

# Elektroteknik Mecmuası

SENE : 31

NISAN 1984

SAYI : 4

## ÜRETİM

## '84...

**KONDAŞ**

- 3300-34500 V.50 Hz Güç Kondansatörleri,
- Yüksek gerilim ve frekanslarda Endüksiyon ocak kondansatörleri,
- 400-525 V güç kondansatörleri serisi,
- Alternatif akım daimi devre tüp kondansatörleri,
- Her güçteki kondansatör kompanzasyon sistemleri imalat ve montajı,
- Proje, Taahhüt, Montaj ve Mühendislik Hizmetleri,

KONDAŞ KONDANSATÖR SAN. ve TİC. A.Ş.  
Şehit Muhtar Cad. Talimhane Palas 5/9  
Tel.: 145 78 79 - 145 84 53 Taksim/İSTANBUL



## Kirlenmenin Parafudr Karakteristiklerine Etkisi

Y. Müh. Özcan KALENDERLİ

### ÖZET

Kirli koşullarda parafudrların çalışmaya başlama gerilimlerinin düştüğü bilinen bir gerçektir.

Parafudrların çalışmaya başlama geriliminde en büyük düşüş, kirli bir parafudrun kuruma işlemi sırasında meydana gelir. Bu işlem sırasında parafudrun porselen gövdesi üzerinde kuru bölgeler ve bandlar oluşur. Bu bandlar, parafudr boyunca gerilim dağılımındaki ani değişikliklerin sebep olduğu arklarla kısa devre edilirler. Ani gerilim değişiklikleri, parafudrun iç parçaları ile porselen gövde üzerindeki iletken kir tabakası arasındaki kapasitif bağ nedeniyle seri eklatörlerde geçici gerilimlere sebep olur.

Kuru bölgelerdeki boşalma olaylarını açıklayabilmek için bir teori geliştirilmiş ve bu olaylara etkiyen büyüklükleri içeren uygun bir eşdeğer devre verilmiştir. Bu büyüklüklerin parafudrun çalışmaya başlama gerilimine etkisi model ölçmeleri, bilgisayar programları ve çok sayıda yapay kirlenme deneyleri ile araştırılmıştır. Model ölçmeleri ve bilgisayarlarla yapılan çalışmalar deneyler ile teorisinin uyuştuğunu ve kirlenme karşısında tek ve çok parçalı parafudrların aynı davranış içinde olduğunu göstermiştir.

Son bölümde parafudrların kirlenme deneyleri için basit bir yöntem anlatılmıştır.

### GİRİŞ

**Parafudrlarda omik ve kapasitif gerilim dağılışı :**

Parafudrlar da işletmedeki bütün diğer porselen yalıtkanlar gibi kirlenmeye maruz kalırlar. Yüksek Gerilim parafudrları, şebeke frekansında uygun gerilim dağılışı veren bir çeşit dağılmış dirençlere sahiptir. Yıldırım gibi hızlı değişen darbe gerilimlerinde gerilim dağılışı kapasitiftir. Devre açma kapama salınımları gibi yavaş değişimlerde ise hem kapa-

sitif hem de omik gerilim dağılışı söz konusu olur.

Değişik parafudrlar üzerinde yapılan çalışmaya başlama gerilimi deneyleri 30 - 50 kV un üzerinde kullanılan parafudrlarda düzgün bir omik dağılımın gerekliliğini göstermiştir. Aksi halde işletme güvenilirliğini sağlayabilecek bir çalışmaya başlama gerilimi değeri elde etmek oldukça zordur. Düzgün bir omik dağılım, sabit veya gerilime bağımlı dirençler kullanılarak elde edilebilir. Isınma nedeniyle omik dağılımın düzgünlüğü sınırlıdır. Ayrıca dirençlerden geçen akım parafudrun maksimum çalışma geriliminde birkaç mA mertebesinde-dir.

**Kirlenmenin şebeke frekanslı gerilim dağılımı üzerine etkisi :**

Parafudr üzerindeki iletken kir tabakasından akan kaçak akım, porselen yüzey boyunca dış gerilim dağılışına sebep olur. Parafudrlarda içteki parçalar ile dıştaki kir tabakası arasında porselen gövde üzerinden sıkı bir kapasitif bağ vardır. Bu yüzden dış yüzeydeki gerilim dağılımı doğrudan doğruya içteki gerilim dağılımını etkiler. Bu durum tek veya çok parçalı parafudrlar içinde geçerlidir.

Bu problemin incelenmesinde parafudrların kirlenme koşullarında veya yapay yağmurlama altında denenmeleri gerekir. Bu koşullarda gerek tek, gerekse çok parçalı parafudrların çalışmaya başlama geriliminde biraz azalma olacaktır. Fakat bu deneylerin en kötü koşulları göstermeyeceği açıktır.

İşletme deneyimleri son yıllarda geliştirilmiş kirli bölgelerde kullanılan parafudrların normal durumda bir problem çıkarmadığını göstermiştir.

