

# AŞIRI GERİLİMLER, OLUŞUMLARI, ETKİLERİ ve AŞIRI GERİLİMLERE KARŞI KORUMA

**Hasbi İSMAİLOĞLU**  
hasbi@kocaeli.edu.tr

Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü  
Yüksek Gerilim Laboratuvarı Veziroğlu Yerleşkesi 41040 İzmit/KOCAELİ

## ÖZET

*Elektriksel güç sistemlerinde yer alan aygıtların yalıtımları, işletme gerilimlerini aşan aşırı gerilimlerle zorlanır. Söz konusu aşırı gerilimler, gerilim yükselmeleri, açma-kapama (iç) aşırı gerilimleri ve yıldırım (dış) aşırı gerilimleri biçiminde sınıflandırılabilirler.*

*Sistem aygıtları yalıtımlarının, gerilim yükselmelerine dayanmaları beklenir. Ancak, iç ve dış aşırı gerilimlerin genlikleri, işletme gerilimi tepe değerinin dört katına kadar yükselebilir. Dolayısıyla bazı yöntemlerle bu gerilimlerin genliklerinin düşürülmesi ve sistem ve aygıtların gerçekleşmesinde ekonomik ve uygulanabilir çözümlere ulaşılması istenir. Bu gerilimlerin sınırlandırılması ve kontrolü amacıyla parafudrlar, yaygın olarak kullanılmaktadır.*

*Bu çalışmada, aşırı gerilimler, oluşumları ve etkileri tanımlanmış, aşırı gerilimlere karşı koruma amacıyla kullanılan parafudrlar, yapı ve özellikleri açısından kısaca değerlendirilmiş ve sınıflandırmaları yapılmıştır. Parafudr seçimi ve bağlantılarına ilişkin temel kavramlar özetlenmiştir.*

**Anahtar kelimeler:** Aşırı gerilimler, Yürüyen dalgalar, Parafudrlar.

## 1. GİRİŞ

Günümüzde, elektrik enerjisinin kaliteli ve sürekli olması büyük önem taşımaktadır. Enerji sürekliliğini bozan etkenlerin başında yalıtımın bozulması ve bunun sonucunda ortaya çıkan kısa-devreler sayılabilir. Yalıtım bozulmaları ise önemli ölçüde aşırı gerilimlerden kaynaklanır.

Güç sistemlerinde ortaya çıkan aşırı gerilimler, gerilim yükselmeleri, açma-kapama (anahtarlama - switching) aşırı gerilimleri ve atmosferik etkilerden kaynaklanan aşırı gerilimler biçiminde üç gruba ayrılabilirler [1-3].

Gerilim yükselmeleri, genel olarak işletme sırasında ortaya çıkan toprak arızaları, yük atmaları, rezonans ve ferro-rezonans gibi olaylardan kaynaklanır. İç aşırı gerilimler, devre açma-kapama, toprak ve faz kısa-devreleri gibi olaylar sonucu oluşan aşırı

gerilimlerdir. Dış aşırı gerilimler ise atmosferik etkilerden kaynaklanan ve sisteme doğrudan yıldırım düşmesi ile ya da yıldırımın, sistem dışında bir noktaya düşmesi sonucu, etki ile ortaya çıkan gerilimlerdir.

Yüksek gerilim sistemlerinde yer alan aygıtların boyut ve tasarımları, genel olarak gerilim yükselmelerine dayanacak biçimde yapılmaktadır. İç aşırı gerilimler, daha çok yüksek gerilim sistemlerinde sorun yaratabilmekte; dış aşırı gerilimler ise tüm gerilim düzeylerindeki sistemler üzerinde etkili olmaktadır. Sistemin herhangi bir noktasında ortaya çıkan aşırı gerilimler, iletim sisteminde yürüyen dalgalar biçiminde, ışık hızı düzeyindeki hızlarla (hava hatlarında,  $\sim 300$  m/ $\mu$ s; kablolarda,  $\sim 150$  m/ $\mu$ s) yayılmakta ve iletim ve dağıtım sistemindeki süreksizlik noktalarında yansıma kırılmalara uğramaktadırlar. Aşırı gerilimler, çoğu zaman yüksek enerji düzeylerine sahip olmasalar da, aygıt yalıtımlarını bozarak,

iletken oluşturabilmekte ve sistem kısa devrelerine yol açabilmektedirler. Sonuç enerji kesintilerinin ortaya çıkması yanında sistemde ve işletme araçlarında önemli hasarlara yol açabilmektedirler.

Bu bakımdan, iç aşırı gerilimlere karşı, yüksek gerilim sistemlerinin; dış aşırı gerilimlere karşı ise tüm enerji sistemlerinin korunması gerekmektedir.

