

YÜKSEK GERİLİM DOĞRU AKIM ENERJİ TAŞINMASINDA GENEL BİLGİLER

Eyüp AKPINAR
Neşe KANGAL

I. YÜKSEK GERİLİM DOĞRU AKIM TAŞIMA SİSTEMLERİNİN TARİHÇESİ

Elektrik enerjisinin üretim, taşıma, dağıtım ve tüketim aşamalarında kullanılan almalı akım (aa.) kuram ve teknolojisinin, elektrik biliminin başlangıcı ve uygulamalarını birlikte getiren doğru akım (da.) kuramının gelişim ve sorunlarının içinden doğduğu bilinmektedir. Galvani, Volta, Dersted, Ohm ve Ampere tarafından yapılan ilk buluşlar da. ile ilgilidir. En yaygın ve ilk uygulamasını iletişim dizgelerinde bulmuştur. İlk elektrikle aydınlatma yine da. elde edilen dinamlarla yapılmıştır. Sabit akımla çalışan ilk karbon ark lambaları seri sargılı üreteçlerden beslenirken, sabit gerilimle çalışan parlak akkor karbon lambaların paralel sargılı da. üreteçlerinden beslendiği bilinmektedir.

Dünyada ilk olarak elektrik enerjisi üretimi yapılan merkezi birim 1882 yılında New York'ta inşa edilmiştir. 110 V da. üreten bu birimin enerjisi 1.6 km yan çapındaki bir alanda kullanılmıştır. İlk da. taşımacılığı 1880-1911 yılları arasında Avrupa'da kullanılan Thury dizgesidir.

Fransız Mühendis Rene Thury tarafından geliştirilen ve modern yüksek gerilim taşımacılığına benzeyen Thury dizgesi önemli bir yaratıcılık örneğidir. Bu dizgede; enerji üretim biriminde seri sargılı üreteçler yüksek gerilim oluşturmakta ve üretilen enerji tüketim bölgesindeki da. seri motorlarına aktarılmaktadır. Da. motorları alçak gerilim üreten da. ve aa. üreteçlerine bağlanarak kullanılabilir enerji elde edilmektedir. Doğru akım makinelerinde toplayıcı (commutatör) arklarından kaçınmak amacıyla gerilimlerin düşük tutulması da. enerji dizgelerinde kayıpların yüksek olmasına neden olmuştur. 1890 yıllarında dönüştürgeç, üç faz dizgeleri ve aa. motorlarının kullanıma girmesiyle aa. enerji üretimine, o günün teknolojik düzeyinde, yönelmeyi zorunlu kılmıştır. Da. taşımacılığı üzerinde duraksayan araştırmalar 1931 yılında, İsveç'te 50 KV, 90 A anma değerlerinde civa buharlı denetlenebilen iletkenlerin geliştirilmesi ile, yeniden

gündeme gelmiştir. Civa buharlı denetlenebilen iletkenlerle 03 MW, 50 KV, 10 A anma değerlerinde bir da. taşıma dizgesi 1939 yılında Wethingen ve Zürih arasında (30 km) oluşturuldu. 1936 yılında ABD'de 40 HZ ve 60 HZ'lik iki ayrı aa. dizgesi 525 MW, 30 kV, 175 A anma değerlerinde 27 km uzunluğunda bir da. taşıma hattıyla bağlanmıştır.

Da. taşımacılığı üzerine araştırmalar II. Dünya Savaşı öncesi Almanya'da da yapılmıştır. 4 MW, 110 kV bir taşıma dizgesi (5 km) Berlin yakınlarından yapılmıştır. İkinci büyük proje olan 600 MW, 40 KV'luk bir dizge (100 km) Elbe ve Bertin arasında planlanmış fakat II. Dünya Savaşı nedeniyle bu proje tamamlanamamıştır. II. Dünya Savaşı sonrasında SSCB'de D.A. taşımacılığı üzerine araştırmaların hızlandığı gözlenmiştir. SSCB'de hidrolik kaynaklı enerji üretim birimlerinin büyük ölçekte enerji tüketimi yapan sanayi bölgelerine olan uzaklığı nedeniyle da. taşımacılığına ağırlık verilmiştir. 1946-1950 arası beş yıllık kalkınma planlarında da. taşımacılığını araştıran ve geliştirme çabaları için programlar yapılmıştır, ilk da. taşıma dizgesi 1950 yılında Moskova ve Kashira (112 km, 30 MW, ± 100 kV) arasında işletmeye alınmıştır. 1954 yılında İsveç'te 96 km uzunluğunda ve 20 MW, 100 kV anma değerlerinde Gotland projesi oluşturulmuştur. 1957 yılında SSCB'de Leningrad'ta "D.A. Enstitüsü" kurularak araştırmalar genişletilmiş ve 474 km, ± 400 kV, 900 A, 720 MW Stalingrad taşıma dizgesi kurulmuştur. Son yıllarda 2000-2500 km uzunluğunda da. dizgelerinin planlandığı açıklanmaktadır. Da. taşıma projelerinin birçoğu Çizelge 1 ve Çizim 1'de verilmiştir.