### TEORİ

Ağır kirlenme geçici atlamalara yol açan daha kötü bir durumdur.

En kritik durum, sürekli bir kaçak akımı



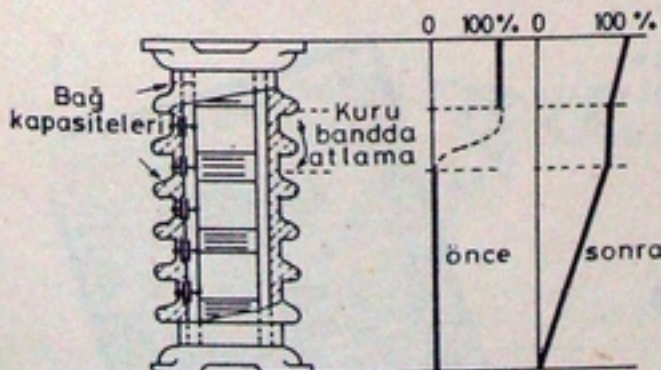
değil, dış yüzey boyunca bölgesel atlamalar sonucu ani darbeleri içeren akımdır.

Bu durum, kalın kir tabakasının yoğun sis veya kırağı ile nemlendiği veya sağanak yağmurdan sonra parafudr kururken elde edilir. Önce kirin kuruması sırasındaki durumu gözönüne alalım. Başlangıçta yüzeyin tümü az veya çok düzgün olarak nemlidir ve en çok 10-100 mA mertebesinde sürekli bir kaçak akımı vardır. Kaçak direncinde açığa çıkan ısı ile nem buharlaştırılır. Bu buharlaşma işlemi doğal olarak kararsızdır. İzolatör boyunca bazı kısımlarda kurumalar olur. Bu kısımların yüzeysel dirençleri artar ve buralarda daha büyük bir gerilim düşümü olur. Buharlaşma hızı, diğer yerlerde yavaşlarken yüzeyin bu bölgesinde hızlanır ve en sonunda porselen silindirinin bütün çevresinde tamamen kuru bir band oluşur ve sürekli AC kaçak akımı ani olarak yaklaşık sıfıra düşer. Fakat yine de bazı kuru bölgeler boyunca arasıra kıvılcımlar atlar.

Aynı durum çiseleyen yağmur veya yoğun sis ile yavaş ve sürekli nemlenen yüzeylerde de olur. Yüzeyin bazı bölgelerinde buharlaşma meydana gelir ve buralar daha çabuk kurur. Sonuç yukarıdaki gibi olur.

Gerek kirlenme deney istasyonlarından, gerekse normal işletmedeki kirli izolatörlerin deneylerinden kuru bölgelerin oluşumu ve kuru bölgeler boyunca atlamalar bilinmektedir. Anlaşılmayan konu iç ile dış yüzey arasındaki kuvvetli kapasitif bağ nedeniyle bu durumun parafudrun çalışmaya başlama gerilimine olan etkisidir.

Yüzeyin büyük bir kısmı nemlendiğinde, bu kısım eşpotansiyel bir yüzey oluşturur ve

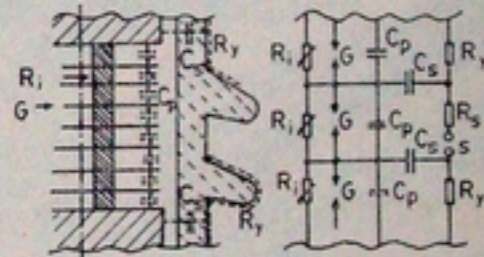


Şekil 1. Kuru bandda atlama anında dış gerilim dağılımı.

dolayısıyla uygulanan bütün gerilim kuru bölgeler boyunca dağılır. Bu sırada kuru bölgelerden birinde atlama olduğunda, o bölge kısa devre olur ve önceden tamamı aynı gerilimde olan nemli kısımlar boyunca yeniden bir gerilim dağılışı olur. Bu olay  $\mu s$ 'ler mertebesinde gerçekleşir ve kapasitif bağ nedeniyle içteki parçalara da iletilir (Şekil 1). Bu hızlı darbeler, seri eklatörlerin bazılarında aşırı zorlanmaya ve kuruda çalışmaya başlama geriliminden daha düşük bir gerilimde parafudrun çalışmasına sebep olur. Bu olay işletme koşullarında gerçekleştiğinde, parafudr normal olarak tekrar çalışabilir.

#### Kuruma işlemi sırasında parafudrın kirlenme duyarlılığına etkiyen faktörler :

Aşağıda parafudrun çalışması açısından en kritik anın, kuruma işlemi esnasında kuru bölgelerin ve bu bölgeler boyunca arkların meydana geldiği an olduğu gösterilmiştir.



Şekil 2. Kirli bir parafudrun kuru bölgesinin eşdeğer devresi.

