

mühendislik dünyası

uygulamalar

ekstra ve ultra
yüksek gerilimlerde
göç iletimi

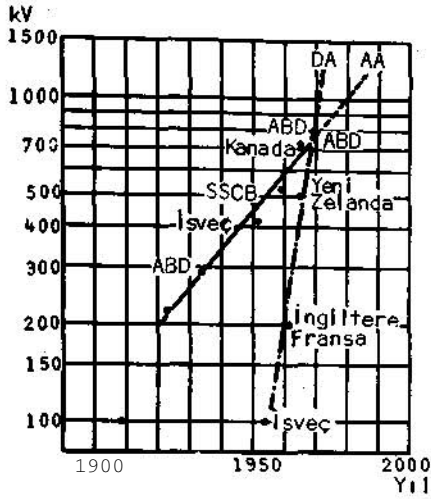
1. İLETİM GERİLİMLERİ

Alternatif akım (AA) iletim gerilimleri, 1920'lerde 220 kV iken, 1950'lerde 400 ve 500 kV'a, 1960'larda ise 800 (765) kV'a yükselmiştir (Şekil 1). Ultra yüksek gerilime (UYG, 1000 kV'un üzeri) 1980 lerde ulaşılacağı sanılmaktadır. Doğru akım (DA) iletim gerilimindeki artış daha da hızlıdır. 1954'te ilk kez 50 kV DA'da Gotland bağlantısı yapılmış, 1970'te ise 800 kV'luk Pasifik bağlantısı gerçekleştirilmiştir.

2. UZUN HATLARDA GÜÇ İLETİMİ

İletim gerilimlerindeki artışın nedenleri; güç tüketiminin hızlı artışı ve daha büyük güç üretim merkezlerinin sisteme girmesidir.

Güç tüketimindeki yıllık artış hızının dünya ortalaması % 7-8



Şekil 1. 1930-1970 arası iletim gerilimlerindeki artış

arasında değişmektedir. Bu ise, daha uzak bölgelerdeki su ve diğer doğal kaynakların geliştirilmesini ve çok uzun hatların kullanılmasını gerektiriyor. Örneğin 420 kV tsveç 8 sisteminde kuzeyde üretilen güç, 1000 km uzaklıktaki tüketim merkezlerine taşınmaktadır. Kanada'daki 735 kV luk sistem ile Brezilya'daki sistem bunlara örnek gösterilebilir.

Bir uzun hattın ekonomik yüklenmesi çoğunlukla hattın "doğal gücü" (natural power) ile eş değerlendiriliyor. Bu doğal güç yaklaşık olarak 420 kV'ta 600 MW, 800 kV'ta 2200 MW, 1200 kV'ta ise 6000 MW dolayındadır. Güç iletimi, seri kompanzasyon (seri sığaçlar kullanılarak) ile doğal gücün iki katına kadar artırılabilir, İsveç'teki 420 kVluk bazı hatlar bu yol ile 1200 MW'a kadar yüklenebilmektedir. Gerekli gücün iletilebilmesi amacıyla birçok hatlar paralel çalıştırılabilir. Güç iletiminde ultra yüksek gerilimler, ancak çok büyük su kaynakları (ve başka doğal kaynaklar) varsa ekonomik oluyor. Şu anda Kanada, Rusya ve Brezilya'da sistem gerilimlerinin 1200 kV'a çıkarılması için sürdürülen çalışmaların da nedeni bu.

3. ANA İLETİM SİSTEMLERİ

Yeterli su kaynağı olmayan ülkelerde artan tüketim, bilinen (kömür ya da petrol) ya da nükleer termik santraller ile sağlanmaya çalışılmaktadır. Örneğin İsveç'te enerji üretiminde kullanılabilir su kaynakları hemen hemen tüketilmiş durumdadır, ülkede yeterli kömürün olmayışı hızla nükleer santrallerin yapımını ön plana çıkarmıştır.

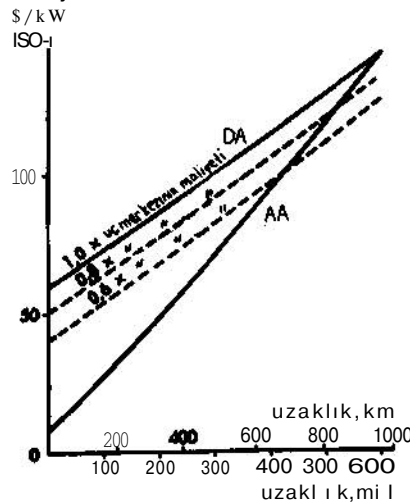
Ekonomik nedenlerden büyük ve daha büyük güçlü buhar türbini-üreteç birimlerinin yapılması yönünde günümüzde belirli bir eğilim var. Sistemlerde şimdiden 1000 MW'lık birimler çalışmakta ve 1980'lerde 2500 MW'lık birimlerin kullanılması beklenmektedir. Burada büyük üretim merkezleri için uygun yer bulunması giderek güçleşecek ve mevcut merkezlere çok sayıda türbin-üreteç birimlerinin konması gerekecektir. Bu ise gücün belirli yerlerde aşırı yoğunlaşmasına yol açacaktır. Örneğin İsveç'te, ekonomik olması için üretim merkezlerinin 12 000 MW olması tasar-

lanmaktadır.

Büktür büyük üretim yoğunlaşmalarında; bir üreticinin ya da tüm bir üretim merkezinin devre dışı kalmasıyla beslemenin kesilmesini ve iletim-dağıtım sistemlerinde kısa devre akımlarının büyük boyutlara ulaşmasını önlemek için, büyük güçlü ana iletim (backbone) sistemlerine gerek vardır. 800 kV'luk İsveç sistemi (planlanmış durumda) bu konuda tipik bir örnektir. Yeni nükleer üretim merkezleri, bu sisteme doğrudan bağlanacaktır. Ayrıca bu sistem 420, 200 ve 130 kV sistemlere birçok noktalardan bifleştirilecektir. Amerika'daki 765 kV sistem de buna örnek gösterilebilir.

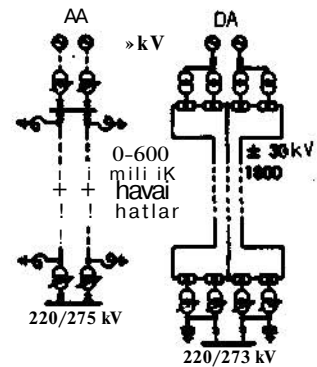
Ana iletim sisteminin bir yararı normal işletme koşullarında hatların az yüklü olması ve ancak acil koşullarda fazla yüklenmesidir. Uygun gerilim düzeyinin bulunmasında kullanılan hesaplama yöntemlerinin burada kullanılması oldukça güçtür. Gerilim düzeyi saptanırken diğer etkenlerin de gözönüne alınması gerekir. Örneğin; acil koşullar

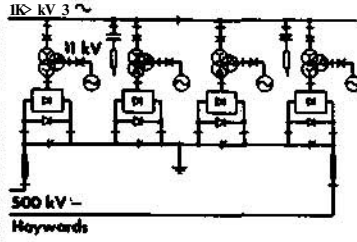
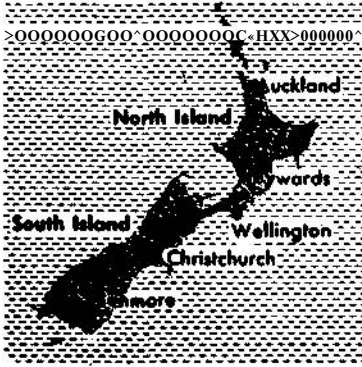
hatların ve uç merkezinin maliyeti



1800 MW'lık gücün 600 mil (1000 km) uzaklığa iletilmesinde ortalama maliyetler

Şekil 2. AA ve DA iletim maliyetlerinin karşılaştırılması (1968 CIGRE çalışması)





Yeni Zelanda 1965

Şekil 3. Yeni Zelanda YGDA bağlantısı (1965)

için gerekli olan yüklenme, kısa devre akımlarının sınırlandırılması gereği ve hatların nüfusça yoğun ve verimli alanlardan geçmesi, gerilim düzeyinin seçiminde başlıca etkenlerdir. Amerika'da 1500 kV'un üzerindeki gerilimlerin düşünülmesi de bu nedene bağlanabilir.