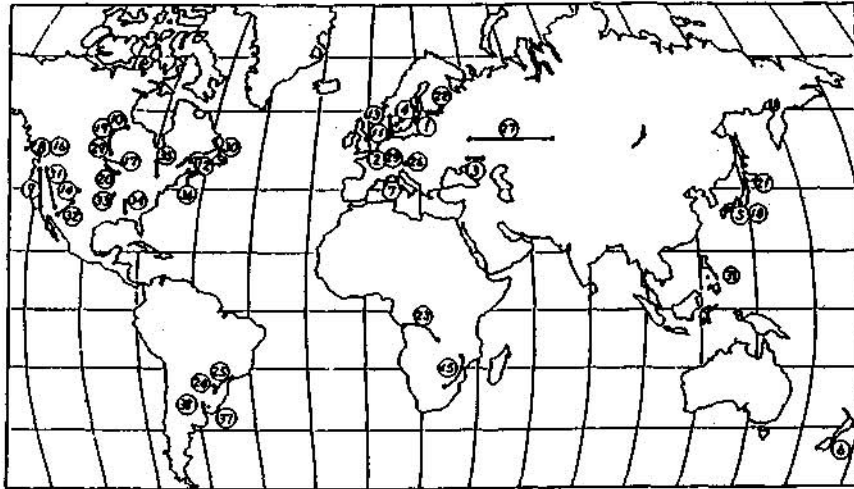
1960'lardan sonra yan iletken Mühendisliğindeki gelişmeler sonucu yüksek gerilim ve akıma (4000 V, 3000 A) dayanıklı tristörler geliştirilmiştir. 1968 yılında Japonya'da tristör uygulamalı deneyler yapılmış ve Hakkaido-Honshu taşıma hattı inşa edilmiştir. Günümüzde dünya ölçeğinde 25 GW değerinde da. taşımacılığı yapılmaktadır. Planlanan ve inşa edilmekte olan dizgelerle birlikte 60 GW bir rakam ortaya çıkmaktadır.