- G seri eklatörler,
- $R_i$  dağılım dirençleri,
- $R_k$  kir tabakasının direnci,
- S atlamamanın olduğu kuru bölge,
- $R_a$  ark direnci,
- $C_p$  seri eklatörlere paralel kapasiteler,
- C, iç parçalar ile iletken kir tabakası arasındaki bağ kapasitesi.

Problemi anlamak için bu işlem sırasında çalışmaya başlama gerilimine etkiyen faktörler analiz edilmiştir. Şekil 2'de kuru bandlı bir parafudr parçası ve bu duruma uyan bir eşdeğer devre gösterilmiştir. Eşdeğer devrede dağılmış kapasiteler gösterilmemiştir. Fakat tabii ki bunlar çok önemlidir. Aşağıda Şekil 1 ve 2 yardımıyla seri eklatörlerde yüzeydeki arklarının etkisini açıklayan bir teori verilmiştir.

(Devamı var)



# Kirlenmenin Parafudr Karakteristiklerine Etkisi

Y. Müh. Özcan KALENDERLİ

(Gegen sayıdan devam)

Kuru tabaka boşalmasına kadar olan sürede gerilimin büyük bir kısmı kuru tabaka uçlarındadır. İç gerilim dağılımı daha çok dağılım dirençleri tarafından belirlendiği için daha düzgündür. Dış iletken tabakayla iç kısımlar arasında gerilim farkı olduğunda  $C_1$  kondansatörleri dolar. Kuru bandlar boyunca bir atlama olunca  $C_1$  kondansatörleri, ark vasıtasıyla birleşir ve  $R_1$  dağılım dirençleri ve  $C_p$  seri kapasiteleri üzerinden boşalırlar.

Kuru banda yakın olan elemanlarda, bu elemanların da kir tabakası direncini içermesi nedeniyle, tekrar bir yük dağılımı olur.

İş mertebesindeki bu olaylar  $G$  aralıklarında delinmeye yol açacak mertebeden yüksek gerilimlere neden olabilir ve hatta bu olay tam delinme ile de sonuçlanabilir.

## MODEL ÖLÇMELERİ VE HESAPLAR

Model devreler üzerinde ölçmeler :

Kuruma işlemi sırasındaki geçici olaylar nedeniyle çalışmaya başlama gerilimindeki azalmanın incelenmesinde Şekil 2'ye göre bir model devre kurulmuştur. 15 düğümlü bu devre yapay kirlenme deneyinden geçirilecek özel bir parafudru temsil etmektedir.

Komple bir parafudr üzerinde yapılan ölçmelerle Şekil 2'deki  $C_1$  ve  $C_2$  kapasiteleri belirlenmiştir.

Dağılım dirençleri ( $R_1$ ) olarak küçük değerli nonlinear dirençler seçilmiştir. Bu dirençler alçak gerilimlerde yeterli akım geçirebilecek değerdedir.  $n$  değeri ( $I=K \cdot U^n$  formülü ile verilen) modelde 3 olarak alınmıştır. Uygulamadaki parafudrlarda her ne kadar değişik üslü dağılım dirençleri kullanılmakta ise de kirli koşullarda çalışmaya başlama geriliminin düşmesi olayının açıklanabilmesi açısından bu durum önemli bir sakınca yaratmaz.

Yapay kirlenme deneylerinden bulunan kir tabakası direnci ile literatürde verilenler karşılaştırılarak uygun bir değer seçilmiştir. Ark direncinin belirlenmesi zordur. Ölçmelerde bu değer kir tabakası direncinin belirli bir oranı şeklinde seçilmiş ve ölçmeler boyunca değeri değiştirilmiştir. Yapay kirlenme deneylerinde, çalışmaya başlama gerilimindeki en büyük düşüş anında kir tabakasından geçen akımın 10 mA mertebesinde olduğu belirlenmiştir.

Model, gerçek bir parafudr ile aynı zaman sabitlerini verecek şekilde kurulmuştur.

Kuru tabakalar boyunca oluşan arklar mekanik anahtarlarla gerçekleştirilmiştir. Dağılım dirençleri boyunca oluşan geçici gerilimler katot ışınli osilograf ile ölçülmüştür.

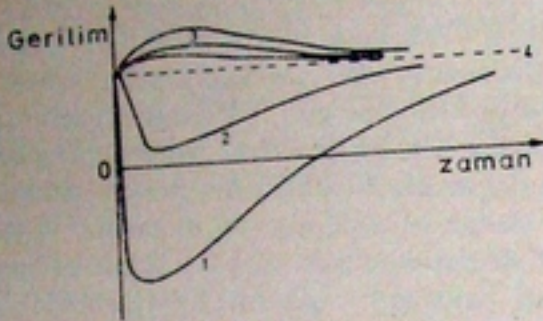
Modelin nonlinear dağılım dirençleri içermesi nedeniyle elemanlar ancak belirli bir gerilim için belirlenebilir. Model ölçmelerinde anma geriliminin iki katı referans gerilim olarak seçilmiş ve bu gerilim kuruda 50 Hz'de parafudrun çalışmaya başlama gerilimi olarak kabul edilmiştir. Uygulanan gerilim bir DC gerilim kaynağından alınmış, dolayısıyla model devredeki her bir elemana belirli bir atlama gerilimi karşı düşürülmüştür.