4. YGDA (YÜKSEK GERİLİM DOĞRU AKIM - HVDC)

DA'da yüksek gerilim iletiminin bazı durumlarda AA'a göre üstünlükleri vardır. Aynı iletim gücünde DA hat ve kabloları AA'a oranla oldukça ucuzdur, ancak DA uç merkezleri pahalıdır. Bu yüzden YGDA iletimi çok uzun mesafeler için snem kazanmaktadır. Şekil 2'de CIGRE'nin bir çalışmasının sonuçları görülüyor. Diğer çalışmalar da göstermiştir ki, hatlarda AA ve DA'da iletimin mesafeye göre maloluş eğrilerinin kesişme noktası 600-1000 km.lik iletim uzaklığı arasındadır» Kablolar için bu kesişme noktası daha düşük uzaklıklardadır ve çoğunlukla 100 km'nin altındadır.

Birçok uzun YGDA iletim hatları yapılmıştır. Bunların en büyüğü, Amerika'da 1330 km uzaklığa 1440 MW taşıyan Pasifik bağlantısıdır. Ayrıca tsveç-Danimarka arasındaki bağlantı, Yeni Zelanda'daki deniz atlamaları ve kabloları bunlara örnek gösterilebilir. Şekil 3'deki Yeni Zelanda bağ-

lantısı 620 km uzaklığa (42 km'si kablo) 600 MW taşımaktadır. Bir başka ilginç uygulama ise, büyük şehirlerin merkezine gücün DA ile taşınmasıdır. Böyle bir bağlantı, Londra'da gerçekleştirilmiştir, 60 km uzaklıktaki üretim merkezinden şehre 640 MW taşınmaktadır. Burada yalnız yeraltı kablo bağlantısı olanağı vardır ve DA ile iletim ekonomik olmuştur.

YGDA bağlantıları iletim uzaklığı arttıkça belirli yararlar sağlamaktadır. DA bağlantısı asenkron nitelik gösterdiğinden, sistemler arasındaki güç alış verişini en üst düzeye çıkarmaktadır (çünkü sistemler arasında senkronizasyon gereği yoktur). Ayrıca Japonya ve İngiltere-Fransa arasındaki kanal bağlantısı sistemlerin-

deki frekans değiştiricileri (50-60 Hz) tipik DA uygulamalarıdır.

YGDA bağlantıları sistemden sisteme kısa devre güçlerini aktarmaz. Gelecekte kısa devre akımlarının çok büyük boyutlara ulaşması, sistemin birçok yerlerden bölünmesi ve yalıtılması gereğini doğuracaktır. Farklı sistem bölümleri arasındaki YGDA bağlantılarıyla, normal koşullardaki güç alış verişleri kolaylıkla gerçekleştirilecek, ancak kısa devreler bir bölümden diğerine geçmeyecektir.

YGDA bağlantılarında güç akışı çok hızlı ve kolay olarak denetlenebilmektedir. Bu ise sistem kararlılığının iyileştirilmesinde kullanılabilir. Kanada'daki Nelson nehri tasarımında AA yerine DA iletiminin seçilmesi buna dayanmıştır.

Bugün çalışmakta olan hemen hemen tüm YGDA sistemlerinde; dönüştürücü olarak civa ark valfları (mercury-arc valve) kullanılmıştır. Katı hal fiziğindeki hızlı gelişmeler, dönüştürücülerin daha ekonomik olarak tiristorlarla gerçekleştirilebileceğini ortaya koymuştur. Bu tür tiristorlu dönüştürücüler İsveç'te Gotland YGDA bağlantısında ticari amaçla kullanılmaya başlanmıştır (Şekil 4).



Şekil 4.
Gotland
YGDA
bağlantısındaki
50 kV'luk
tiristor
valfları

5. AŞIRI GERİLİMLER

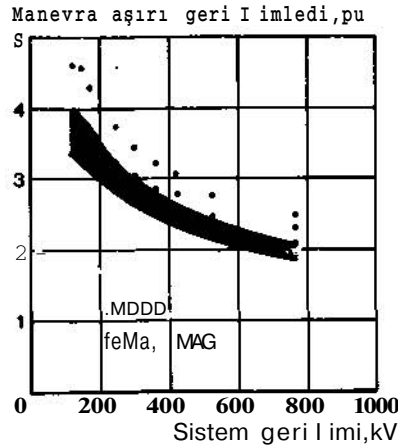
Yeni bir iletim sisteminin tasarımında çözülmesi gereken temel sorunlardan biri, uygun yalıtkanlık düzeyinin seçilmesidir. Yeni IEC standartına göre (Yayın 71) yalıtkanlık düzenlemesinde; sistemde oluşabilecek gerilimlere bağlı olarak aygıtın elektriksel dayanımı seçilmektedir. Ayrıca mevcut koruyucu aygıtların çalışma eğrileriyle yalıtkanlık bozulması kabul edilebilir bir düzeye düşürülmüştür. Aşırı gerilimler ve yalıtkanlık dayanmalarının istatistik verileri gözönünde tutulmuş ve ekonomik nedenlerden belirli oranda yalıtkanlık bozulması tehlikesinin kabul edilebileceği görüşüne varılmıştır.

Sistemi zorlayan aşırı gerilimler üç bölümde toplanabilir; geçici aşırı gerilimler, manevra aşırı gerilimleri ve yıldırımdan doğan aşırı gerilimler. Geçici aşırı gerilimler ya güç frekansında (50 Hz) ya da güç frekansına yakın değerlerdedir. Bunlar yük atmalarında, tek faz-toprak kısa devrelerinde ve ayrıca bazı rezonans koşullarında oluşmaktadır. Bu aşırı gerilimler, yıldırım tutucu gibi koruyucu aygıtlar ile korunan aygıtların yalıtkanlık düzeylerinin seçimini doğrudan etkiler.

İyi tasarlanmış bir sistemde; geçici aşırı gerilimler, faz-toprak geriliminin 1,5 katını aşmamalıdır. UYG (ultra yüksek gerilim) sistemlerinde bu değerler daha düşük olması arzu edilir. Aşırı gerilimler temel olarak şönt reaktörlerle sınırlandırılır. İsveç'teki 800 kV sisteminde hatların şönt-kompanzasyon düzeyi (toplam şönt reaktör gücünün hattın ürettiği kapasitif güce oranı) yüzde yüze yakın seçilmiştir. Böylece; kısa devre güçlerinin düşük olduğu ilk sistem çalışma koşullarında bile, geçici aşırı gerilimlerin yüzde 130 dolayında tutulmasına çalışılmıştır.

Manevra aşırı gerilimleri, transformatör, reaktör ve hatların açılıp-kapanması ve kısa devrelerin başlama ve temizlenmesi gibi sistemdeki açma-kapama işlemlerinde görülür. Şekil 5'de; uygulamada rastlanan manevra aşırı gerilimleri, IEC standartında verilen manevra darbe dayanma düzeyleri ile karşılaştırılmıştır. Tüm değerler; sistemdeki en üst faz-toprak gerilimi temel (baz) alınarak verilmiştir (pu olarak).

Bir CİGRE çalışmasının sonuçlarından da görüleceği gibi, transformatörün açma-kapamalarında (Şekil 6) tehlikeli aşırı gerilimler doğmaz. Şönt reaktörlerin açma-kapamalarında ise daha büyük aşırı gerilimler oluşur ancak transformatörlerde olduğu gibi parafudurlar yardımıyla bu gerilimler sınırlandırılabilir.

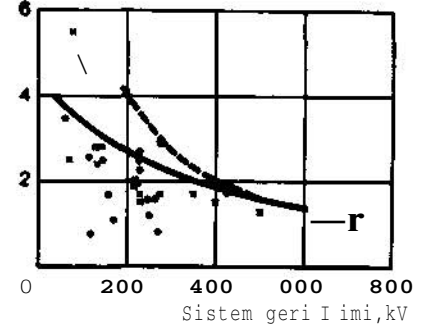


Şekil 5. Yalıtkanlık düzeyleri ve en üst manevra aşırı gerilimleri (MAG)

MDDD: Manevra darbe dayanma düzeyleri

MAG : Manevra aşırı gerilimleri

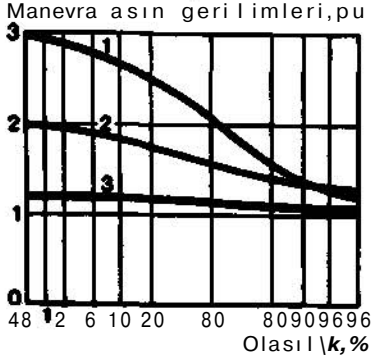
Aşırı gerilim, pu



Şekil 6. Yüksüz transformatörleri devreden çıkarırken doğacak aşırı gerilimler

Eğer devre kesicileri, açma-kapamada kontakları arasında tekrardan oluşan gerilimlerden etkilenmiyorsa (restrike-free) hatların açılması anında tehlikeli aşırı gerilimler doğmaz, bu durum özellikle EYG ve UYG sistemlerinde çok önemlidir. Ancak hatların kapatılması anında oldukça tehlikeli aşırı gerilimler oluşur. Bu gerilimler, hat enerjili bir şebekeye bağlıysa, hat üzerindeki gönderilen ve yansıyan dalgaların sonucudur. Bu aşırı gerilimler, özellikle tekrar kapama sürecinde yüksektir (eğer tekrar kapama anında hat üzerinde bir gerilim varsa).