ÇİZELGE 1. Dünyadaki YGDA Güç Taşıma Projeleri

| | Donanım | Ülke | Güç (MW) | Gerilim (KV) | Akım (A) | Tasıma uzunluğu (km) | İşletilmekte olan hatlar | İfave | Yatırım | Toplam | Soğutma tipi | İşletmeye başlama tarihi |
|----|--------------------------|--------------------|---|-------------------------|-------------|----------------------|--------------------------|-------|---------|--------|-----------------------------|--------------------------------|
| 1 | Gotland | İsveç | 20-30 | 100-150 | 200 | 0 | 96 | 96 | | | Civa/hava soğutmalı Tristör | 1954/70 |
| 2 | Kanal geçişi | İngiltere-Fransa | 160 | 100 | 800 | 0 | 65 | 65 | | | Civa | 1961 |
| 3 | Volgograd-Ünibass | S.S.C.B. | 720 | 1400 | 900 | 470 | 0 | 470 | | | | 1962/65 |
| 4 | Kanti-Skan | İsveç | 250 | 250 | 1000 | 95 | 85 | 180 | | | | 1965 |
| 5 | Sakuma | Japonya | 300 | 2x125 | 1200 | 0 | 0 | | | | | 1965 |
| 6 | Yeni Zelanda | Yeni Zelanda | 600 | 125 | 1200 | 570 | 39 | 609 | | | | 1965 |
| 7 | Sardina | İtalya | 200 | 200 | 1000 | 292 | 121 | 413 | | | | 1967 |
| 8 | Vancouver | Kanada | 312 | 260 | 1200 | 41 | 33 | 74 | | | | 1968/69 |
| 9 | Pasifik Intertie | A.B.D. | 1440 | ± 400 | 1800 | 1362 | 0 | 1362 | | | | 1970 |
| 10 | Nelson - Nehri-I | Kanada | 1. aşama 1080 2. aşama 1620 | ± 300 | 1800 | 895 | 0 | 895 | | | | 1973 1981/82 1975 |
| 11 | Kingsnorth | İngiltere | 640 | ± 266 | 1200 | 0 | 82 | 82 | | | | 1972 |
| 12 | Rel Nehri | Kanada | 320 | 2x80 | 2000 | 0 | 0 | 0 | | | Hava Soğutmalı Tristör | 1976/77 |
| 13 | Skagerrak | Norveç - Danimarka | 500 | ± 250 | 1000 | 112 | 130 | 242 | | | | |
| 14 | Stiegal | A.B.D. | 100 | 25 | 2000 | 0 | 0 | 0 | | | Hava Soğutmalı Tristör | 1977 |
| 15 | Cabora Bassa | Mozambik-3. Afrika | 1. Safha 960 2. Safha 1440 Son safha 1920 | ± 266 ± 400 ± 533 | 1800 | 1414 | 0 | 1414 | | | Yağ soğutmalı Tristör | 1976 1977 1979 |
| 16 | Vancouver (genişletme) | Kanada | 370 | 280 | 1320 | 40 | 32 | 72 | | | Hava soğutmalı Tristör | 1976/77 |
| 17 | Square Bot | A.B.D. | 500 | ± 250 | 1000 | 734 | 0 | 734 | | | | 1977 |
| 18 | Shin-shinano | Japonya | 1. Safha 300 son safha 600 | 2x125 4x125 | 1200 | 0 | 0 | 0 | | | Yağ soğutmalı Tristör | 1977 |
| 19 | Nelson Nehri -II | Kanada | 1. Safha 900 son safha 1800 | ± 250 ± 500 | 1800 | 895 | 0 | 895 | | | Su soğutmalı Tristör | 1978 1981/82 |
| 21 | Hakkoido-Honshu | Japonya | 1. aşama 150 2. aşama 300 son safha 600 | 125 250 ± 250 | 1200 | 124 | 44 | 108 | | | hava soğutmalı tristör | 1979 1980 |
| 20 | Cu (Undervoo Mineapolit) | ABD | 1000 | ± 400 | 1250 | 710 | 0 | 710 | | | | 1979 |
| 22 | Finlandiya-SSCB | Finlandiya-SSCB | 1070 | 3x±5 | 2100 | 0 | 0 | 0 | | | | 1981 |
| 23 | Inga Shaba | Zaire | 560 1120 | ± 500 | 560 1120 | 1700 | 0 | 1700 | | | | 1981 |

_ Çizelge 1 (Devamı)

| | | | | | | | | | | | |
|----|----------------------------|-----------------------------|---|---------|------|--------------|------------|--------------|-------------------------|--|--------|
| 24 | Acaray | Paraguay- Brezilya | 50 | 26 | 1925 | | | | | | 1981 |
| 25 | Itaipu | Brezilya | 6300 | 2x1600 | 1800 | 783/B60 | 0 | 783/860 | .. | | 1985 |
| 26 | Avuaturya- Çekoslovakya | Vnişturya Ç'kf's'o'a'ry- | 550 | 145 | 3790 | 0 | 0 | 0 | Tristör | | 1983 |
| 27 | Ekibastua Center | SSCB | 6000 | 1750 | 4000 | 2400 | 0 | 2400 | Su soğutmalı Tristör | | 1981 |
| 28 | Kanal geçi- şi -II | İngiltere- Fransa | 2000 | 2*1270 | 2000 | 0 | 17+46 3 | 66 | hava soğutmalı | | 1984 |
| 29 | Nelson Neh- ri -II | Kanada | 2000 | 1 500 | 2000 | 930 | 0 | 9<0 | Tristör | | 1990 |
| 30 | Gali adası | Kanada | 800 | 1400 | 2000 | 780/ 1095 | 19 | 799/ 1114 | > | | |
| 31 | Pasifik II | ABD | 2200 | 1 500 | 2200 | 1700 | 0 | 1700 | .. | | 1985 |
| 32 | İnterdağı | ABB | 1.yol 1000 2.yol 2200 3.yol 8000 | XJOU | 11u0 | 800 | 0 | <00 | .. | | 1986 |
| 33 | Okulahana Union | ABD | 200 | - | - | - | - | - | " | | - |
| 34 | Vtalker South teyaa | ABD | 500 | - | - | - | - | - | " | | - |
| 35 | Erle geçişi | ABD | 500 | 250-300 | 2000 | - | 96 | - | " | | - |
| 36 | EPRI Proty» | ABD | 100 | - | - | - | - | - | " | | Deneme |
| 37 | Brezilya- Arjantin | Brezilya Arjantin | 50 | - | - | - | - | - | " | | - |
| 38 | Arjantin Brezilya | Arjantin Brezilya | 50 | - | - | 0 | 0 | 0 | " | | - |
| 39 | Leyte- Luzon | Filipinler | 900 | 1 350 | 12<< | 406 | 23 | 429 | " | | 1988 |