Model boyunca gerilim dağılımı, herhangi bir elemanın uçlarındaki gerilim onun atlama gerilimine ulaşmaya kadar düzenlenir. Söz konusu eleman kısa devre olur ve bu esnada uygulanan gerilimin diğer elemanlarda da atlamaya yol açıp açmadığına bakılır.

Kuru tabakalar boyunca oluşan arkları temsil eden anahtarların çalışması, dağılım dirençleri boyunca aşırı gerilimlere yol açar. Anahtarın karşısındaki elemanda uygulanan gerilime zıt bir geçici gerilim meydana gelir. Daha düşük genlikli benzeri geçici gerilimlere yakın elemanlarda da rastlanır. Anahtardan uzaktaki elemanlarda uygulanan gerilim-



le yöndeş geçici gerilimler gözlenmiştir. Tipik bir sonuç Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Kir tabakasındaki atlamaların seri eklatörlerde oluşturduğu geçici gerilimler.

- Eğri 1: Anahtarın bulunduğu kolun gerilimi.  
Eğri 2: Anahtara yakın elemanın gerilimi.  
Eğri 3: Anahtardan uzak elemanların gerilimleri.  
Eğri 4: Her bir elemana uygulanan doğru gerilim.

Model üzerinde bazı parametreler değiştirilerek yapılan ölçmelerde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Düşük değerli dağılım dirençleri, çalışmaya başlama gerilimini daha az düşürür.
- Dağılım dirençlerine paralel kapasitelerin büyütülmesi de benzer şekilde çalışmaya başlama gerilimindeki düşüşü azaltır.
- Kaçak kapasiteli modellerle yapılan ölçmeler, bunlar kullanılmaksızın yapılanlara göre daha düşük çalışmaya başlama gerilimleri vermiştir.

#### Bilgisayarla hesaplar:

Şekil 2'deki devreye dayanan bir bilgisayar programı ile dış boşalmalar anında seri eklatörlerde oluşan geçici gerilimler hesaplanabilir. Böyle bir programla farklı parafudrların ve parametre değişimlerinin sonuçları kolayca çıkarılabilir. Aynı anda oluşan 50 Hz'lik gerilim hesaba katılmamıştır.

Bilgisayarla herhangi bir parafudrun gerçek çalışmaya başlama geriliminin belirlenmesi uygun değilse de farklı parametrelerin değişiminin geçici olaylara etkisi kolayca incelenebilir.

Bir grup parametreler için yapılacak hesaplarda zamandan kazanmak amacıyla sade-

ce arkı içeren kol ve ona yakın elemanlardaki geçici olaylar incelenmiştir. Uzak elemanlar için işlem yapılmamıştır. Uzun parafudrlarda toprağa göre kaçak kapasiteler büyük önem taşırsa da, hesap süresini uzatmamak ve karışıklığa yol açmamak için bunlarda hesaba katılmamıştır.

Yukarıda sözü edilen model ölçmelerinin sonuçları doğrulanmıştır. Bunlardan başka ölçmeler:

- Daha az iletken bir kirin daha düşük genlikli geçici olaylara yol açtığını, yani çalışmaya başlama gerilimde daha az bir azalmaya sebebiyet verdiğini;
- İç kısımlarla dış kir tabakası arasındaki kapasitif bağın yüksek olması daha büyük genlikli geçici olayları yani daha düşük çalışmaya başlama gerilimleri doğurduğunu göstermiştir.

#### TAM PARAFUDRLAR İÇİN YAPAY KIRLENME DENEYLERİ

**Kir Tabakası:** En kötü koşullar kirli bir parafudrun tuzlu sis veya yağmura maruz kalması durumunda ortaya çıkar. Bu koşulların taklit edilmesi için özel deney hücreleri kullanılır. Bu araştırma için kullanılan yöntemde parafudr yeter miktarda su tutabilecek bir kir tabakasıyla kaplanır. Kir tabakası;

- Hazırlanması kolay,
- Su tutabilen,
- Kalınlığı önemli olmaksızın kolay kaplanabilen ve
- Temizlenmesi kolay

olmalıdır. Su içinde toz halinde bulunan Çin kili süspansiyonu, kir karışımının püskürtücüden akmasına engel olmayacak miktarda betonite ( $Al, Mg, Na, Si_4O_{10}(OH)_2$ ) eklenerek kullanılabilir. Kullanılan karışımda Çin kili % 30,7; Su % 69,1; Betonite % 0,2 dir. Betonite eklenmesi tabakayı, su tutabilecek duruma getirir.

Kir tabakasının iletkenliği farklı iletkenlikli su (damıtık su, tuzlu su) kullanılarak veya kir tabakasının kalınlığı arttırılıp azaltılarak değiştirilebilir. Kir kaplama etek altları da dahil tüm porselen boyunca yapılmalıdır.



