

# RÜZGAR TÜRBİNLERİNDE TOPRAKLAMA VE YILDIRIMDAN KORUNMA SİSTEMLERİ

Mustafa Kemal AVŞAROĞLU, Tuğcan TEKİN, Sevim SERİNDAĞ

RADSAN A.Ş.

mavsaroglu@radsan.com.tr, tt@radsan.com.tr, sserindag@radsan.com.tr

## ÖZET

Havanın bir akışkan olduğunu hayal etmek oldukça zordur. Çünkü hava görünmez. Sıvılardan farklı olarak hava daha çabuk hareket eder ve bulunduğu ortamın her yerini kaplar. Havanın hızlı yerdeğiştirmesi ile içindeki parçacıkların hareketi de hızlı olur. Havanın bu özelliğini kinetik enerjiye dönüştürme işlemine Rüzgar Enerjisi adı verilir. Aynı mantıkla su gibi sıvı maddelerin yer değiştirme özelliğini kullanarak enerji elde etmeye de hidroelektrik adı verilmektedir ve üretilen merkeze Hidro Elektrik Santrali denilir. Rüzgar enerjisinden elektrik üreten merkezlere de Rüzgar Santrali denilmektedir. Rüzgar Santralleri kurulduktan sonra pervaneler rüzgarın (havanın) hareketiyle bağlı oldukları şaftı döndürür. Uygun bir jeneratör ile de bu hareket enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülür. Rüzgar santrallerde çalışanların ve çevredeki hayvanların elektriğe çarpılma riskini en aza indirmek, Kaçak akımların toprağa geçmesi için düşük empedanslı bir hat tesis ederek çalışma için etkin bir koruma elde etmek, yıldırıma karşı korumanın artırılması, Yüksek elektrik potansiyeli farklarının oluşmasını önleyerek çalışanların ve ekipmanların korunması için topraklama yapılması gerekmektedir.

## RÜZGÂR TÜRBİNLERİNDE TOPRAKLAMA

En basit anlamda bir rüzgar türbini 3 bölümden oluşur.

### 1. Pervane Kanatları:

Rüzgar estiği zaman pervanenin kanatlarına çarparak onu döndürmeye başlar.

**2. Şaft:** Parvenelerin dönmesiyle ona bağlı olan şaft da dönmeye başlar. Şaftın dönmesiyle de motor içinde hareket oluşur ve motorun çıkışında elektrik enerji sağlanmış olur.

### 3. Jeneratör (Üreteç):

Oldukça basit bir çalışma yöntemi vardır. Elektromanyetik indüksiyon ile elektrik enerjisi üretilmiş olur. Küçük oyuncak arabalardaki elektrik motoruna benzer bir sistemdir. İçinde mıknatıslar bulunur. Bu mıknatısların ortasında da ince tellerle sarılmış bir bölüm bulunur. Pervane şaftı döndüręü zaman motor içindeki bu sarım bölgesi , etrafındaki mıknatısların ortasında

dönmeye başlar. Bunun sonucunda da alternatif akım (AC) oluşur.

Rüzgar Türbinlerinde sebebiyet verebileceği korozyon riskine rağmen, kule gövdeleri her zaman mevcut rüzgar türbini topraklamalarına dahil edilmelidir. Kule tabanı ve işletme binası topraklamaları, iyi bir topraklama sistemi elde etmek için birbirlerine bağlı olmalıdır. Toprak elektrotları, etkili bir kişisel koruma sağlamak amacıyla, kule tabanına döşenir.

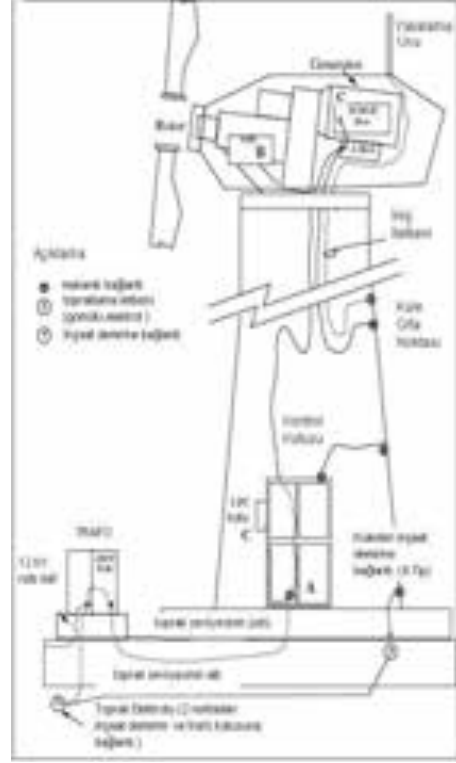
Rüzgar Santrallerinde 10 Ohm altında dirençle uyarınca topraklama önerilir. Bir gravitasyon temelinin nervürlü çelikleri topraklama sisteminin temel bir parçasıdır ve böylece yıldırım ve hata akımlarının geçmesine izin vermek üzere temele dahili olarak yeterli bağlanma sağlanır. [3]