ÇİZİM 1. Dünyadaki YGDA taşıma projeleri

II. TAŞINACAK GÜCÜN AA. VE DA. DİZGELERİNDE KARŞILAŞTIRILMASI

Aa. ve da. taşıma kapasitesinde basit bir karşılaştırma yapabilmek için;

- Aa. ve da. taşıma iletkenlerinin ve yalıtımının aynı malzemeden yapıldığı;
- Sıcaklık yükselmesi ile getirilen akım taşıma kapasitesinden dolayı aa.'nın etkin değeri da. değerine eşit olduğu;
- Yalıtım malzemelerinin gerilime dayanma değeri aa. dizgesindeki gerilimin tepe değerine göre alınır; da. taşımasındaki gerilim aa. taşıma dizgesindeki gerilim tepe değerine eşit olduğu, varsayımların yapılması gereklidir.

Belirtilen varsayımlara dayanarak aa. dizgesinde iletilen güç, P_a :

$$P_a = 3 V_a I_a \cos \phi$$

olup, burada

V_a : Faz gerilimi,

I_a : Faz akımı,

$\cos \phi$: Güç faktörüdür.

Da. dizgesinde ise iletilen güç, P_d :

$$P_d = V_d I_d$$

olup, burada

V_d : Toprağa göre hat gerilimi,

I_d : Hat akımıdır.

Varsayımlarda verilen eşitlikler kullanılıncaya ($I_a = I_d$ ve $V_d = \sqrt{3} V_a$) aşağıdaki eşitlik elde edilebilir.

$$\frac{P_d}{P_a} = \frac{\sqrt{3} V_a I_a \cos \phi}{3 V_a I_a \cos \phi}$$

$\cos \phi = 0.943$ olarak alınır, bu durumda

$$P_d = \frac{P_a}{2} \text{ eşitliği elde edilir.}$$

Üç evreli bir dizge yerine, iki iletkenli ve toprak dönüşlü bir dizge kullanılarak aynı gücün taşınabileceği görülmektedir. Da. taşımacılığında oluşabilecek güç kaybı, aa. taşımasında oluşabilecek güç kaybının 2/3'ü kadar olacaktır. Aynı biçimde da. taşımacılığında izolatör sayısında 2/3 oranında azalma, taşıma direklerinde ucuzluk, basitlik ve direklerin hacim olarak dar yapıları sağlanacaktır.

Eğer aa. taşıma hatlarında sıcaklık kistası yanında güç taşıma kapasitesini belirleyen diğer kistaslar da dikkate alınır; da. taşımacılığında tek bir iletken düşen güç, aa. taşımacılığında tek bir iletken düşen gücün 4 katına kadar yükselir.

III. D.A. DİZGELERİNİN AA. GÖRE ÜSTÜNLÜKLERİ

a) Aa. taşıma kapasiteleri, taşıma kararlılığından dolayı sınırlıdır. Da. taşımacılığında kararlılık sorunu yoktur ve güç taşıma iletkeninin tam kapasitesi ile iletilir. Böylece olanaklar ekonomik anlamda kullanılmış olur.

b) Da. taşıma direkleri basit, küçük ve hafif yapıda olabilir. Bu ekonomik bir altyapıyı birlikte getirecektir.

c) İletkenlerdeki yalıtım malzemeleri da.'da a a.'dan daha yüksek yalıtım özelliklerine sahiptir. Bu nedenle, yalıtım aa. kablolarından daha incedir ve bu da yapıyı basitleştirmenin yanında yatırımları ekonomik kılar.

d) Tepkin (reaktif) güç akışı da. taşıma iletkeninde olmayacağı için, taşıma hattı boyunca kompanzasyon sorunu oluşmayacaktır.

e) Enerji üretim birimlerinin tüketim birimlerine olan uzaklığı artınca aa. dizgesinde gerilim ve akımların dengelenmesi için zorunlu olan fazlardaki "döndürme" tekniği da. taşımasında sorun olmaktan çıkacaktır.

f) İki farklı frekanstaki aa. dizgeleri birbirine da. taşıma dizgesi ile bağlanarak sürekli güç akışı iki taraflı olarak denetlenebilir.

g) Da. taşıma gücünün yönü ve genliği tristörlerin ateşleme açılarını denetleyerek denetlenebilir.

h) Dengeli üç faz aa. dizgesinde, fazlardan birinin arıza görmesi durumunda, üç fazın korunması amacıyla tüm enerjinin kesilebileceği riskine karşılık; da. taşımasında iki iletkenin birinin arıza görmesi durumunda bile diğer iletkenle güç taşınmaya devam edilebilecektir. (Bakınız Çizim 2 ve Çizim 31.