Devre kesicisi kutuplarının rasgele (random) kapanması, aşırı gerilimlerin istatistiksel olarak dağılımlı olmasına yol açar. 345 kV'luk bir sistemin kapsamlı alan testlerinden elde edilen sonuçlar Şekil 7'deki 1 eğrisinde gösterilmiştir. Bu testler, aşırı gerilimleri azaltıcı yöntem kullanılmadan yapılmış ve hattın açık ucunda yaklaşık 3 birimlik (3 pu) aşırı gerilimler doğmuştur. Hattın kaynak tarafında aşırı gerilimler daima düşüktür ve alan çalışmalarından da salt merkezine giren manevra darbe gerilimlerinin 2 birimi (? pu)



Şekil 7. Yüksüz hatların devreye alınmasında doğan aşırı gerilimler

1. Alan testleri: Aşırı gerilimleri düşürmek için hiçbir yöntem kullanılmamıştır.
2. Bilgisayar çalışması: Aşırı gerilimleri düşürmek için tek basamaklı direnç kullanılmıştır.
3. Bilgisayar çalışması: Aşırı gerilimleri düşürmek için çok basamaklı dirençler kullanılmış ve kapama süresi denetlenmiştir.

aşmadığını görebiliriz. 420 kV a kadar olan sistemlerde, bu aşırı gerilimler aygıtların yalıtkanlık düzeyleriyle karşılanabilir ve manevra aşırı gerilimlerini azaltıcı yöntemlere gerek duyulmaz.

800 kV'luk sistemlerde; manevra aşırı gerilimlerinin 2 birime (pu) düşürülmesi ekonomik bulunmuştur. Bu düşürme devre kesicisine tek basamaklı direnç yerleştirilerek gerçekleştirilebilir (Şekil 7'de 2 eğrisi). Buradaki hat iki adımda kapatılıyor, önce direnç kontaklar arasına seri sokulur sonra kısa devre edilir. Bu yolla yansıyan dalgalar ve aşırı gerilimler düşürülür. Buradaki direnç yaklaşık olarak hattın dalga ya da karakteristik empedansı (surge or characteristic impedance) düzeyindedir. Salımları yeterince sönmülebilmek ve kutup açıklıklarına sağlayabilmek için direncin devreye sokulma süresi 10 ms dolayında olmalıdır. Günümü-

zün 800 kV sistemlerinde, devre kesicileri kapama dirençleri ile kullanılıyor.

UYG sistemlerinde manevra aşırı gerilimlerinin daha fazla düşürülmeleri gerekecektir. Bu da devre kesicilerinde çok basamaklı dirençler kullanılarak ve kesici kutuplarının kapama süreçleri denetlenerek gerçekleştirilebilir (Şekil 7'de 3 eğrisi). Aşırı gerilimlerin 1,4 ve 1,5 birime (pu) düşürülmesi oldukça güçtür. Çünkü gerilimler arızanın başlangıç-temizlenme ve yük atma anlarında bu değere ulaşmaktadır. Çalışmalar, devre kesicilerinde tek basamaklı direncin kullanılması ve kutupların denetlenmesiyle, şönt kompanzasyonlu hatlardaki aşırı gerilimlerin yeterince düşürülebildiğini göstermiştir.

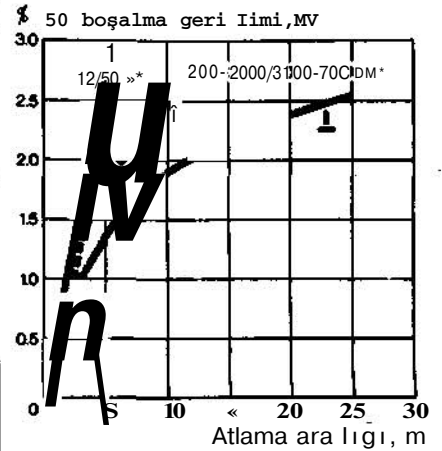
Yıldırım tutucuları (surge arrester, parafoudre) ile aşırı gerilimleri 1,4 ve 1,5 birim (pu) değerinin altına düşürmek olanaksızdır. Tasarım nedenlerinden koruma düzeyi 1,4-1,5 pu'ın altına indirilemez ve sistem faz-toprak gerilimleri düşünülürse koruma düzeyinin, pratik nedenlerle biraz yüksek tutulması yararlı olur. Yoksa parafudrlar gereksiz yere atlamalar yapar ve geçici aşırı gerilimlerle karşılaşılır. Bu yüzden parafudrlar ancak aşırı gerilimi düşürme işlemleri başarısız kaldığında "ikinci hat koruması" olarak çalışmalıdır.

EYG ve UYG sistemlerinin yalıtkanlık koordinasyonunda yıldırımın yol açtığı aşırı gerilimler önemli rol oynamaz. Direklerin, yüksekliği ve hatların önemi toprak iletkenleri kullanılmalarını ve topraklama dirençlerinin düşük olmasını gerektirir. Hatların yalıtkanlık düzeyi yüksek olduğundan, salt merkezinin girişinde yıldırımdan doğan aşırı gerilimler oldukça yüksektir. Bu yüzden paraca önemli aygıtların (transformatör reaktör) parafudrlarla korunması gerekir. Bu parafudrlar sistem gerilimiyle artan en üst boşalma (discharge) akımına göre seçilmelidir.

6. YALITKANLIK KOORDİNASYONU

EYG ve UYG sistemlerinde yalıtkanlık düzeyinin seçimindeki belirleyici etken, manevra aşırı gerilimleridir. Korumayı aygıt, uzun süreli gerilim darbeleriyle karşılaşacağından, hava atlama aralığı uzun olmalıdır. Boşalma geriliminin yüzde 50'si hava aralığı ile doğrusal artar, tepe değerine hızla yükselen bu gerilim yıldırım darbesine benzetilebilir. Tepe değerine daha uzun sürede ulaşan gerilim darbeleri, manevra aşırı gerilimleri olarak tanımlanabilir ve atlama aralığı büyüdükçe gerilimin büyüme hızı (türevi) düşer. Bu durum özellikle simetrik olmayan atlama aralıkları (örneğin çubuk-düzlem atlama aralıklı düzenekler gibi) için geçerlidir.

Sistem gerilimi arttıkça, manevra aşırı gerilimlerinin daha çok düşürülmesi gereği, uzun atlama aralıklarının çalışma niteliğinden gelmektedir. Bu durum, hatlarda kullanılabilecek en üst gerilimi belirlemeye yönelik sınırlayıcı etkenlerden biridir. Uygulamada en çok karşılaşılan atlama aralığı düzenekleri çubuk-çubuk ve çubuk-düzlem



Şekil 8. Çubuk-çubuk ve çubuk-düzlem atlama aralıklarının % 50 boşalma gerilimi

Atlama aralığı çarpanı (aralık 2-6 m)

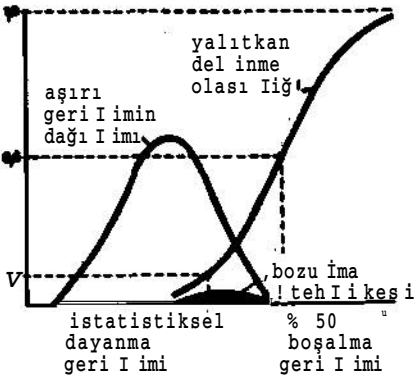
At 1 ama aralığı düzeni						
Zincir izolatörü yok	1,00	1,15	1,20	1,30	—	1,68
Zincir izolatörü •T' ve •V biçiminde	1,00	—	1,18	—	1,80	—

Şekil 9. Alışılmış atlama aralığı düzenlerinde atlama aralığı çarpanları

alanlarıdır. Şekil 9'da bazı örnekleri verilen bu atlama düzenekleri, atlama aralığı çarpanı (gap-factor) ile tanımlanır. Birçok düzenlemeler için boşalma (discharge) geriliminin X 20 dolayında bir artışı gözönüne alınabilir.