Tabaka kalınlığının düzgünlük kontrolü oldukça kolaydır. Gerçek kalınlığın saptanması ise daha zordur ve bu amaçla herhangi bir pratik yöntem geliştirilmemiştir. Kir tabakası kaplandıktan sonra kurumaya bırakılır.

**Tabakanın Islatılması :** Tabaka, doyuncaya kadar farklı iletkenlikli su ile, normal bir püskürtücü kullanarak ıslatılır. Kir tabakası saydamlaşır, koyulaşır ve böylelikle düzgün ıslatma sağlanır.

Islatmadan sonra direnç ölçülür. Direnç değeri, tabaka direnci hakkında bilgi verir ve düzgün ıslatmanın kontrolünü sağlar.

**Deney Devresinin Kısa Devre Kapasitesi :** Kirlenme deneyleri kirli tabakadan geçen 0,1 Amperden büyük tepe değerli akımların normal olarak dış boşalmalara yol açtığını göstermiştir. Dolayısıyla kirlenme deneyinde, 0,1 Amperlik akımların deney devresinde çok yüksek gerilim düşümlerine yol açmadığı söylenebilir. Gerilim düşümü çok küçükse atlama olmaz. 1 - 5 veya daha fazla Amperlik kısa devre akımları önerilir.

**Ölçülen Değerler :** Parafudrun uçlarındaki gerilim kapasitif gerilim bölücü ve tepe değer voltmetresiyle ölçülür. Kir tabakasından akan kaçak akım ve içteki dağılım akımı ayrı şöntler ve osilograf kullanılarak ölçülür. Dış ve iç boşalmalardan şönt direncini korumak için herbir şönte paralel nonlineer dirençler yerleştirilir.

**Gerilimin Uygulanması :** İzolatörlerin kirlenme deneylerinde gerilimin uygulanması ve sürdürülmesi sadece dış atlamalarla sınırlanır. Parafudr deneylerinde, kuruma işlemi sırasında çalışan parafudrlar için sabit bir gerilim uygulanması ve kaydı da çok önemlidir. Dağılım, dirençlerindeki sıcaklık yükselmesi nedeniyle bu işlem ancak parafudrun anma geriliminden düşük gerilimlerde yapılır. Daha yüksek gerilimlerde gerilimin uygulanma süresi sınırlanır ve nonlineer dağılım dirençli parafudrlarda sebeke frekanslı gerilimle yapılan çalışmaya başlama deneylerinde anma geriliminden parafudr çalışmaya başlayınca kadar geçecek süre birkaç saniye civarında olmalıdır. İşletme güvenilirliği açısından; işlet-

me gerilimindeki kirlenme deneyleri yeterlidir. Fakat bu deneylerden amaç, kirli koşullarda ve özellikle kuruma işleminde parafudrun çalışmasına yol açan etkenlerin araştırılmasıdır. Dolayısıyla gerilim dış ve iç boşalmalar oluncaya kadar hızla yükseltilir (sıfırdan boşalmaya dek geçecek süre 10 s'den fazla olmamalıdır). En küçük çalışmaya başlama geriliminin belirlenmesi amacıyla kuruma işlemi anındaki bu deney mümkün olduğu kadar tekrarlanır. Bu ardışık deneyler serisi numunenin ıslatıldığı anda başlar ve tabakalar kuruyuncaya dek devam eder. Kuru tabakaların oluşumu raslantısal bir karakter taşır. Dolayısıyla, en küçük çalışmaya başlama geriliminin belirlenebilmesi için herbiri 30 - 50 gerilim uygulanması içeren 5 - 10 deney yapılmalıdır.

Gerilim uygulaması için bir başka yöntem de; gerilimi aniden parafudrun çalışacağı tahmin edilen bir değere yükseltmek ve aynı hızla düşürmek ve bu işlemi tekrarlamaktır. Bu yöntemin üstünlüğü, daha az işlemle en düşük değerlerin tayin edilmesi ve dolayısıyla deney düzeneğinin daha az yıpranmasıdır.

**Kuruma işlemi anındaki olayların açıklanması :** Kuruma işlemi anındaki olaylar dört bölümde incelenebilir.

1. Dış boşalma (parafudr tamamen ıslak),
2. Dış boşalmaya yol açan büyük sarı arklar,
3. Kuru tabakalar ve küçük mavi arklar,
4. Sessiz ve görünmeyen olay (parafudr yaklaşık kuru).

**1. Aşama :** İlk gerilim uygulamalarında, tüm porselen boyunca oluşan arklar tam boşalmaya yol açar. Kir tabakası düzgün bir gerilim dağılımına neden olduğu için çalışmaya başlama gerilimi etkilenmez. Dış akımlar 100 mA veya biraz daha büyüktür.

**2. Aşama :** Gerilim uygulanınca kir tabakasındaki nem buharlaşmaya başlar ve küçük kuru parçacıklar gözlenir. Dış akım hâlâ 100 mA mertebesinde ve genellikle dış boşalmalar olur. Kuruda çalışmaya başlama gerilimine yakın değerlerde parafudrun rastlantısal çalıştığı görülür.