Aşırı gerilimlere karşı koruma elemanları olarak parafudrlar, ilk akla gelen aygıtlardır. Parafudrlar, değişken dirençli-atlama aralıklı ve metal-oksit parafudrlar olarak iki gruba ayrılabilirler. Ancak, değişken dirençli - atlama aralıklı parafudrlar, çalışma ilkeleri bakımından güvenli koruma yapmamaları ve çoğu zaman sistemde kısa devrelere yol açabilmeleri nedeniyle kullanım dışı kalmışlardır. Parafudrlar dışında ark boynuzları (koruma elektrotları) da, güvenli olmamakla birlikte kimi zaman, koruma elemanı olarak değerlendirilebilmektedir.

Çalışmada, enerji sistemlerinde ortaya çıkan aşırı gerilimler tanımlanmış; bu gerilimlere karşı koruma amaçlı olarak kullanılan elemanlar (parafudrlar), yapı ve özellikleri bakımından kısaca tanıtılmış, koruma elemanlarının karakteristikleri incelenmiştir.

## 2. AŞIRI GERİLİMLER

Aşırı gerilimlerin genlikleri, şebekenin yapısına ve ortaya çıkmalarına yol açan olaylara bağlı olarak, normal işletme geriliminin birkaç katına kadar çıkabilmektedirler. Aşırı gerilimlerin ortak özellikleri, yalnızca ortaya çıktıkları bölümlerde değil; tüm sistem üzerinde yürüyen dalgalar biçiminde, ışık hızı düzeyindeki hızlarla yayılarak, sistemde yer alan tüm aygıtların yalıtımlarının zorlanmasına yol açabilmeleridir. Yürüyen dalga biçiminde yayılan aşırı gerilimlerin

genlikleri, sistemin yapısına bağlı olarak, yansıma ve kırılmalarla, örneğin bir hattın sonunda, kimi zaman iki katına çıkabilmektedirler.

Güç sistemlerinde ortaya çıkan aşırı gerilimler, gerilim yükselmeleri, iç aşırı gerilimler ve dış aşırı gerilimler biçiminde sınıflandırılabilirler.

### 2.1. Gerilim Yükselmeleri

Gerilim yükselmelerine ilişkin karakteristik büyüklükler, bu gerilimlerin genlikleri ve etki süreleridir. Genel olarak işletme sırasında ortaya çıkan olaylardan kaynaklanırlar. Örneğin jeneratör yükünün kalkması, jeneratörün kapasitif yüklenmesi, bir hava hattının yükünün kalkması (Ferranti Olayı), kapasitif devrenin açılması, faz toprak kısa devresi gibi olaylar sonucunda veya rezonans - ferrezonans nedeniyle oluşurlar. Çoğunlukla şebeke frekanslı olan gerilim yükselmelerinin etki süreleri, şebekenin yapısına bağlı olarak, birkaç saniyeden birkaç saate kadar değişkenlik gösterebilir. Tipik bir gerilim yükselmesinin zamana bağlı değişimi, işletme gerilim (Şekil 1.a) ile karşılaştırmalı biçimde şematik olarak, Şekil 1.b'de gösterilmiştir [3].

Yük atması, kompanze edilmemiş uzun hatlarda Ferranti etkisi ile uzak istasyonda, işletme geriliminin 1,2 katına kadar gerilim yükselmelerine yol açar. Ferranti etkisi, hat uzunluğuna bağlı olarak etkisi artan düzeyde olmak üzere, paralel hat kapasitesi üzerinden geçen akımın, kaynak ve hat endüktansları üzerinde oluşturduğu gerilimlerden kaynaklanan gerilim yükselmesidir.

Rezonans ve ferrezonans olaylarından kaynaklanan gerilim yükselmeleri, genel olarak, iletim hatları, kablolar gibi büyük kapasiteli ve transformatör, şönt reaktör gibi doğrusal olmayan mknatıslanma karakteristiklerine sahip büyük endüktanslı elemanların enerjilendirilmeleri veya ani

yük değişimleri sırasında oluşurlar. Hattın enerjilendirilmesi rezonans koşullarını tetiklediğinden, faz geriliminin 1,5 katına kadar gerilim yükselmeleri ortaya çıkabilmektedir.

Magnetik gerilim ölçme transformatörleri de ferrezonans koşullarını tetikleyebilirler. Ferrerezonans, üçüncü harmoniğin ortaya çıkmasına yol açmakla birlikte gerilim, işletme gerilimi düzeyinde kalır. Ancak, buna bağlı olarak, gerilim transformatörünün birincil sargı akımı, nominal değerinin birkaç katına kadar yükselip, sargıda aşırı ısınmalara yol açabilir.