Uygun yalıtkanlık düzeyini seçerken olanak varsa, istatistiksel yöntemler kullanılmalıdır. Aşırı gerilimler, ölçülmüş ve hesaplanmış istatistiksel dağılım ile tanımlanır (Şekil 10), yalıtkanlığın hangi gerilim ve olasılıkla delineceği de testlerle bulunur. Bu dağılımlardan delinme tehlikesini kolaylıkla çıkarabiliriz.

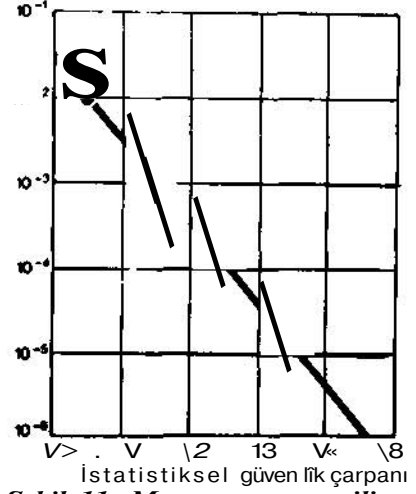
Ancak, bu tür hesaplamalar oldukça karmaşık ve güçtür.



Şekil 10. Yalıtkanlık koordinasyonunda bozulma tehlikesinin hesaplanması

Bu yüzden IEC basitleştirilmiş bir istatistiksel yöntem önermiş, farklı sistem ve aygıtlar için düzgün bir dağılımın olduğunu öngörmüştür. Pratik nedenlerden ötürü yalıtkanlığın bozulma olasılığı % 90 olarak kabul edilmektedir (yani bir test anında 100 darbe geriliminden 90'ına aygıt yalıtkanlığı dayanabilmesi ve manevra aşırı gerilimlerinden en çok % 2'si bu değer üzerinde olmalıdır). Bu iki büyüklüğün oranı olarak tanımlanan istatistiksel güvenlik çarpanının (safety factor), pratik koşullara, yalıtkanlığın bozulma tehlikesi (risk of failure) ile bağıntısı olmalıdır (Şekil 11). Örneğin, bozulma tehlikesinin on binde biri aşmaması gerekiyorsa, güvenlik payı (safety margin) yüzde 25 olmalıdır.

Bozulma tehlikesi



Şekil 11. Manevra aşırı gerilim darbelerinden etkilenen hava yalıtımının istatistiksel güvenlik çarpanı

Yalıtkanlık koordinasyonunda kullanılan istatistiksel yöntemle yalıtkanlığını kendisi düzelten (self-restoring insulation) aygıtlarda bozulma olasılıkları bulunabilir. Bunlar, paralel izolatörlerin sayısı ve hat boyunca aşırı gerilimlerin değişimi gözönüne alınarak hat yalıtkanlığına uygulanır.

Transformatör gibi yalıtkanlığını kendisi düzeltmeyen (non-self restoring) aygıtlarda yalnızca klasik yöntemler kullanılabilir. Güvenlik payı manevra aşırı gerilimleri için X 10-20 ve yıldırımın yol açtığı aşırı gerilimler için ise % 20-40 arasındadır. Standartlarda verilen yalıtkanlık dayanma gerilimleri

Aygıt için en yüksek gerilim | Manevra darbe dayanma gerilimi | Yıldırımdarbe dayanma gerilimi

Un kV(rms)	MDDD kV(tepe)	YDDD kV(tepe)
300	750	880, 980, 1080
430	950	1080, 1175, 1300, 1425
765	1300	1425, 1580, 1800, 1980, 2100, 2400

Şekil 12.

Önerilen yalıtkanlık düzeyleri (IEC)

MDDD: Manevra darbe dayanma düzeyi
YDDD: Yıldırım darbe dayanma düzeyi

ve en üst aşırı gerilim, parafudurların (surge arrestev, lightning arrestes) koruma düzeyi ile belirlenir. Transformatorlerin yalıtkanlık düzeyini temel olarak mevcut parafudur değerleri ve sistemdeki geçici aşırı gerilimler belirler.

IEC, istatistiksel hesaplamaları, ölçülmüş ve hesaplanmış aşırıgerilimleri, mevcut koruyucu aygıtları ve pratik deneylerden kaynaklanarak EYG sistemleri için gerekli olan yalıtkanlık düzeylerini bir tablo halinde vermiştir (Şekil 12). Tablodaki değerler mutlak biçimde değil, günümüzde yalıtkanlık düzeylerinin düşürülmesinde bir eğilim olduğu şeklinde ele alınmalıdır. Yalıtkanlık koordinasyonunda, manevra ve yıldırımın yol açtığı (eskiden BİL olarak anılırdı) aşırı gerilimler temel alınır. Eski 1 dakikalık test değerleri tamamen bırakılmıştır.

tsveç 420 kV sisteminde transformatorler için yıldırıma dayanma gerilimi (BİL) yakınlarında 1425 kV'tan 1300 kV'a düşürülmüş ve parafudur değerleri de buna göre düzeltilmiştir. Diğer aygıtlarda dayanma düzeyi 1550 kV'tan 1425 kV'a indirilmiş ve yalıtkanlık düzeyi eski yöntemlere göre saptandığından manevra aşırı gerilimleri de gözönüne alınmıştır.

Yeni İsveç 800 kV sisteminde yalıtkanlık koordinasyonu için yeni yöntemler uygulanmıştır. Yalıtkanlık düzeyleri için henüz kesin karara varılmamıştır, ancak manevra darbe dayanma düzeyinin (SIWL, Switching Impulse Withstand Level) 1550 kV, yıldırım darbe dayanma düzeyinin de (LIWL, Lightning Impulse Withstand Level) 2100 kV değerlerinde olması düşünülüyor. Bu değerler biraz büyük seçilmiştir, çünkü sistem, ilk işletme koşullarında oldukça zayıf olacaktır ve çok yüksek aşırı gerilimlerle karşılaşılabilmir.

re şimdye kadar UYG sistemlerinin yalıtkanlık düzeyleri için bir değer vermemiştir.

Enyüksek sistem gerilimi >1, kV	800	1200	1600
Geçici «un gerilim, pu	1,5	1,4	1,35
Manevra aşırı gerilimi, pu	1,9	1,65	1,5
Korunan aygıtlar için			
»00, kV	1425	2100	2550
MDDK, kV	1280	1780	2300
- PVT *	11	16	11
YDOD, kV	1675	2400	2900
rOKO, kV	1280	1780	2300
- pay, *	30	35	26
Korunmayan aygıtlar için			
MDDK, kV	1550	2100	2400
MDDK, kV, yaklaşık	2100	2900	3300
açıklık, *	5	10	15

MDDK: Hanavra darbe dayanaa ddiayi
MDDK: Unım darbe kon». ddiayi
YDDK: Yıldırım darbe dayanaa ddiayi
YDKD: Yıldırım darbe konma ddiayi

Şekil 13. UYG sistemleri için tahmini yalıtkanlık düzeyi

Şekil 13'deki tablo değerleri yeni yapılan bir CIGRE çalışmasında önerilmiştir. Burada; transformatorlerin, geçici aşırı gerilim testine 1 saat, korona olmaksızın dayanabilecekleri varsayılmıştır. Manevra darbe dayanma geriliminin, 1 saatlik test geriliminden % 50, yıldırım darbe dayanma geriliminden de % 15 daha büyük olacağı öngörülmüştür. Parafudur atlama geriliminde alt sınırın geçici aşırı gerilim değerine eşit, üst sınırın ise % 50 daha büyük olması benimsenmiştir. Transformator ve şönt reaktörlerde yalıtkanlık düzeyinin, bu yönle seçilmesinin ekonomik olacağı ve alışılmış parafudurlarla korunabileceği görüşüne varılmıştır.