(Devamı var)



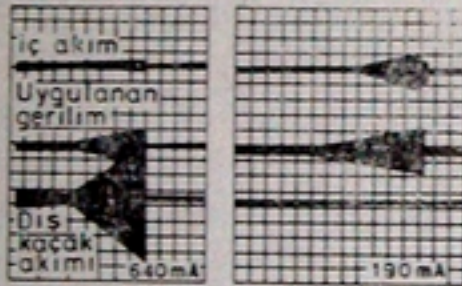
# Kirlenmenin Parafudr Karakteristiklerine Etkisi

Y. Müh. Özcan KALENDERLİ

(Geçen sayıdan devam)

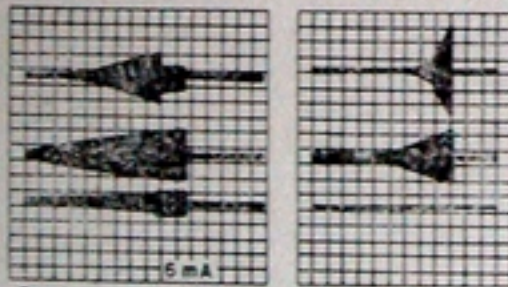
**3. Aşama :** Porselen boyunca kuru bölgeler oluşur. Sürekli dış kaçak akımı birkaç mA civarına düşer. Kuru tabakalar boyunca mavi kıvılcımlar görülür ve bunlar halâ yağ ve iyi iletken olan diğer bölgelere doğru kayar. Bu anda parafudrun çalışmaya başlama gerilimi etkilenir. Kirli bölgelerde kullanmaya uygun olmayan parafudrarda anma değerinin altında çalışmaya başlama gerilimleri kaydedilmiştir. Mavi kıvılcımlar yüzünden oluşan geçici dış akımlarla düşük çalışmaya başlama gerilimi arasındaki ilişki açıkça gözlenmiştir.

**4. Aşama :** Kuru bölgeler genişler ve artık dış atlamalar olmaz, dolayısıyla parafudr tekrar normal çalışmaya başlama gerilimi değerini kazanır.



1. Aşama Dış atlama

2. Aşama Dış atlama



3. Aşama Çalışmaya başlama

4. Aşama Normal çalışma

Şekil 4. Kuruma işleminin aşamalarından osilogramlar.

Şekil 4'te değişik aşamalarda kaydedilmiş osilogramlar verilmiştir.

Kuruma işlemi sırasında çalışmaya başlama gerilimleri ve ölçülen dış kaçak akımlar Şe-

kil 5'dekine benzer bir değişim gösterirler. En küçük çalışmaya başlama geriliminin, dış boşalmanın bittiği andan çok kısa bir süre sonra olduğu kaydedilmiştir. Dolayısıyla en küçük değerler bir dizi deney sonucunda elde edilebilir.

**Yapay Kirlenme Sırasında Tam Bir Parafudrun Parametrelerinin Değişimi :** Aşağıdaki parametreler araştırılmıştır :

a) Dağılım Akımı : Aynı koşullarda bir parafudrun dağılım dirençlerinin değerinin değiştirilmesiyle;

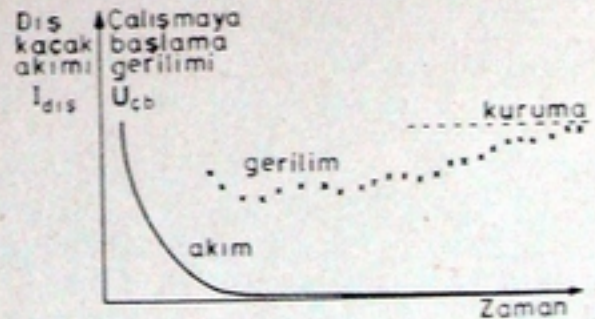
b) Dış Kaçak Akımı : Kir tabakası iletkenliğinin değiştirilmesiyle;

c) Tek Parça ve çok bölümlü parafudr- lar;

d) Seri eklatörlere paralel kapasite : Kapasite eklemekle;

e) Dış tabakayla aktif kısımlar arasındaki kapasite : Parafudrun aktif kısımlarını normal bir porselen gövde içine ve daha büyük bir gövde içine yerleştirmekle;

f) Porselenin biçimi ve kaçak yolu (mesafesi) : Aynı porselen boyu ve anma gerilimi için farklı boyutlu ve etek şekilli porselen gövde seçmekle.