Sistemde yer alan aygıtların yalıtım düzeyleri, genel olarak bu gerilimlere dayanabilecek biçimde boyutlandırılır. Koruma aygıtlarının, bu gerilimlerde devreye girmeleri beklenmez.. Ancak; bu gerilimler, bazı tip parafudrlarda kaçak akımın ohmik bileşenin büyümesine ve uzun sürmeleri durumunda, aşırı ısınma sonucunda parafudrların arızalanmalarına yol açabilirler. Bu bakımdan gerilim yükselmeleri, sistemde kullanılacak koruma aygıtlarının nominal değerlerinin belirlenmesinde göz önüne alınmalıdır.

## 2.2. İç Aşırı Gerilimler

İç aşırı gerilimler, genel olarak devre açma-kapama (anahtarlama-switching), olayları sonucunda oluşan aşırı gerilimlerdir. İç aşırı gerilimlerin genlikleri, işletme geriliminin düzeyine, iletim hattının uzunluğuna ve empedansına, kopmanzasyon derecesi ve düzeyine, kesici karakteristiklerine, besleme kaynağı düzenine, yeniden kapama öncesinde iletim hattı üzerinde artık yüklerin bulunmasına önemli ölçüde bağlıdır.

İç aşırı gerilimler de yürüyen dalgalar biçiminde tüm sisteme yayılırlar ve

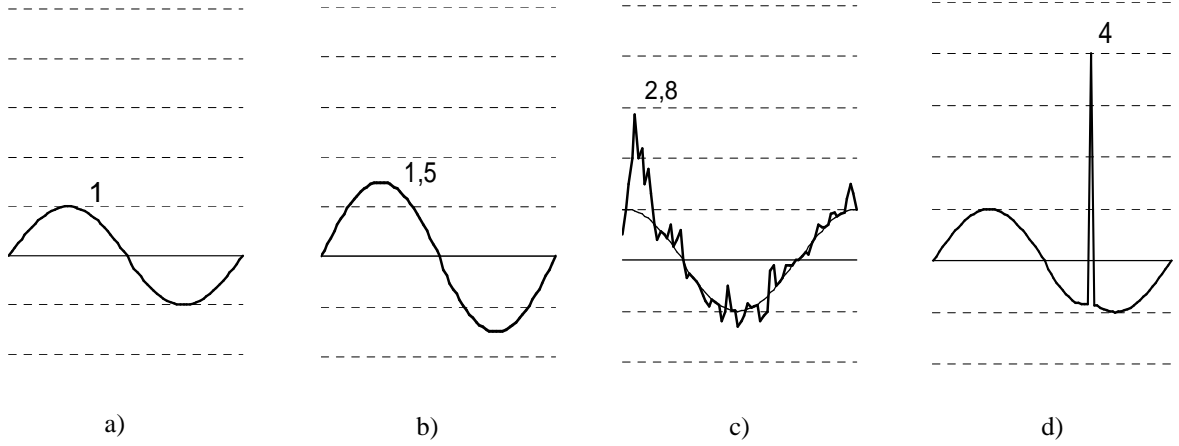
çoğunlukla açma-kapama noktasına göre uzak istasyonda etkili olurlar. Özellikle çok yüksek gerilim sistemlerinde yalıtımını zorlayan ve yalıtımın boyutlandırılmasında, öncelikle dikkate alınması gereken gerilimlerdir.

İç aşırı gerilimler, kimi zaman titreşimli bir değişim gösterirler ve işletme frekanslı gerilimin yaklaşık yarı periyodunda (~10ms) sönerler. Çoğu zaman, cephe / yükselme süreleri birkaç yüz mikrosaniye ( $\mu$ s), sırt süreleri birkaç milisaniye (ms) uzunluğunda, periyodik olmayan değişime sahip darbe gerilimleri biçiminde tanımlanırlar. Titreşimli - sönümlü değişim gösteren bir iç aşırı gerilim darbesi, endüstriyel frekanslı gerilimin üzerine bindirilmiş biçimde, Şekil 1.c)'de şematik olarak gösterilmiştir.

Yüksek gerilim sistemlerinde açma-kapama aşırı gerilimlerini sınırlamak amacıyla geçmişte, kapama anında kesiciye seri direnç ekleme, faz gerilim açısını kontrol ederek (gerilim sıfırdan geçerken) kapama gibi yöntemlere başvurulurken; günümüzde bu amaca yönelik olarak metal-oksid parafudrların kullanılması tercih edilmektedir [3].