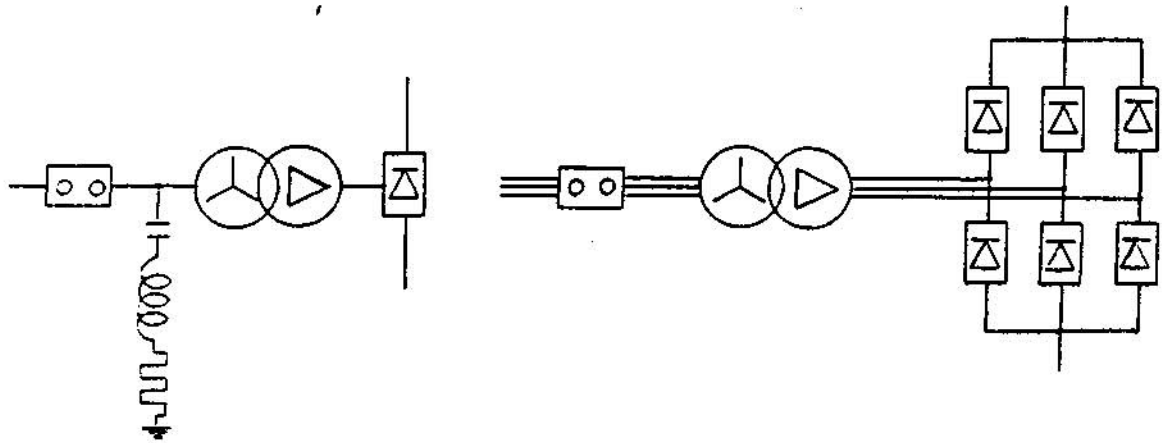
i) Da. taşıma hattındaki kısa devre arızası anında geçecek akım bağlı bulunduğu aa. dizgesini etkilemez. Bu akımın değeri düşüktür.

IV. D.A. DİZGELERİNİN AA'YA GÖRE SAKINCALARI

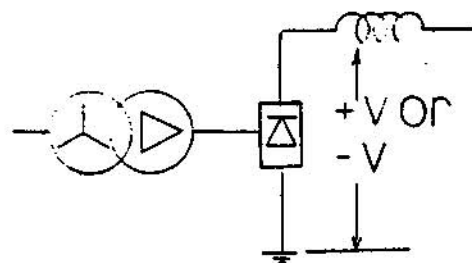
a) Da. taşımacılığında kullanılan doğrultmaç ve evirgeç gruplarının ilk yatırım maliyetlerinin yüksek oluşu.

b) Doğrultmaç ve evirgeç grupları oldukça yüksek tepkin (reaktif) güç çekmektedirler. Ancak, kompanzasyon amacıyla konulan sığaçlar çevirgeçlerin ürettiği yüksek frekanstaki gerilimleri süzme amacıyla da kullanılabilir.

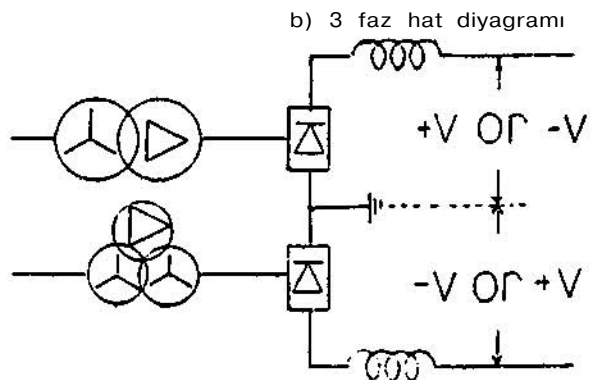
c) Topraklanmış da. dizgeleri; yeraltı su boruları ve yeraltı kablolarında elektrolitik hasara neden olur. Bu konuda yapılan araştırmalar göstermiştir ki, da. dizgesinin topraklanma yerinden 30-40 km'lik yarıçap içerisinde bu tip hasarlar oluşabilmektedir. Topraklanmış da. denizaltı kabloları denizci pusulalarında hatalara neden olmaktadır. Çevirgeç gruplarıdaki tristörlerin açma ve kapama sırasında oluşturduğu yüksek frekanstaki gerilimler radyo ve TV yayınlarını etkileyebilmektedir. Bunu