Parafudurlarla korunma-olanağı olmayan salt merkezi ve diğer aygıtlar için, manevra aşırı gerilimlerinin yalıtkanlığı bozma olasılığı her aygıt için on binde birdir. Yıldırım darbe dayanma düzeyinin, manevra darbe dayanma

En yüksek sistem gerilimi	Çalışın» geriliml	Dalga empedans yÜKÜ	Reaktif güç üretimi
kV	kV	MJ	Mvsr/km
362	345	400	0,4
420	400	550	0,6
550	525	1000	1,0
800	750	2000	2,2
1200	1150	5500	6
1800	1500	10000	10

Şekil 14. EYG ve UYG sistemleri için dalga empedans yükü (DEY) ve reaktif güç üretimi (50 Hz'de)

düzeyinden % 40 daha büyük olması kararlaştırılmıştır. Tablonun sonunda verilen, gerilimli öğeler için gerekli açıklıklarda (clearances) atlama aralığı çarpanı (gap-factor) 1,2 alınmıştır.

7. KORONA ETKİLERİ

Korona kayıplarının, EYG ve UYG hatlarının tasarımındaki önemi azdır. İsveç'teki 420 kV hatlarda (her fazda iki iletken vardır) korona kayıpları, yaklaşık olarak kuru havada 0,5 kW/km, yağmurlu havada 12,5 kW/km, yıllık ortalaması ise 2 kW/km dolayındadır. 800 kV'luk hatlarda (her fazda 4 iletken vardır) korona kayıpları kuru havada 2 kW/km ve yağmurlu havada ise 60 kW/km dolayındadır. UYG sistemlerinde kayıplar oldukça büyüktür, ancak hatlardaki iletilen güçle karşılaştırıldığında yine önemsizdir.

Korona boşalmalarının radyo dalgaları, televizyon dalgaları ve ışıtlebilir gürültü üzerindeki etkileri, hat iletkeninin ve paralel iletken sayısının (conductor bundles) seçimine önemlidir. iletken yüzeyindeki alan şiddeti 17-18 kV/cm'de tutulabilirse, dalga karışmaları yönünden fazla bir sorun doğmaz.

Çok sayıdaki EYG hatlarında yapılan bir CIGRE çalışmasında; dış fazların 15 m uzağındaki radyo dalgaları zayıflamasının, kuru havada 40 ve 60 dB arasında değiştiği ve hat gerilimi ile orantılı arttığı görülmüştür. Kirli havalarda bu zayıflama, 10-20 dB kadar daha artmaktadır. Bu hatların yüzeyindeki en yüksek alan şiddeti 13-18 kV/cm arasındadır ve sistem gerilimi arttıkça alan şiddetinin de büyüdüğü gözlenmiştir.

Çift faz iletkeni İsveç 420 kV hatlarındaki en yüksek yüzey alan şiddeti 17 kV/cm dolayındadır. Bu konuda yalnız birkaç yüz kişi radyo yayınlarını düzgün alamadıklarından şikayet etmiş ve sorun şikayetçi olanlara daha güçlü radyo alıcıları verilerek çözülmüştür. İsveç'teki bazı yeni 420 kV hatlar, fazla yük-

lenmeden Ötörü üç iletkenli yapılmıştır. Bu hatlarda, alan şiddeti 13 kV/cm'ye kadar düş-tüğünden radyo dalgalarının bozulması sorunu olmamıştır. iteni tasarlanan 800 kV'luk hatlar 17-18 kV/cm alan şid-detinde çalışacak ve kuru ha-valardaki radyo dalgaları za-yıflamasının 50 dB dolayında olacağı düşünülmektedir. Bun-ların da önemli bir sorun ya-ratmayacağı sanılıyor.

Yüksek gerilim hatlarının rad-yo dalgalarının bozma etkisi FM yayınlarında görülmemektedir. Televizyon ve FM yayınlarında görülen dalga bozulmaları i-letkenlerdeki korona olayla-rından değil, izolatörler ve iletken ara bağlantılarındaki atlamalardan ileri geliyor. Bu tür bozulmalar da, arıza-ların yerinde temizlenmesi ile giderilebilir.

tsitilebilir gürültü sorunu, yakın zamanlarda; özellikle 20 kV/cm alan şiddetinde ça-lışan 765 kV'luk hatlarda ö-nem kazanmıştır. Gürültüye, elektrik alanı büyük iletken-lerdeki su damlacıkları yol açar. Bu yüzden gürültü, yağ-murda ve yağmurdan hemen son-ra en üst düzeydedir. Gürül-tü; iki katlı işletme frekan-sı (100 Hz), KHz'ler düzeyin-deki "beyaz" gürültü ve meka-nik salınımların yol açtığı birkaç Hz lik frekans bileşen-lerinden oluşur. Bu tür gürül-tünün, karayollarındaki ve ha-va alanlarındaki gürültü dü-zeyinden daha düşük olmasına karşın, insan sınırları üze-rindeki etkisi büyüktür.

Gürültü düzeyi, iletkenlerde-ki alan şiddeti düşürülerek azaltılabilir. Bu azaltma, EYG hatlarında çok fazla bir ekonomik ödünü gerektirmediği halde, UYG hatlarında ekono-mik olmayan çözümleri gerek-tirmektedir. Gürültü düzeyini düşürecek yeni yöntemler üze-rindeki çalışmalar yoğunlaş-mıştır.

8. ENDÜKLENER GERİLİM VE AKIMLAR

Elektrik alanlarının insan varlığı üzerinde, saç ve kıl-ların dikenleşmesi, vücut ve giysiler arasındaki atlamalar

gibi görünür olgularının yanı sıra, uzun erimli etkileri de vardır. Genel kanı, 5 kV/m'nin altındaki alan şiddetlerinin tehlikeli olmadığıdır. Günümüz hatlarının toprak düzeyindeki alan şiddeti; 400-500 kV'ta, 5-8 kV/m, 800 kV'ta ise 10-11 kV/m arasındadır. Bunların insan üzerinde ters bir etki-sine rastlanmamıştır. Yine, daha yüksek alanlarda uzun süre çalışanların sağlık de-netimi yapılmış ve vücutta kalıcı etkilerinin olmadığı görülmüştür. Ancak, 15 kV/m¹ nin üzerindeki alan şiddetle-ri rahatsız edici olabilir, bunların önlenmesi gerekir. UYG hatlarının tasarımında yüksek alan şiddeti sorunu önem kazanmakta ve sorunun çözümü için direk yüksekliği-nin artırılması, hat güzerga-hının tel örgüyle (fence) çevrilmesi ve salt merkezle-rinin ekranlanması gibi öne-rilerde bulunmaktadır.

Endüklenmiş akımlar da, üze-rinde durulması gereken önem-li bir konudur. İnsan, yalı-tılmış bir cisme, örneğin hattın altında ya da yakınında-ki bir arabaya dokunduğunda, önce darbe sonra işletme fre-kansındaki bir akım ile kar-şılılaşır.

Endüklenmiş akımların insan vücudundaki etkileri üzerine yapılan çalışmalar, 1mA dola-yındaki akımların duyulabil-diğini göstermiştir. İnsanın enerjili iletkeni eliyle tu-tup, kaslarını denetleyerek iletkeni elinden bırakabildi-ği en yüksek akım; kadınlar için 10mA, erkekler için de 15mA dolayındadır. 5 mA'lık bir akım güvenlik sınırı i-çinde sayılabilir.

Kararlı durum akımının, en azından halka açık alanlarda birkaç mA'de sınırlandırıl-ması yararlı olur. Bu sorun EYG hatlarında çok fazla bir zorluk çıkarmadan çözüleb-ilmesine karşın, UYG hatların-da tel örgüyle çevirme ve ekranlama yöntemlerini gerek-tirebilir. Ayrıca, üzerinde bakım çalışmalarının sorun yaratabileceği büyük aygıt-ların bulunduğu UYG salt mer-kezlerinde özel ölçmelerin yapılması yararlı olur.

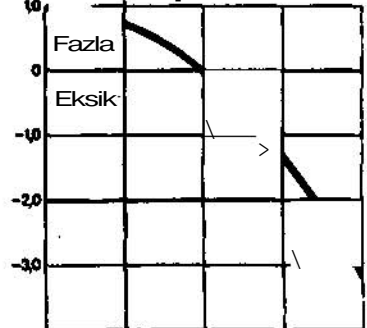
9. REAKTİF GÜÇ KOMPANZASYONU

İletim hatları reaktif gücü hem üretir, hem de tüketir. Kat sığasından (kapasitans) ge-len reaktif güç üretimi, ile-tilen yükten bağımsız olduğu halde, hat endüktansının tü-kettiği reaktif güç yükü ba-ğlı olarak değişir. Dalga em-pedans yükü (SIL, Surge İmpe-dance Loading) ya da doğal güç (natural power) diye ad-landırılan yükte, hattın ü-rettiği güç tükettiği güce eşittir. Farklı sistem geri-limindeki dalga empedans yükü ve reaktif güç üretimi-nin değerleri (50 Hz'de) Şe-kil 16'da verilmiştir.