Şekil 5. Kuruma işlemi sırasında ölçülen dış kaçak akımı ve çalışmaya başlama gerilimi değerleri.

a) Teorik hesaplar ve model ölçmeleri; dağılım dirençlerinin iletkenliklerinin değiştirilmesinin, parafudrun kuruma işlemi sırasında-



ki çalışmaya başlama gerilimi değerini etkilediğini göstermiştir. Yapay deneylerin sonuçları, dağılım dirençleri iletkenliğinin parafudrun çalışmaya başlama gerilimine büyük ölçüde etkilediğini göstermiştir. İletkenliğin  $1/3$ 'üne inmiş bir parafudrda çalışmaya başlama gerilimi % 20 azalmıştır.

b) Kir tabakasının başlangıç iletkenliği, kural olarak ıslak parafudrda dış atlama olacak değerde seçilir. Kir karışımında ve püskürtüldüde damıtılmış su kullanılarak en küçük iletkenlik sağlanır. Normal musluk suyu na biraz tuz eklenerek tabakanın iletkenliği 40 katına çıkarılır. İletkenlik, bazı durumlarda kir tabakasının kalınlığıyla değiştirilebilir.

Tüm durumlarda parafudrun çalışmaya başlama gerilimi pek değişmez. Bu sonuç, yukarıda açıklanan hesaplarla ve model devre araştırmalarıyla çelişir. Bu çelişki şöyle açıklanabilir. Gerçek deneylerde oluşan pek çok kuru bölgelerdeki atlamaların birbirinin sonucu olması nedeniyle sonuçta üst-üste binmiş geçici olaylar olur. Diğer araştırmalarda ise, sadece bir tek kuru band gösterilmiştir. Bu sonuç, standart deney yöntemleri için kir tabakası seçiminin çok kritik olmadığını göstermesi bakımından çok önemlidir.

c) Aynı tip ve anma gerilimli çok ve tek parçalı parafudrlar arasındaki farklar araştırılmış, çalışmaya başlama gerilimindeki azalmanın her ikisi içinde aynı olduğu saptanmıştır. Dış tabakayla kapasitif bağ nedeniyle içeriye etkiyen geçici olayların, çalışmaya başlama gerilimini etkilediği ve parafudrun çok bölme olmasından bağımsız olduğu bulunmuştur.

d) Ek kondansatörler, seri eklatörlere ve dağılım dirençlerine paralel yerleştirilir.

Model ölçmelerinin de gösterdiği gibi paralel kapasiteler, kirlenmenin etkisini azaltmaktadır. Seri eklatörlere kapasitelerinin 20 katı değerde kapasitelerin paralel bağlandığı parafudrların çalışmaya başlama gerilimleri, ek kapasitesiz aynı tip bir parafudra göre % 10-20 daha az düşmektedir. Kuvvetli bir iç kapasite zinciri aynı zamanda kaçak kapasitelerin etkisini de azaltır.

e) Normal bir porselen gövde içindeki parafudr, aynı tip fakat daha büyük bir gövde içindeki parafudrla karşılaştırılmıştır. Ak-

tif kısımlarla dış iletken tabaka arasındaki kapasite iki kat küçülmüş, sonuçta parafudrlar arası bir fark görülmemiştir. Bu sonuç, belki de kapasitedeki değişimin küçük olmasından dolayı hesaplarla çelişmektedir.

f) Bir parafudr tipi, etek sayıları farklı porselen gövdelere konularak denenmiştir. Porselenlerden biri, aynı porselen uzunluğunda normal bir porselenden % 55 daha fazla etekli ve bir diğeri ise aynı etek sayısında fakat büyük (sis tipi) etekli seçilmiştir.

Deneylerde belirli bir fark gözlenememiştir.

#### Kirlenmenin Parafudrun Darbede Çalışmaya Başlama Gerilimine Etkisi :

Darbe geriliminde parafudrun kapasitif dağılım akımı, en büyük omik dağılım akımından ve herhangi bir dış kir akımından çok daha büyüktür. Başka bir deyimle, gerilim dağılışı sadece parafudr kapasiteleri tarafından belirlenir. Dolayısıyla bu durumda kirlenmenin etkisi ihmal edilebilir. Kir tabakasının kuruma işlemi sırasında  $1/50$   $\mu$ s'lik darbe gerilimi ile yapılan laboratuvar deneyleri bu sonucu doğrulamaktadır.

#### Kirlenmenin Parafudrun Tekrar Özelliğini Kazanması Üzerine Etkisi :

Tam parafudrların işletmede çalışma deneyleri çok büyük boyutlarda (gerçeklenemez boyutta) deney düzeneği gerektirir. Bu nedenle IEC ve diğer standartlarda deneyler en az 3 kV'luk orantılı parçalar üzerinde yapılır. Kirli koşullarda çalışma deneyleri, kuruma işlemi sırasında ve en az 60 kV'luk gerilimlerde gerçekleştirilecektir. Böyle bir deney de, aynı boyutta deney düzeneği gerektirdiğinden yapılmaz.