## 2.3. Dış Aşırı Gerilimler

Dış aşırı gerilimler, atmosferik etkilerle ortaya çıkan gerilimlerdir. Yıldırımın, doğrudan faz iletkenlerine veya şalt tesislerine düşmesi sonucu oluşurlar. Yıldırımın, sisteme ait bir direğe ya da varsa koruma iletkenine düşmesi sonucu endüklenme ile veya direktten faz iletkenlerine geri atlama olması gibi etkenlerle oluşabilirler. Bunların yanında, yıldırımın, sistem dışında bir noktaya düşmesi ile elektromagnetik etki ya da tesirle elektriklenme sonucunda da ortaya çıkabilirler.



Şekil 1. İşletme gerilimi ve aşırı gerilimlerin zamana bağlı değişimlerinin şematik gösterilimi, a) İşletme gerilimi, b) Gerilim yükselmesi, c) İç aşırı gerilim, d) Dış aşırı gerilim.

Dış aşırı gerilimler, cephe/yükselme süreleri yaklaşık olarak  $1 \mu s$ , sırt süreleri  $100 \mu s$  mertebesinde olabilen periyodik olmayan, darbe biçiminde gerilimlerdir. Genlikleri, şebeke gerilimine fazla bağlı olmamakla birlikte; şebekenin yapısına, şebekenin karakteristik değerlerine ve yıldırım akımının büyüklüğüne bağlıdır. Tipik bir dış aşırı gerilim darbesi, Şekil 1.d)'de şematik olarak gösterilmiştir [3].

### 3. AŞIRI GERİLİMLERE KARŞI KORUMA AYGITLARI

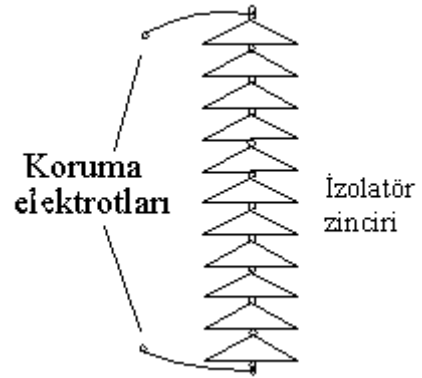
Aşırı gerilimlere karşı koruma amacıyla kullanılan aygıtlar, koruma elektrotları (ark boynuzları), atlama aralıklı değişken dirençli parafudrlar ve metal-oksit parafudrlar olarak sınıflandırılabilirler.

#### 3.1. Koruma Elektrotları

Ark boynuzları olarak da bilinen koruma elektrotları, genel olarak karşılıklı iki metal çubuktan oluşan, basit elektrotlardır. Koruma elektrotları, sembolik olarak, Şekil 2'de gösterilmiştir.

Koruma elektrotları, basit yapıda olmaları nedeniyle zincir izolatörleri, transformatör geçit izolatörleri gibi aygıtlara kolaylıkla yerleştirilebilirler. Ancak, dik cepheli darbe gerilimlerinde gecikmeli çalışmaları ve elektrotlar arasında oluşan arkın sönmesinin, enerjinin kesilmesine bağlı olması nedeniyle kısa devre etkisi

gösterirler ve güvenli bir koruma aygıtı olarak değerlendirilemezler. Bu nedenle daha çok, yedek (back-up) koruma aygıtları olarak kullanılırlar. Ayrıca, izolatörde yüzeyinde gerçekleşebilecek bir arki, izolatör yüzeyinden uzaklaştırarak, izolatörün korunmasına katkıda bulunurlar.



Şekil 2. Bir izolatör zinciri ve koruma elektrotları.

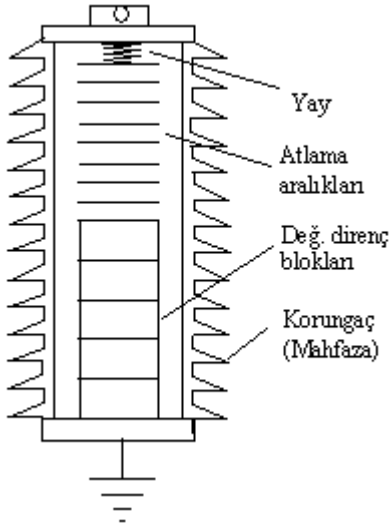
#### 3.2. Atlama Aralıklı Değişken Dirençli Parafudrlar

Bunlar, günümüzde üretilmeyen ve kullanılmayan parafudrlar olmakla birlikte yapı ve karakteristik özelliklerine kısaca değinilmesinde yarar görülmektedir.

Atlama aralıklı değişken dirençli parafudrlar, genel olarak porselen bir korungaç (mahfaza) içine yerleştirilmiş, seri atlama elektrotları ve bunlara seri bağlı değişken direnç bloklarından oluşurlar (Şekil 3).