d) Tek Hat diyagramı

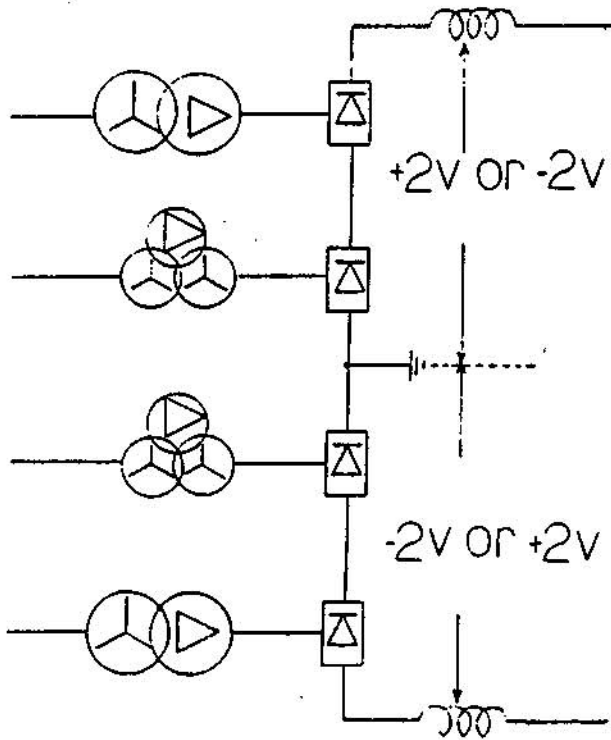


c) Tek kutup sistem



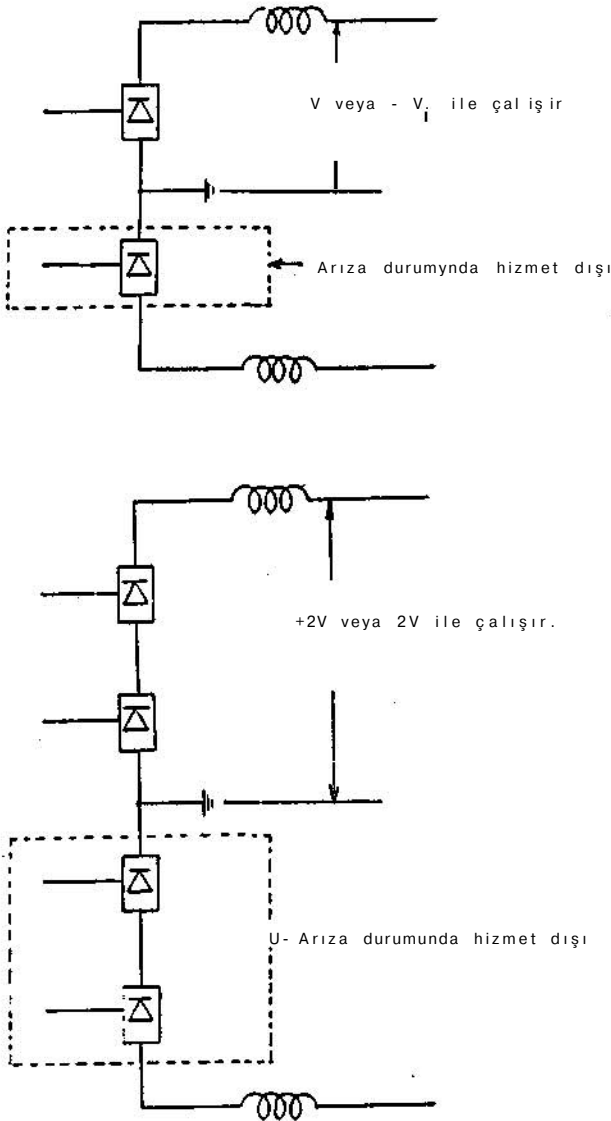
b) 3 faz hat diyagramı

d) Çift Kutup sistem



e) Çift kutup sistem

Çizim 2. DA vanalarının bağlantı diyagram örnekleri



Çizim 3. Çift kutup üç sistem arıza durumunda tek kutup çalışır örnekler

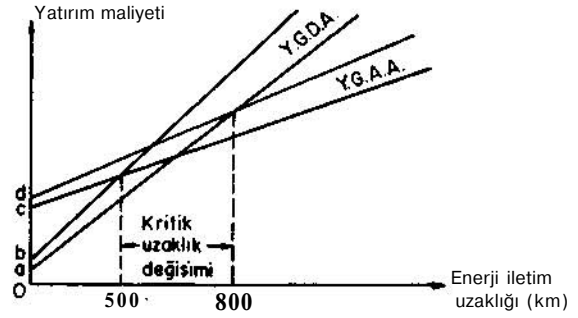
önlemek için koruyucu ve ayırıcılarda metal topraklanma gerekmektedir.