Temelde uygun kesitte galvanizli çelik şerit ya da bakır kablo inşaat demirine irtibatlandırılır. Dışarı alınan filizlerden toprakdaki bakır çubuklara, çıplak bakır kablolar ile bağlantı sağlanır. TS EN 62305 standardı Çizelge 5'te belirtildiği üzere

topraklama iletkeni olarak en az 50 mm<sup>2</sup> kesitinde Çıplak bakır kullanılmalıdır.

Rüzgar Tesisleri çoğunlukla kilometrelerce uzanan bir alana dağılmış olup, modern türbin kulelerinin yüksekliğinden dolayı, yıldırım çarpmalarına daha sık maruz kalırlar. Ayrıca, genellikle direnci yüksek zeminde tepelerin üzerinde kurulmuşlardır. Bu yüzden normal topraklama işlemlerini bu tesislerde uygulamak pek kolay değildir ve özel uygulamalar gerekmektedir.

Rüzgâr santralının bütün ekipmanlarının kesintisiz bir topraklama sistemine bağlanması gerekir. Bu topraklama sistemine, ara istasyonlar, transformatörler, kuleler, rüzgâr türbin generatörleri ve elektronik ekipmanlar da dahil edilmelidir. Bu uygulama, genelde çıplak bir iletkenin, güç toplama kablosu boyunca eklenmesi sonucunda, rüzgâr santrali tesisindeki tüm ekipmanların hem birbirine bağlanmış olmasını sağlar, hem de uzun yatay bir elektrot görevi yaparak topraklama sisteminin direncini azaltır. Bir rüzgâr santralinde topraklama sistemi, hem 50/60 Hz elektrik şebekesi akım frekansları için, hem de tipik olarak 10 µs'den daha az yükselme süresi olan yıldırım düşmelerine karşı etkin şekilde çalışabilmelidir.



Şekil-1:Rüzgar Türbininde topraklama ve Eş Potansiyelleme[2]



Şekil-2:Rüzgar türbini Temel Topraklamasından Çıkan Filizler [5]



Şekil-3:Rüzgar türbini Temel Topraklaması [5]



Şekil-4:Eş Potansiyel Topraklama Barası[6]

Bütün rüzgar türbinlerinde temelinde topraklaması yapılması gereklidir. Topraklama çubuklarının yerine zemin özelliğine göre topraklama ağı tesis edilebilir.

### **RÜZGAR TÜRBİNLERİNDE YILDIRIM DÜŞMELERİNE KARŞI KORUNMA**

Rüzgar türbini içerik olarak; potansiyel dengeleme ve ekranlama gibi yıldırım ve aşırı gerilim koruma modülleri ile korunabilen değişik EMC koruma bölgelerinden oluşur. Bakım, yıldırım ve aşırı gerilim koruma maliyetleri azalmış ve denizlerde kurulan rüzgar alanlarındaki güçlü türbinlerin artışı kabul edilebilir hale gelmiştir. Birkaç yıl önce üreticiler küçük

güçte türbinler üretirken, bugün 7 MW ve daha büyük güçlere yönelmiş durumdadır. Bu türbinlerin verimli çalışabilmesi için, rüzgarın daha güçlü ve sabit olması ile birlikte daha büyük türbin göbeğinin olması gereklidir. Büyük türbin göbeği ve türbinlerin kıydan denize yönelmesi, enerjinin üretimi ve şebekeye iletilmesini daha güvenilir hale getirmektedir.

Rüzgar türbinlerinin bileşenleri çeşitli şekillerde korunmuştur:

#### **Bıçaklar**

Bıçaklar yıldırım çarpmasının kendisinden yüzeysel kaynak işaretleri dışında herhangi bir hasar bulgusu göstermeden 200 kA değerindeki akımlara kadar laboratuvarında test edilmiş adanmış bir koruma sistemiyle korunmaktadır. Her bıçakta bir yıldırım sonlandırma pedi sistemi vardır. Pedler her iki tarafta bıçak yüzeyinin hafif üzerine doğru çıkıntı yapar. Bıçak içinde bulunan esnek bir aşağı iletken, pedlerden ana gövdeye bir iletken olarak kullanılan rotor göbeğine bir iletme yolu sağlar. Göbek içinde bulunan elektriksel ve hidrolik ekipman, göbeğin kendisinin Faraday kafesi tarafından tamamen korunmaktadır. [8]