Reaktif güç üretimi çok bü-yük değerlerde olabilir. 500 km uzunluğunda 420 kV'luk bir hattın reaktif güç üre-timi 300 MVar, 800 kV'luk aynı hatta ise bu üretim 1100 MVar (50 Hz için) do-layındadır. Sistem frekansı 60 Hz ise bu değer yüzde 20 daha büyüktür.

Bir hattın reaktif güç denge-sinin yüklenmeye bağlı olarak değişmesi Şekil 15'de göste-rilmiştir. Kompanzasyonsuz du-rumda bu değişimler, hat az yüklü ya da yüksüz ise, aşırı gerilimlerin doğmasına; çok yüklü ise, sistem kararlılığını etkileyen büyük gerilim düş-melerine yol açacaktır.

Reaktif güç üretimi,
hat üretiminin pu'i olarak



Hattın yüklenmesi (DfY birim iyte)

Şekil 15. EYG iletim hatlarında reaktif güç dengesi
DEY: Dalga empedans yükü

Hatta üretilen reaktif güç fazlasının şönt reaktörler ile emilmesi etkin ve ekonomik bir yöntemdir. Şönt reaktörler, düşük yükte işletme frekanslı aşırı gerilimleri sınırlar, gerilim regülasyonunu düzeltir ve sistemdeki kayıpları azaltır. Şönt reaktörler, aoğrudan hatta bağılyrsalar, manevra aşırı gerilimlerini de düşürürler.

EYG sistemlerindeki şönt reaktörler; rezonans ve harmonikleri önlemek amacıyla doğrusal manyetik karakteristikli yapıdır. Doğrusal olmayan reaktörler, geçici aşırı gerilimlerin daha da azaltılmasında yararlı olmaktadır. Amerika'daki 765 kV'luk sistemde reaktörler doyma bölgesinin dışında çalışmaktadır ve doyma dirseği (saturation knee) oldukça düşük seçilmiştir. Reaktif güç kompanzasyonu için doyması denetlenebilen reaktörlerde kullanılabilir. Doğrusal olmayan reaktörler kullanılmadan önce, her özgün durum için bu reaktörlerle koşulların iyileşip iyileşmediği ayrıntılı olarak araştırılmalıdır.

EYG hatlarındaki kompanzasyon düzeyi, çoğunlukla % 60-70 dolayındadır ve sistem gerilimleri arttıkça bu düzey de artmaktadır. Hatların yüklü olduğu anlarda, gereksiz gerilim düşmesini önlemek için reaktörler devreden çıkarılır. Şönt kompanzasyon için reaktörlerin senkron kompanzatorler ile bir arada kullanılması daha başarılı ve ekonomik oluyor, özellikle kompanzatorlerin çok kısa sürede aşırı yüklenebilmesi, yedek reaktif güç kaynağı yönünden önemlidir. Kompanzatorlerin hem sisteme reaktif güç verme hem de sistemden reaktif güç çekme işlevi ile sistem geriliminin değişmezliğinin sağlanması, diğer yöntemlere göre daha kolaydır.

Seri kompanzasyon (seri sığaçlar kullanılması), uzun hatların yüklenme kapasitesini arttırmada etkili bir yoldur. Seri sığaçlarda üretilen reaktif güç yük ile orantılı artar. Bu yüzden seri sığaçlar, reaktif

en üst yük (DEY birimiyle)



Şekil 16. Seri kompanzasyonlu hatlarda yüklenme düzeyi
DEY: Dalga empedans yükü

tif güç dengesinin sağlanmasında sisteme yardımcı olur.

Seri kompanzasyon hattın seri reaktansını azalttığından geçici kararlılık sınırını artırır. Buna örnek olarak, Şekil 16'da 300 km'lik EYG hattının uçları arasındaki en yüksek açı kararlılık yönünden 30° varsayılmış ve bu kararlılık sınırlarında seri kompanzasyona bağlı olarak hattın yüklenebilme düzeyi gösterilmiştir.

Seri sığaçlar ile hat reaktansının düşürülmesi paralel hatlar arasındaki güç dağılımının sağlanmasına ve iletim kayıplarının düşürülmesine yardımcı olur. Seri sığaçlar hat ortasına, ara merkezlere ve manevra merkezlerine konabilir. Seri sığaçların hat ortasına yerleştirilmesi, hat üzerinde daha düzgün bir gerilim dağılımının sağlanması ve sığaç üzerinden geçecek kısa devre akımlarının düşük olması gibi yararları vardır. Kısa devre akımlarının düşüklüğü sığaçta daha basit korumaların kullanılmasını sağlar.

10. KARARLILIK

Seri sığaçlar sistem kararlılığını arttırmada etkili yoldur, tik salınımdaki geçici kararlılığın iyileştirilmesi için kullanılacak diğer yöntemler arasında; arızanın çabuk temizlenmesi, tavan gerilimi yüksek statik uyarıcılarla (exciter) uyarının (excitation) denetlenmesi, dinamik frenleme, üreteçlerin devreden çıkarılması ve yük atma sayılabilir.

Daha sonraki salınımlarda; geçici kararlılık (transient stability) ve sürekli durma kararlılığı (steady-state stability), sistemdeki sönümlenmenin yeterli olmasına bağlıdır. Son zamanlarda ek uyarı denetimiyle yapay sönümlenme kullanılmaktadır. Bu yöntemde generatör hız sapması ve ivmesinden alınan imler (işaretler) gerilim regülatörüne uygulanmaktadır.

Böylece sistemleri birbirine bağlayan hatlardaki güç salınımlarının azaltılması, büyük nükleer ünitelerinin devre dışı kalmasıyla doğacak sistem oturmalarının önüne geçilebilir.

11. BİLGİSAYAR DENETİMİ

Sayısal bilgisayarlar (digital computers) özellikle çok büyük ve karmaşık güç sistemlerinde giderek daha yaygın kullanılıyor. Bilgisayarların sistem güvenilirliğinin ve yükün en uygun biçimde dağılımının sağlanmasında yararı büyüktür. Bilgisayarlar ile denetim adım-adım yapılır. Önce sistemin sayısal değerleri alınır ve hatların boştaki durumu saptanır, daha sonra yüklü hatların denetimi yapılır.

Bütünü tümleşik sayısal sistemin (totally integrated data system, TIDAS) İsveç'te kurulmasına başlanmıştır. Sistem, şimdilik ülke çapındaki verileri uzaktan ölçme (telemetry) ile toplayan ulusal denetim merkezinden oluşacaktır. Bölgesel denetim merkezleri ileride birleştirilecek ve komşu ülkeler ile veri bağlantıları (data links) yapılacaktır. Yaklaşık 200 üretim ve dağıtım merkezlerinden alınacak 600 kadar ölçü değeri denetim merkezinde 15 saniyede toplanacaktır. Ek olarak, devre kesicilerinin çalışması ve röle ayarlarındaki değişiklikler öncelikle merkeze gönderilecektir, bu amaçla 700 gösterge ayrılmıştır. İletimi kolaylaştırmak için, belirli bir alandan alınan veriler önce bölgesel toplama merkezlerinde toplanacaktır. İki küçük bilgisayar bulduran bu bölgesel merkezlerden 15-20 tane kurulması düşünülmektedir.

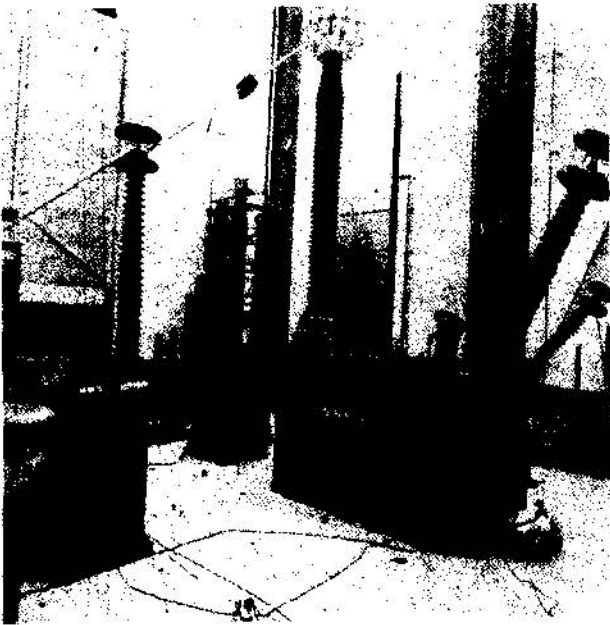


Şekil 18. Üç fazlı transformatör
700 MVA, "400/218/20kV"

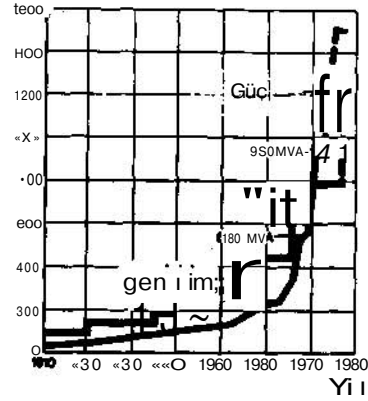
Şekil 19.
1000 MVA'lık
tek faz
transformatörün
genel
görünümü
İSS2./ZSL_{kv}
Sİ Sİ

Şekil 20. Tek faz UYG transformatörü.