Atlama elektrotları (seri eklötörler), birbirlerinden katı yalıtkanlarla yalıtılmış metal disklerdir. İşlevleri, normal işletme geriliminde yalıtım düzeyini koruma; aşırı gerilimde ise iletimi sağlayıp, değişken dirençleri devreye sokmak ve darbe akımının geçişinden sonra akımı (ard akımı), sıfırdan geçişi sırasında kesmektir. Bu akım geçişleri sırasında elektrot yüzeylerinde ve destek yalıtkanlarında herhangi bir bozulma olmamalıdır [4].

Değişken dirençler, parafudrun, aşırı gerilim sırasında küçük, işletme geriliminde ise büyük direnç göstermesini sağlarlar. Değişken dirençler, temel olarak silisyum karbür (SiC) ve sodyum silikat, kaolen gibi katkı maddeleri içeren bloklardan oluşurlar.



Şekil 3. Atlama aralıklı değişken dirençli parafudrun yapısı.

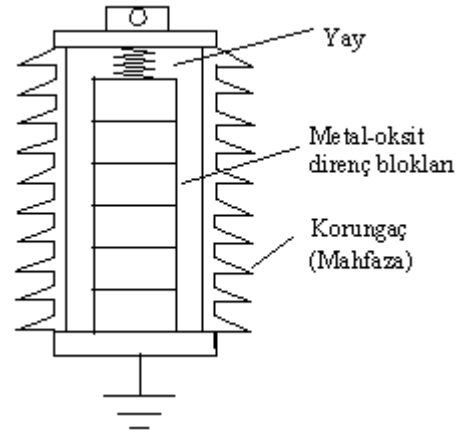
Değişken dirençli parafudrların yapılarında yer alan atlama elektrotları, aşırı gerilimlerde nispeten gecikmeli çalışırlar. Bunun yanında, elektrotları (eklatörleri) desteklemek ve birbirinden yalıtılmak amacıyla kullanılan katı yalıtkan malzemeler kirlenmeye çok duyarlıdır ve işlevlerini kolayca yitirebilirler. Darbe akımının geçişinden sonra ard akımının kesilmesi (arkın sönməsi) akımın sıfır geçişine bağlı olduğundan, çalışma süreleri

10 ms (milisaniye) kadar olabilmektedir [3]. Buna bağlı olarak atlama aralıkları ve aralarında yer alan yalıtım malzemeleri çabuk bozulabilmektedirler. Bu nedenlerle değişken dirençli parafudrların güvenilirlikleri son derece düşüktür.

Metal-oksit parafudr teknolojisinin gelişmesi ve maliyetlerinin düşmesine bağlı olarak, atlama aralıklı değişken dirençli parafudrların kullanım alanı kalmamıştır.

### 3.3. Metal Oksit Parafudrlar

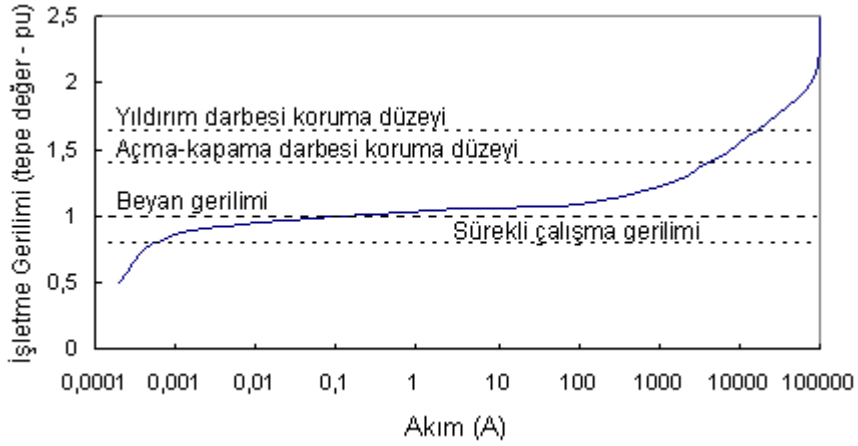
Metal-oksit parafudrlar, yapılarında atlama aralığı içermeyen, bir korungaç (mahfaza) içine yerleştirilmiş, temel olarak çinko-oksit (ZnO) içeren direnç bloklarından oluşurlar [5-7]. Kimi zaman atlama aralıksız metal oksit parafudrlar olarak da anılırlar. Yapılarında atlama aralıklarının bulunmaması, bunlarla ilgili yapısal ve elektriksel sorunların, önemli ölçüde, ortadan kalkmasını sağlamıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Metal-oksit parafudrun yapısı.

Metal-oksit direncin akım-gerilim karakteristiği, silisyum karbür direncin karakteristiğine göre daha yatıktır. Söz konusu karakteristik, Şekil 5'te sembolik olarak gösterilmiştir [3].