d) Doğrultmaç ve evirgeçlerin ürettiği yüksek frekans-taki gerilimler bağlantılı bulunduğu a.a. dizgelerini de etkilediği için süzücü devrelerin tasarımı zorunludur.

e) A.a. güç dizgelerinde, güç dizgesinin daha fazla güç aktarımı için; herhangi bir ek bağlantı kolaylıkla yapılabilir. Buna karşın da. taşıma dizgelerinde böyle bir ek bağlantıdaki güç akışının denetimi ve arızanın fark edilmesi, gerekli koruma aletlerindeki teknolojik yetersizlikler nedeniyle, oldukça zordur. Da. taşımacılığında genellikle iki terminalli dizgeler oluşturulmaktadır. Ancak, son yıllarda çok terminalli dizgelerin Korunma ve denetimi için araştırmalar da sürdürülmektedir (5).

V. YÜKSEK GERİLİM DOĞRU AKIM (Y.G.D.A.) TAŞIMASININ EKONOMİK ÜSTÜNLÜKLERİ

Y.G.D.A. taşıması, doğrultmaç ve evirgeçlerin maliyetinin yüksek olmasına rağmen taşıma hatlarının ve direklerin ucuzluğu nedeniyle Y.G.A.A. dizgeleriyle karşılaştırıldığında, 500 km'nin üzerindeki enerji taşımalarında Çizim 4'de görüldüğü gibi ekonomik üstünlük sağlamaktadır.



Kritik uzaklıktaki değişim, taşıma dizgelerinin çevirgeç birimlerinde kullanılan malzemenin maliyetine ve kalitesine bağlı olduğu, a, b, c, d başlangıç yatırım maliyetlerinin bu birimlerin fiyatını gösterdiği dikkate alınarak söylenebilir. Bu kritik uzaklık, Y.G.D.A. taşımacılığında kullanılan teknolojinin geliştirilmesi için yapılan yatırımlarla düşebilecektir. Ayrıca farklı ülkelerde, üretilen teknoloji içerisindeki sermaye yoğunluğuna ve ulusal sanayi ürünlerinin bu enerji taşıma dizgelerindeki kullanılabilirliğine göre kritik uzaklık değişmektedir.

iki farklı frekansta çalışan enerji birimlerinin birbirlerine bağlantısının yapılabilmesi için Y.G.D.A. dizgesi kullanılabilir. Böyle bir uygulamada kritik uzaklığa bakılmaksızın Y.G.D.A. doğrultmaç ve evirgeç dizgeleri için yapılacak yatırım maliyeti, enerji kaynaklarının verimli kullanımını dikkate alındığında, çok ucuza gelebilir. Aynı frekansta çalışan iki enerji üretim ve dağıtım biriminde frekans denetimi ve dizgenin çalıştırılması farklı yöntemlerle yapıldığında yine bu iki dizgenin birbirlerine olan bağlantısı a.a. dizgeleriyle yapılamamaktadır. Y.G.D.A. dizgeleri bu sorunların ekonomik bir çözümünü içermektedir.

Farklı kaynaklara dayalı enerji üretim birimlerine sahip ülkeler, yükteki zamana göre değişimde bu kaynakları en verimli biçimde kullanma gereğini duymaktadırlar. Y.G.D.A. taşımacılığı, enerji tüketiminin tepe noktası farklı zamanlara gelen komşu ülkelerin ortak ekonomik çıkarlarına bağlı olarak daha ekonomik bir alternatif oluşturabilmektedir. Bunun bir örneğini Fransa ve İngiltere arasında denizaltı Y.G.D.A. taşımacılığı için son yıllarda gerçekleştirilmekte olan proje oluşturmaktadır.

Y.G.D.A. taşımacılığının en ekonomik olduğu yerlerden birisi de denizaltı taşımacılığıdır. Taşımanın yapıldığı kablunun uzunluğu arttıkça da. taşımacılığının kapasite

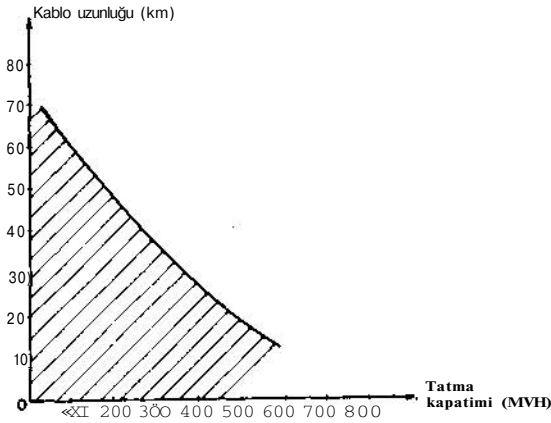
tesisi a.a. taşımacılığına göre hızla artmaktadır. Bununla ilgili bir grafik Çizim 5'de verilmiştir (1). Çizim 5'te taralı alan a.a. taşımacılığı, grafiğin üst kısmı da. taşıma-

cılığı ile ilgilidir. Dünyanın çeşitli bölgelerinde da. taşımanın amacı ve benimsenen nedenlerini gösteren genel bir bilgi Çizelge 2'de verilmiştir (1).