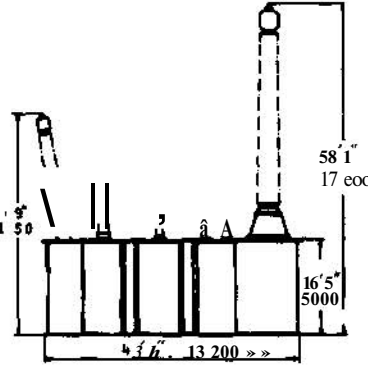
333 WA ±222. / ZâL / 14° kv
Sİ Sİ Sİ



Birim başına eşdeğer
çift sargı gücü (MVA)ve
çalışma gerilimi (kV)



Şekil 17. 1910-1970 arası ASEA
transformatörlerinde
en üst güç ve gerilim



Ulusal denetim merkezindeki orta boy bilgisayarda iki işlemci (central processor), teker bellek (disc memory), şeritli kaydedici (tape recorder), katot ışınli tüp (cathode-ray tube), yazıcı (printer) ve kart deliciler (card puncher) gibi yan donanımlar bulunacaktır.

Sistem dört aşamada gerçekleştirilecektir, ilk aşamada verilerin toplanması ve denetim işlemleri ile alarm işlevleri tamamlanacaktır. Katot ışınli tüpler şebeke düzeninin görünümü, güç akışı, gerilim gibi önemli verilerin ekranda gözlenmesini sağlayacaktır. Hat ve transformatör yüklenmeleri, gerilimler ve döner yedeklerin durumu sürekli denetlenecek ve önceden saptanmış sınırlar aşıldığında alarm verilecektir.

Döner yedekleri de içeren durum saptanması ve üretim tasarımı için hazırlanan uygulama programları ikinci aşamada; sistem güvenliğine ilişkin programlar da üçüncü aşamada tamamlanacaktır. Ekonomik yük dağılımı ve otomatik üretim denetimine ilişkin programları dördüncü aşamada gerçekleştirilecektir.

Tasarımın ilk aşamasının 1975, tümünün ise 1979 da bitirilmesi öngörülmüştür.

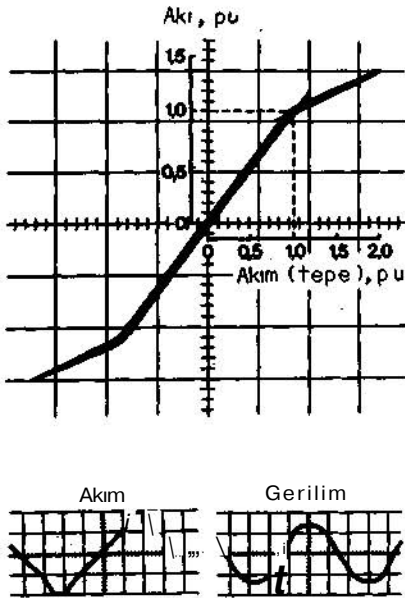
12. GÜÇ TRANSFORMATÖRLERİ VE REAKTÖRLER

EYG ve UYG iletimleri; transformatör, reaktör, dönüştürücü (converter), koruyucu ve ölçü aygıtlarının geliştirilmesiyle sağlanabilmiştir.

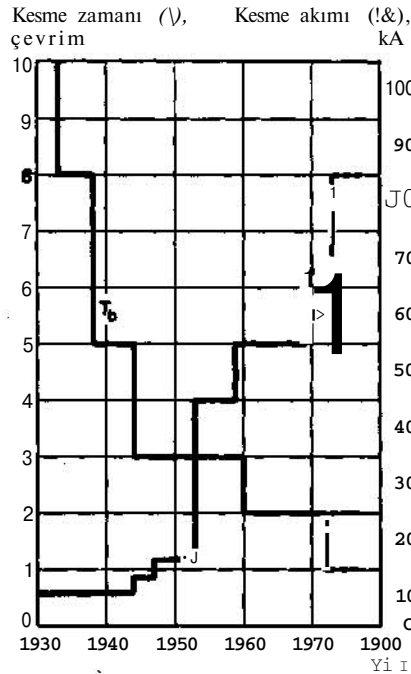
Transformatör alanındaki gelişmeyi, örneğin ASEA'nın senelere göre gerilim ve güç yönünden ulaşabildiği en üst değerlerde gözleyebiliriz (Şekil 17). Bugün 1000 MVA'lık transformatörler yapılmakta ve 1500-2000 MVA'lık birimlerin de yapılması beklenmektedir. Transformatör anma güçlerindeki bu hızlı artış taşıma olanaklarının iyileştirilmesiyle sağlanabilmiştir. İsveç'te şu anda 500 tona kadar yükler taşınabiliyor. Teknolojik gelişmelerle bu olanak daha da artacaktır.



Şekil 21. Üç fazlı şönt reaktör. 200 MVA, 400 kV



Şekil 22. Doğrusal karakter istikli olmayan şönt reaktörün mıknatıslama eğrisi



Şekil 23. 1930-1970 arası Amerikan piyasasında bulunan 230-765 kv'luk devre kesicilerinin durumu

Aygıtlarda daha iyi yalıtıcı maddeler kullanılmasına çalışılıyor. Geliştirilmiş hesaplama yöntemleri; elektriksel alanların daha iyi denetlenmesine ve daha düşük yalıtılmış sistem tasarımlarına olanak vermiştir. Yağ ve kağıt-yağ yalıtkanlarındaki atlama-ların ve diğer tür zorlanmaların yalıtkanlık maddelerindeki etkisinin ayrıntılı bilinmesi amacıyla araştırmalar sürdürülmektedir. Böylece; yalıtkanlık düzeyleri ile aygıtların boyutlarının daha düşürüleceği sanılmaktadır.

Tanecikleri yönlendirilmiş (grain-oriented) saçların kullanılmasıyla, transformatörlerdeki çekirdek kayıpları düşürülmüş, böylece manyetik akı yoğunluğunu artırma olanağı doğmuştur.

Üç-fazlı transformatörler daha ucuz olduğu için tercih edilir. Geleceğin UYG sistemlerinde; 3000 MVA ve üzerindeki çok büyük transformatörlere gerek duyulacaktır. Şekil 19'da genel görünümü verilmiş 1500 kV ve 1000 MVA'lık transformatör üç sargı bacaklıdır. Aynı güçte ve bir sargı bacaklı (yani 333 MVA'lık) transformatör, geleceğin UYG transformatörlerinin prototipi olarak yapılmıştır ve dünyadaki ilk UYG güç transformatörüdür (Şekil 20).

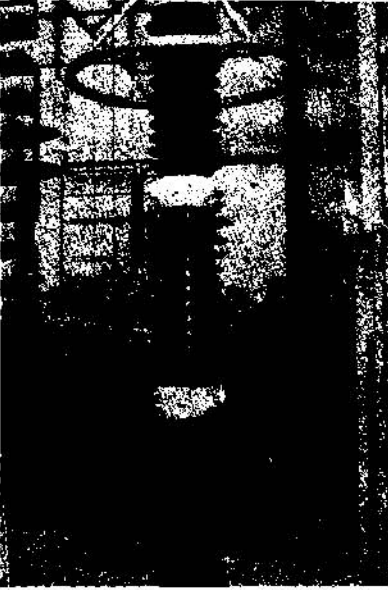
Şönt reaktörler, çoğunlukla üç fazlıdır ve gerilimin en az yüzde 150'sine kadar doğrusal çalışır. Geleceğin doğrusal olmayan reaktör gereksinimini karşılamak için farklı mıknatıslama eğrili tasarımlar üzerinde de çalışılmaktadır (Şekil 22).