Metal-oksit parafudrlar, sürekli olarak devrede olduklarından, normal işletme koşullarında üzerlerinden küçük bir akım (1 mA'den küçük) geçirirler. Seri eklötör



Şekil 5. Metal oksit parafudrda akım- gerilim karakteristiği (sembolik).

içermediklerinden, performans ve güvenilirlikleri oldukça yüksektir. Hızlı çalışırlar ve darbe akımının geçişinden sonra arkin sönmesi, akımın sıfır geçişine bağlı değildir [8].

Günümüzde, metal-oksit parafudrlarda porselen korungaç (mahfaza) yerine polimer gövde kullanılması tercih edilmektedirler. Polimer gövdeli parafudrlarda, metal oksit direnç blokları cam elyafı destekli polyesterle birleştirilmekte ve bu yapının üzerine polimer kılıf geçirilmektedir. Ancak, polimer kılıfın, içinde boşlu kalmayacak ve sızdırmazlığı sağlayacak biçimde yerleştirilmesi gerekmektedir.

Polimer gövde, parafudrların, hafif ve mekanik darbelerle dayanıklı olmasını ve boyutlarının küçülmesini sağlamaktadır. Bu özellikleri ile kurulumlarının kolay olması önemli bir üstünlükleridir.

#### 4. PARAFUDR SEÇİMİ

Parafudrların genel karakteristik özellikleri, sürekli işletme gerilimi, beyan gerilimi, anma boşalma akımı ve artık gerilimleri ile belirlenir. Metal oksit parafudrlarda artık gerilimler, anma boşalma akımında, açma-kapama darbe akımında ve dik cephe akımında tanımlanır. Parafudrlarda göz önünde bulundurulması gereken diğer özellikler ise hat boşalma

sınıfı, basınç düşürme sınıfı, kirliliğe dayanma gibi karakteristiklerdir.

Parafudr seçiminde aşağıda belirtilen büyüklükler göz önüne alınmalıdır [5-7,9].

- Sürekli işletme gerilimi,
- Beyan gerilimi,
- Anma boşalma akımı,
- Koruma düzeyi,
- Hat boşalma sınıfı,
- İşletme koşulları.

Sürekli işletme gerilimi, parafudrun bağlantı uçları arasında sürekli olarak uygulanabilen, sinüs dalga biçimli, güç frekanslı en yüksek gerilimin etkin değeridir. Sürekli işletme geriliminin belirlenmesinde, şebekenin etkin topraklı, direnç üzerinden topraklı, rezonans topraklı ya da yalıtılmış olması göz önüne alınmalıdır. Genel olarak, harmoniklerden kaynaklanabilecek gerilim yükselmelerine karşı, güç frekanslı gerilim için 1,05 gibi bir güvenlik katsayısı da dikkate alınmalıdır.

Beyan gerilimi, parafudr bağlantı uçları arasında, kısa süreli olarak bulunmasına izin verilen en yüksek işletme geriliminin etkin değeridir.

Anma boşalma akımı, parafudrdan geçme olasılığı bulunan yıldırım akımının tepe değeridir. Bu akım, genel olarak yıldırım akımından daha küçüktür. Hat üzerine

doğrudan yıldırım düşmesi durumunda, akım bölünerek, hat üzerinde iki yöne doğru yürüyen dalga biçiminde yayılır. Hat yalıtımında atlama olması durumunda da akım bölünür. Birden çok iletkene düşme durumunda veya iletkenler arasında olası atlamalar da yıldırım akımının bölünmesine ve her bir parafudrdan geçebilecek akımın azalmasına yol açar. Ancak yıldırımın, parafudr bağlantı uçlarının yakınına düşmesi durumunda, akımın önemli bir bölümü parafudr üzerinden geçebilir.

Koruma düzeyi, yıldırım için anma boşalma akımındaki en yüksek artık gerilimdir. Açma-kapama darbesi koruma düzeyi ise bu akımdaki en yüksek artık gerilim olarak tanımlanır.

Hat boşalma sınıfı, parafudrun enerji yutma yeteneğini, kJ/kV cinsinden tanımlar. Parafudrlar, bu bakımdan hafif hizmet (1 sınıfı) ve ağır hizmet (2-5 sınıfı) parafudrları olarak sınıflandırılırlar. Özellikle uzun hatların, kabloların veya büyük kapasiteli kondansatörlerin bağlı olduğu tesislerde uygun ağır hizmet parafudrlarının kullanılması gerekir. Aralık I (1 kV-245 kV) donanımlarında kısa (uzunluğu 100 km'den az) hatlarda genellikle 10 kA'lık hafif hizmet parafudrları veya 5 kA'lık parafudrlar kullanılabilir [9]. Gerektiğinde, enerji yutma yeteneği, iki ya da fazla sayıda metal-oksit blok paralel bağlanarak artırılabilir [8].