ÇİZELGE 2. DA Taşıma Amacı ve Benimsene Nedenlerinin özellikleri

| DA TAŞIMA PROJESİ | KAPASİTE (MU) | İŞLETMEYE GİRİŞ YILI | GİRİŞ AMACI | | | | BENİMSENE NEDENLERİ | | | | | DA DENEYİMİ KAZANMASI | |
|--------------------|---------------|----------------------|------------------------------------|-------------|------------------------|-------------|---------------------------|------------------|---|-----------------------|---|-----------------------|---|
| | | | TEMEL TEK-YIU GÜÇ TAŞIMASI | | SİSTEMLERİN BAĞLANMASI | | EKONOMİ YERALTI KABLOLARI | ASENKRON BAĞLAMA | KISA-DEVRE KAPASİTELERİNİN YOK EDİLMESİ | ÇEVRE ÖNEMİ HAVAI HAT | | | |
| | | | HİDROLİK + TAŞIMA SİSTEM ELEKTRİĞİ | YÜK KAYNAĞI | EKONOMİK KİLEME | ACTL KAYNAK | | | | | | | |
| Gotland | 30 | 1954/78 | | o | | | | o | | | | | |
| Kanal Geçışı | 160 | 1961 | | | o | | | o | | | | | |
| Volgograd-Donbass | 720 | 1962/65 | | | o | | | | | | | | c |
| Konti-Skon | 250 | 1965 | | | o | | o | | | | | | |
| Sakuma | 300 | 1965 | | | o | | o | | | | | | c |
| Yeni Zelanda | 600 | 1965 | o | (o) | | | o | o | | | | | |
| Sardinia | 200 | 1967 | o | | | | o | o | | | | | |
| Vancouver | 682*1 | 1968/78 | | o | | | | o | | | | | |
| Pasifik Intertie | 1440 | 1970 | | | o | | | o | | | | | c |
| Ren Nehri | 320 | 1972 | o | | | | | | o | | | | |
| Nelson Nehri | 1620** | 1973/77 | o | | | | | o | | | | | |
| Kingsnorth | 640 | 1975 | | o | | | | o | | | o | | c |
| Gorbora Bassa | 1920*1 | 1976 | o | | | | | o | | | | | |
| Stiegal | 100 | 1976 | | | o | | | | o | | | | |
| Skagarak | 500 | 1976/77 | | | o | | | | o | | | | |
| Square Butte | 500 | 1977 | o | | | | | o | | | | o | |
| Shin-Shinano | 600*1 | 1977 | | | o | | o | | | | | | |
| Inga Shaba | 1120*3 | (1977) | o | | | | | o | | | | | |
| Q: | 1000 | 1978 | o | | | | | o | | | | | |
| ifokak Mido-Monsta | 600*1 | 1979 | | | o | | o | | | | | o | |
| Gali adası | 1600*3 | 1980 | o | | | | | o | | | | | |
| Eki hstias | 6000*3 | 1984 | o | | | | | o | | | | | |
| Q-into:- | | | | | | | | | | | | | |

* 1: Birinci ve ikinci kutuplar, * 2 Yalnızca bir çift kutup, * 3: Son güç işletmeye alma yılları birinci sahanın işletme başlangıcı yılıdır.
o = Ülke içi taşıma bağlantısı için, o = Uluslararası taşıma bağlantısı için



Çizim 5.

KAYNAKÇA:

- (1) Overseas Engineering Department, EPDC; "High Voltage DC Transmission System".
- (2) Kimbark, W. Edvard; Direct Current Transmission I, Wiley-Interscience, New York.
- (3) Marstenson, Heine; History of High Voltage D.C. Transmission, IEEE Power Engineering Review, July, page: 16-17.
- (4) Povh, D usan; HVDC Transmission, Siemens Power Engineering III (1981) Special I üsse "High-Voltage Technology", Page: 11 - 17.
- (5) K.R. Padhyar; "Stability of Converter Control For Multi-terminal HVDC Systems", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS - 104, No: 3, March 1985.
- (6) Doç. Dr. H. Nusret Yükseler; "Y.G.D.A. Enerji İletimi ve Ekonomisi", Kaynak, Nisan 1985, Sayı: 30, Sayfa: 23 - 27.