Teorik bakımdan kuruma işleminin, parafudrun tekrar özelliğini kazanma yeteneğine etkisi aşağıda açıklanmıştır. Ard akımı kesildiğinde (sıfırdan geçtiğinde veya sıfıra yakın olduğunda) parafudrun uçlarındaki gerilim küçüktür ve kuru bandlarda atlama yoktur. Bundan sonraki yarım periyotta bir kuru band boyunca rastgele bir atlama olur ve çalışmaya başlama geriliminde seri eklatörler yahtımını tekrar kazanamamışsa veya dağılım uygun de-



ğilse yeni bir atlama daha olabilir. Bundan sonraki yarım periyotta da parafudr yine de özelliğini kazanabilir.

Kuru bandlar ve bunlardaki atlamalar rastgele oluşur ve her yarı periyotta aynı şekilde görülmezler. Modern parafudrlar, özellikle akım sınırlayıcı araklıkları olan tipleri çalışmaya başlama geriliminde özelliklerini tekrar kazanırlar. Eğer bu parafudrlarda uygun gerilim dağılımı varsa yıldırım boşalmasından sonraki darbeler, ard akımının kesilmesinden sonraki ilk yarı periyotta kuru bandlarda atlamalar olsa bile söndürülebilir.

İşletme deneyimleri, eski tip parafudrlarda da bu konuda problem çıkmadığını göstermektedir.

### BASİTLEŞTİRİLMİŞ YAPAY KIRLENME DENEYLERİ

Açıklanan yapay kirlenme deneyi tekrarlanabilmesi bakımından iyi olmasına karşılık biraz yorucudur. Aynı zamanda laboratuvarında büyük parafudrları düzgün olarak ıslatmak biraz zordur, çünkü bir taraf ıslatılırken diğer taraf kuruyacaktır. Burada anlatılan araştırma süresince yapılan deneyler, dağılım dirençlerinin aşırı zorlanması tehlikesinin söz konusu olduğu deneylerdir.

Basitleştirilmiş yöntemde parafudrun uçlarındaki gerilim, normal işletme gerilimi, anma gerilimi veya her ikisinin arası bir gerilimle sınırlandırılır.

Bu araştırmalarda :

- Kuruma işleminin deney zincirinin önemli bir halkası olduğu,
- Tabaka iletkenliğinin çok kritik olmadığı,

belirlenmiştir.

Yüksek Gerilim Laboratuvarının normal bir yağmur düzenini kullanacak bir yöntem üzerinde çalışılmıştır. Yağmurlama düzeninin iki sırası parafudru ortaya alacak şekilde karşılıklı olarak yerleştirilmiş, memeleri biraz yukarı yönlendirilerek parafudr etek altları dahil ıslatılmıştır. Suyu bir miktar deterjan (yıkama tozu) eklenerek düzgün bir ıslatma sağlanmıştır. Böylece parafudr çok hızlı kuruma-

maktadır. Su direnci tuz eklenerek istenildiği şekilde ayarlanabilir.

Yağmur kesildikten sonra, parafudr anma veya işletme geriliminde kurutulur. Parafudr kuruduktan sonra tekrar yağmur verilir ve bu işlem birkaç kez tekrarlanır.

Bu yönteme göre fakat yüzeysel veya iç boşalma oluncaya kadar gerilimin hızla yükseltilmesi koşuluyla yapılan ardışık deneyler, «Çin kili» yöntemiyle yapılan parafudr deneyleriyle karşılaştırılmış, deney sonuçları bakımından önemli farklılık görülmemiştir.

### SONUÇ

Kirli koşullarda bir parafudrun çalışmaya başlama gerilimi en küçük değerini kuruma işlemi sırasında alır. Bu işlemin parafudrun çalışmaya başlama gerilimine olan etkisiyle ilgili teori, teorik araştırmalar ve deneylerle doğrulanmıştır. Teoriyi kısaca özetlersek; kirlenmede kuru tabakalarda oluşan arklar, kir tabakasıyla iç parçalar arasındaki kapasitif bağ yüzünden söndürme aralıklarında geçici gerilimlere neden olurlar.

Araştırmalar kuruma işleminin rastgele olduğunu ve en küçük çalışmaya başlama geriliminin saptanması için pek çok deney gerektiği sonucunu vermiştir.

Kirlenme deneylerinde :

- İster tek bir porselen, isterse metal flanşlarla tutturulmuş çok porselenli parafudr,
- İster normal porselenli, isterse sis tipi etekli veya uzun kaçak yollu parafudr gibi, aynı tip ve gerilimdeki parafudrlar arasında, çalışmaya başlama geriliminin düşmesi açısından önemli bir fark gözlenmemiştir.

Araştırmalar ayrıca, kir tabakasının tipinin kritik olmadığını ve dolayısıyla yapay kirlenme deneylerinin pahalı tuz püskürtme hal-kaları olmadan da yürütülebileceğini ortaya koymuştur. Standart kirlenme deneyleri için bu nokta özellikle unutulmamalıdır. Amaç normal bir Yüksek Gerilim Laboratuvarında yukarıda açıklama basit yöntemlerle az veya çok standart aletlerle deneylerin yapılmasıdır.

\* Bu yazı, C.I.G.R.E. 21<sup>st</sup> Meeting, Vol. III, No. 404, 1966 dan çevrilmiştir.