Normal işletme koşulları,

- Deniz seviyesinden yüksekliği 1000 m'den az ,
- Ortam sıcaklığının  $-40^{\circ}\text{C}$  ile  $+40^{\circ}\text{C}$  arasında olduğu,
- Aşırı kirlenmenin söz konusu olmadığı,

ortamlar olarak tanımlanır. İşletme koşulları bakımından, genel olarak yüksek gerilim aygıtları için de geçerli olan, normal, orta, ağır ve çok ağır biçiminde dört kirlenme düzeyi tanımlanmaktadır.

Kirlenme düzeyi bakımdan belirleyici özellik, aygıt yalıtımında kısaca krepaj (creepage distance) olarak tanımlanan, yüzeysel akım yolu uzunluğudur [10].

Parafudr seçiminde bunlara ek olarak, güneş ışınları, mekanik koşullar gibi etkenler de göz önüne alınmalıdır. Parafudr gövdesi (mahfaza), yüzeysel atlama oluşturmaksızın, kirlenmeye karşı dayanıklı olmalıdır. Ayrıca, kirlenme nedeniyle gerilim dağılımında ortaya çıkabilecek değişikliklerin oluşturacağı sıcaklık ve iç kısmi boşalma artışlarından etkilenebileceği göz önüne alınmalıdır.

## 5. PARAFUDR BAĞLANTILARI VE YARDIMCI ELEMANLAR

### 5.1. Parafudr Bağlantıları

Parafudrlar, korunmak istenen işletme aracının önüne, darbenin geliş yolu üzerine yerleştirilmelidir. Parafudrun, beklenen darbe akımındaki artık geriliminin (çalışma karakteristiğinin), korunacak işletme aracının darbe karakteristiğinin altında olmalıdır. Parafudrun topraklama bağlantısı, işletme aracının topraklamasına bağlanmış olmalıdır. Bağlantıların, köşe yapmadan ve olabildiğince kısa, tercihen dikdörtgen kesitli (yassı) iletkenlerle yapılması ve topraklama geçiş dirençlerinin de olabildiğince küçük olması gerekir.

Metal-oksit parafudrlar, koruma mesafesi bakımından, atlama aralıklı değişken dirençli parafudrlar kadar duyarlı olmasalar da, korunacak işletme aracının yakınına yerleştirilmelidirler. Bu bakımdan, büyük istasyonlarda transformatör koruma amacıyla yerleştirilen parafudrların, tesiste bulunan diğer işletme araçlarını koruyamayacakları göz önüne alınarak, yerine göre ek parafudrların yerleştirilmesi gerekmektedir.

Darbeye maruz kalan parafudrlar, buna eşlik eden darbe akımını toprağa aktarır, işletme aygıtının korunmasını sağlarlar. Ancak, toprak geçiş dirençleri nedeniyle toprak yüzeyinde potansiyel çadırı biçiminde gerilim yükselmelerine yol açarlar. Oluşan gerilim yükselmeleri, topraklama bağlantıları üzerinden, korunan aygıtların da potansiyellerinin yükselmesine yol açarlar.

Bu potansiyel yükselmeleri, özellikle alçak gerilim dağıtım transformatörlerinde, toprağa geçiş dirençleri küçük olsa bile, sistemin alçak gerilim tarafında önemli hasarlara yol açabilmektedirler. Örneğin transformatörün alçak gerilim tarafına bağlı kablo, akım transformatörü, sayaç, güç anahtarı gibi aygıtların yalıtım düzeyleri birkaç kV mertebesinde olduğundan, darbe biçimindeki bu gerilim yükselmeleri, söz konusu aygıtların yalıtımını bozarak, dağıtım transformatörünün hemen yakınında kısa devrelerin oluşmasına ve büyük hasarların ortaya çıkmasına yol açabilmektedirler. Bu yüzden, sistemin alçak gerilim tarafının da alçak gerilim parafudrları ile korunması ve hazarların önlenmesi/azaltılması için korumanın kademeli yapılması zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.

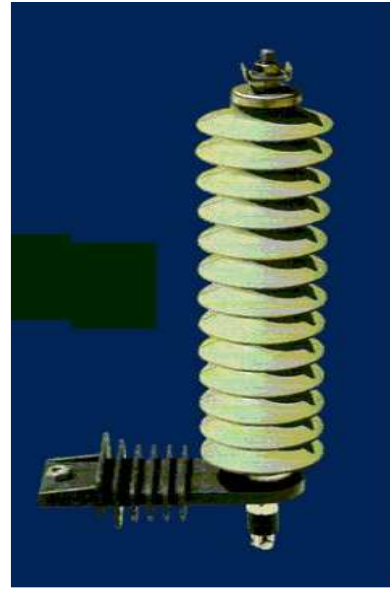
## 5.2. Parafudr Yardımcı Elemanları

Parafudrlarda, zorunlu olmamakla birlikte, bazı ek işlevlerin yerine getirilmesi kullanılabilen yardımcı elemanlar da bulunmaktadır. Bunlar, parafudr ayırıcısı, darbe sayıcı, bağlantı elemanları, korona halkaları, miliampermetre gibi elemanlardır.

