a h . i k ü ç ü k g e n l i k l i a k L m l a r ' g e t i r d i ğ i g ö r ü l ü r . P a r a f u d r l a r ç a l ı ŝ m a l a r ı y ı n k a b l o s o n u d a k i t ü m f a z g e r i l i m l e r i n i Ş e k i l 3 ( b ) y e 4 ( b ) ' i l e g ö r ü d ü r ü l ü z e r e , d e ğ i ŝ i k l i ğ e a y ı r a t m a k t a d ı r . A n c a k , m e t a l - o k s i t p a r a f u d r l a r ı n i j b ; m a s ı k o n v a n s i y o n e l p a r a f u d r l a r a p ö r o t a / g p r i l i m l e r i l l d e d a h a z b o z u l m a y a ( d i M t O r l l n n ) n e d e n o l m a k t a d ı r . B u n u n e n Ö n e m l i n e d e n i , m e t a l - o k s i t p a r a f u d r l a r d a a t l a m y a r a l k l a r ı b u l u n m a m a s ı n d a n v e b u p a r a f u d r l a r ı n ç a l ı ŝ m a l a r ı e s n a s ı n d a ç a l ı ŝ m a y a b a ŝ l a m a a ŝ ı r ı g e r i l i m l e r i n i n m e y d a n a g e l m e m e s i n d e n d i r .



Şekil-3 Üç faza birden aynı anda enerji verilmesi halinde konvansiyonel parafudrların davranışı (gerilimler birim değer cinsinden)

— faz 1 . . . faz 2 — faz 3



Şekil-4 Üç faza birden aynı anda enerji verilmesi halinde metal-oksit parafudrların davranışı (gerilimler birim değer cinsinden)

— faz 1 - - - - - faz 2 — faz 3

Elda edilen parafudr akım ve gerilim eğrilerinden görüldüğü üzere, metal-oksit parafudrlar enerji kablolarında konvansiyonel parafudrlara göre tercihe şayandır.

#### 4. SONUÇLAR

Parafudrlarla korunan külfü çapraz bağlı bir yeraltı enerji kablosunun bilgisayar yardımıyla gerçekleştirilen geçici rejim analizi sonucu, boştaki kablo ucunda meydana gelen geçici aşırı gerilimlerin genliklerini sınırlamak üzere çalışan parafudrlardan metal-oksit parafudrların konvansiyonel parafudrlara göre daha küçük genlikli deşarj akımı geçirmeleri ve dik cepheli aşırı gerilimlere karşı daha etkin bir koruma görevi ifa etmeleri nedeniyle daha üstün bir davranış sergiledikleri görülmüştür.

#### REFERANSLAR

- /1/ Wylie, C.R., Advanced Engineering Mathematics, Mr.Craw-HUI, 1975.
- /2/ Cornick, K.J., Lucas, J.R.. Inclusion of Surge Divertors in System Overvoltage Calculations, Proc.IEE. Vol.12f>. 1979.
- /3/ Unver, U., Ardışık Bağlı Bir Kablo-Enerji Nakil Hattı Sisteminin Geçici Rejim Analizi, Elek.Müh. 1. Ulusal Kongresi. Ad.ın.ı 1984).
- /4/ Unver, U., Parafudrla Korunan Bir Yeraltı Enerji Kablosunun Geçici Rejim Analizi, Elek. Müh. 2. Ulusal Kongresi, Ankara 1987.
- /5/ Unver, U., Control of Overvoltages Along an Underground Cable System Using Surge Divertors, IAESTED Conference XECO 85, İstanbul 1985.