13. DEVRE KESİCİLERİ

Güç sistemlerinin büyümesiyle, kısa devre akımları artmış ve sonucunda arızaların doğuracağı tahribat da önem kazanmıştır. Bu durum kesicilerin kesme kapasitesinin daha da büyümesi ve kesme zamanının da düşmesi gereğini doğuruyor (Şekil 23). Günümüzde kesme akım-



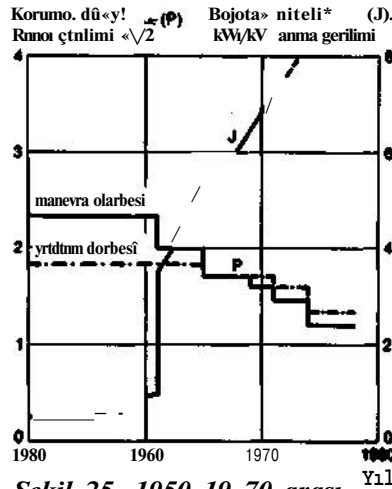
Şekil 24.
Az yağlı
devre kesicisi
420 kV,
2500 A,
40 kA(Ib)



Şekil 26. Anma gerilimi 330 kV,
koruma düzeyi 800 kV'un
altında olan bir
parafudur



Şekil 27. Atlama aralığı
"denetlenebilen"
parafudurun çalışma
eğrileri



Şekil 25. 1950-1970 arası
parafudurlarının
nitelikleri



Şekil 28. Kapasitif gerilim
trafoları. 420//J kV

lan 63 kA ve hatta 80 kA'e kadar, kesme zamanları ise iki çevrime (cycle) kadar devre kesicilerini bulma olanağı vardır. Kesme zamanının bir çevrime düşürülmesi beklenmektedir.

Geleceğin UYG sistemlerinde kısa devre akımları belki bir sorun olmayacak, ancak kesme zamanının çok küçük tutulması gereği ile karşılaşılabacaktır.

14. PARAFUDURLAK

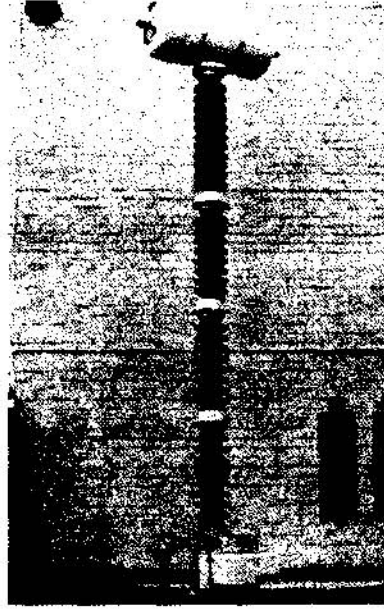
Aşırı gerilim korumasının giderek önem kazanması (korumanın daha sağlıklı olması için), parafudurların (surge arresster) hem koruma düzeylerinin hem de boşalma niteliklerinin daha da iyileştirilmesini gerektiriyor (Şekil 25). Bu konuda 1960'ların başında atılan en büyük adım, atlama aralıklarının manyetik olarak delinmesi (magnetically blown gaps) ya da etkin atlama aralıkları (active gaps) yönteminin kullanılması olmuştur. Bu tür atlama aralıkları oldukça büyük ark gerilimi göstererek boşalma akımını düşürmekte ve parafudur dirençlerini ısı yayılan bölümden ayırmaktadır.

Şekil 26'da 420 kV sistemlerinde kullanılan etkin atlama aralıklı parafudur görülüyor. Bu parafudurun anma gerilimi 330 kV ve koruma düzeyi 800 kV'un altındadır.

UYG ve YGDA iletimlerinde kullanılacak parafudurların koruma düzeyleri ve boşalma niteliklerinin iyileştirilmesi için, yeni bir atlama aralığı denetlenebilen (controlled gap) parafudur geliştirilmiştir (Şekil 27). Büyük akımlardaki düşük atlama aralığı gerilimi, oldukça büyük dirençlerin kullanılmasına olanak vermiştir. Böylece hem başlangıç boşalma akımları, hem de parafudurun atlama (sparkover) sistemindeki gerilim basamakları düşürülmüştür.

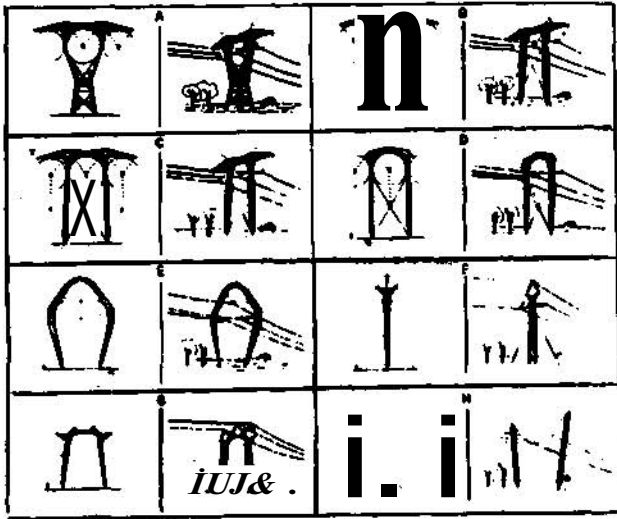
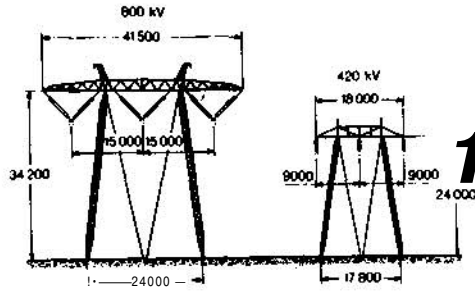


Şekil 29. Manyetik akım transformatörü
420/√3 kV, 2000 A



Şekil 30. Optronik akım transformatörü
420/√3 kV, 2000 A

Şekil 31.
800 ve 420
kV için
direk
tasarımları



Şekil 32.

t/re
di rei
tasarımları

15. ÖLÇÜ TRANSFORMATÖR- LERİ

EYG ve UYG sistemlerinin gerilim ölçümünde, kapasitif gerilim trafolarının kullanılması çok ucuz bir yoldur (Şekil 28). Gelecekte; geçici rejim tepkisini (respose) iyileştirmek için kapasitif gerilim trafosunun çıkışındaki manyetik transformatörün yerini elektronik aygıtların alması bekleniyor.

Manyetik akım transformatörleri; akım ölçümünde basit ve güvenilir aygıtlardır (Şekil 29). Ancak UYG sistemleri için bu akım trafolarının pahalı olması, elektronik aygıtların önemini artıracaktır. Güvenilirlik, doğru ölçme, ekonomiklik ve geçici olaylara karşı fazla duyarlı olmama niteliklerinin iyileştirilmesi amacıyla yeni bir optronik sistem geliştirilmiştir. Bu sistemde, hat gerilimindeki elektronik aygıt, ürettiği ışık imlerini (işaret) optik lifler (fiber) üzerinden toprak gerilimine taşımaktadır (Şekil 30).

16. HATLAR VE MERKEZLER

Hat direkleri tasarımının ülkeden ülkeye değişmesi, kısmen teknik, kısmen de hukuksal nedenlerden ileri geliyor. Direklerin daha hafif ve estetik gereklerle daha alçak yapılması yönünde bir eğilim vardır. Yeni 800 kV tsveç sistemi için önerilen direk; 35 metre boyunda ve yalnızca 12 ton ağırlığındadır (Şekil 31).

Direk boyutlarının küçültülmesi gereği, özellikle UYG sistemlerinde daha da ağırlık kazanmıştır. Çünkü çok büyük çelik yapılar kamunun tepkisine yol açıyor. Alışılmamış direk tasarımlarından bazı örnekler Şekil 32'de verilmiştir.

Salt merkezlerinin yer ve boyut sorunu SF6 ile yalıtma tasarımlarını geliştirmiştir. Günümüzde 800 kV sistem gerilimleri için yapılabilen bu tür tasarımlar, UYG sistemlerinde daha da ilginç olacaktır. Çünkü bu tür merkezlerin alışılmış harici merkezlerin kapladığı alanın ancak % 5-10'unu kaplayacağı sanılıyor.

(EHV and UHV Power Transmission, B. Thorén, ASEA, Västerås, İsveç)