Ayırıcı, daha çok dağıtım sistemi parafudrlarında (orta gerilim), toprak iletkenine seri olarak bağlanıp, parafudru sistemden ayırmak amacıyla kullanılabilir. Böylece, arızalı parafudrun, normal işletme koşullarında, kısa devre etkisi göstermesi önlenmiş olur. Ayırıcının toprak bağlantısı, uygun uzunlukta, bükülgen (fleksibl)

iletkenle yapılmalı ve parafudr yalıtkan bir mesnetle tespit edilmelidir (Şekil. 6).

Arıza durumunda, ayırıcı, 1 saniye ya da daha kısa sürede açacağından, kesici ya da sigorta açmayacak ve sonuçta tüketici enerjisiz kalmayacaktır. Bu süreçte parafudrun doğal olarak, aşırı gerilimlere karşı koruma yapması beklenmemelidir. Bu yüzden ayırıcı ile donatılmış parafudrların belirli periyotlarla görsel olarak izlenmesi ve ayırıcısı çalışmış parafudrların değiştirilmesi gerekir.



Şekil 6. Polimer gövdeli, ayırıcılı ve yalıtkan mesnetli parafudr.

Yüksek gerilim parafudrlarında, korona halkaları yanında, miliampermetre ve darbe sayıcı gibi elemanların kullanılması önemli bazı yararlar sağlar.

Örneğin 1 mA'e ölçeklenmiş kararlı hal ampermetresi ile akımda bir artışın gözlenmesi, parafudrun termal (ısı) bozulma olasılığının kestirilmesini sağlar. Ancak, harmonik etkileri ve yüzeysel kaçak akımların sorun yaratabileceği de göz önüne alınmalıdır. Darbe sayıcı ise belirli bir değerin üzerindeki akım darbelerinin sayılmasını, diğer bir deyişle parafudrun çalışma sayısının görülmesini sağlar.



## 6. SONUÇLAR

Güç sistemlerinde kullanılan aygıtların, sistemde söz konusu olabilecek tüm aşırı gerilimlere karşı dayanabilecek biçimde tasarlanıp gerçekleşmesi, teknik ve ekonomik olarak uygun değildir. Yüksek gerilim sistemlerinde ortaya çıkan açma-kapama aşırı gerilimlerini sınırlamak amacıyla günümüzde, metal-oksit parafudrların kullanılması tercih edilmektedir.

Orta gerilim sistemlerinde yıldırımdan kaynaklanan dış aşırı gerilimlere karşı koruma amacıyla metal-oksit parafudrların kullanılmasının uygun olacağı görülmektedir. Dağıtım transformatörlerinin, alçak gerilim tarafından da aşırı gerilimlere karşı korunması gerektiği göz önüne alınmalıdır.

## KAYNAKLAR

- [1] ÖZKAYA, M., “Yüksek Gerilim Tekniği, Cilt 2”, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1996.
- [2] HILEMAN, A.R., “Insulation Coordination for Power Systems”, Marcel Dekker Inc., New York, 1999.
- [3] RYAN, H.M. (Ed.), “High Voltage Engineering and Testing (2<sup>nd</sup> Ed.)”, IEE-The Institution of Electrical Engineers, London, 2001.
- [4] TS EN 60099-1/Temmuz 1997, “Parafudrlar-Bölüm 1: A.A. Sistemleri için - Değişken Dirençli Tip Atlama Aralıklı Parafudrlar”.
- [5] TS 60099-4/Mart 2006 (Rev.), “Parafudrlar-Bölüm 4: A.A. Sistemleri için-Atlama Aralıksız Metal Oksit Parafudrlar”.
- [6] IEC 60099-4/2004-5 (2nd Ed.), “Surge Arresters- Part 4: Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems”.
- [7] IEEE C62.22-1991, IEEE Guide for the Application of Metal-Oxide Surge Arrester for Alternating-Current Systems.
- [8] GRIGSBY, L.L. (Ed.), Power Systems - The Electric Power Engineering Handbook, 2<sup>nd</sup> Edition, CRC Press, Boca Raton, 2007.
- [9] TS EN 60099-5, “Parafudrlar-Bölüm 5: Seçme ve Uygulama Kuralları”, 1997.
- [10] TS 60815/1996, “Kirlenme Şartlarına Göre İzolatörlerin Seçilme Kuralları Kılavuzu”.