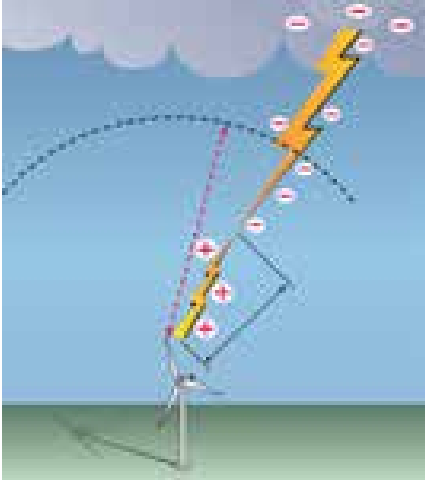
#### **Nasel**

*Kanopi, nasel için bir Faraday kafesi olarak görev yapan 5 mm çelik plaka içinde üretilmiştir.* Kanopi arka kısmındaki meteorolojik aletler, bu aletlerin çok üzerine projeksiyon yapan ayrı bir paratoner sistemiyle korunmaktadır. Tüm ana bileşenler etkin şekilde topraklanmıştır ve kontrolör içindeki kabarma koruma cihazları yakındaki yıldırım düşmelerinin etkilerinden geçici koruma sağlar. [8]

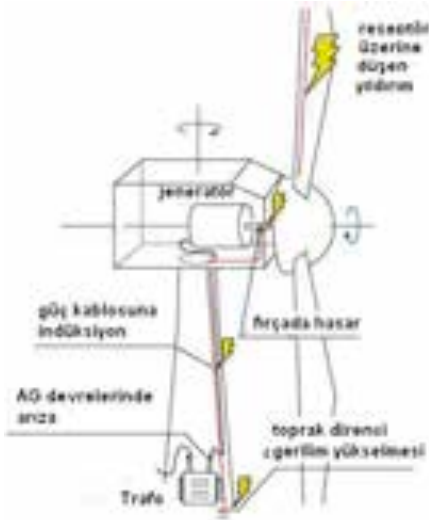
#### **Kontrolör**

Koruma cihazları türbin kontrolörünü korur. Cihazlar doğrudan yıldırım çarpması durumunda patlamayı önlemek için mekanik aşırı yüklemeye korumasıyla kurulmuştur. DIN rayları, dolap kapıları ve bileşenler gibi tüm

metal kısımlar etkin şekilde topraklanmıştır. [8]



Şekil 5 :Rüzgar Türbinine Yıldırım düşmesi



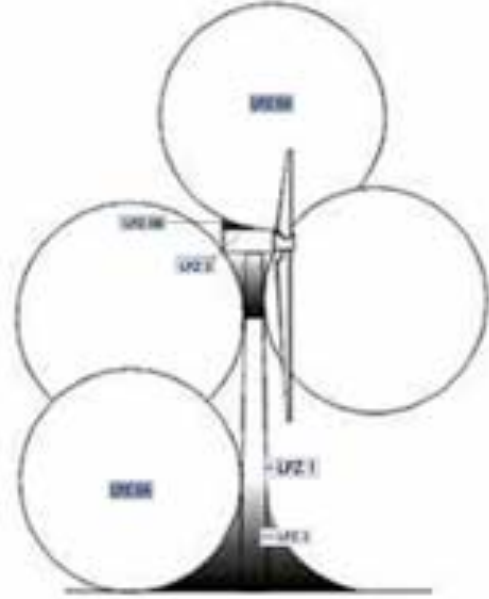
Şekil 6: Klasik Rüzgar Türbini Yıldırımdan Korunması[7]

## RÜZGAR TÜRBİNLERİNDE YILDIRIM VE ANİ AŞIRI GERİLİM DARBELERİNE KARŞI KORUMA STANDARTLARI

Konu ile ilgili standartlar yıldırım ve aşırı gerilim korumanın temelini oluşturur.

- IEC61400: Rüzgar turbine jeneratör sistemleri-Bölüm 24: Yıldırıma karşı koruma
- DIN EN 62305 “Yıldırıma karşı koruma”

- Germanischer Lloyd (GL): Rüzgar türbinlerinin sertifikasyonu için yönergeler, 2003, elektriksel montaj eki ile 2004:8.9
- Denizdeki rüzgar türbinlerinin sertifikasyonu için yıldırıma karşı koruma yönergesi, 2005: Yıldırım korumanın elektriksel montajı



Şekil 7:Rüzgar türbini Yıldırımdan Korunma Zon Bölgeleri

Bu standartlarda-LPZ 0'dan LPZ 3'e - Yıldırım Koruma Bölgesi-değişik koruma bölgeleri tanımlanmıştır.

### LPZ 0A

- Direkt yıldırım deşarjının mümkün olduğu alan
- Yıldırım akımı ve sonucunda oluşacak elektromanyetik alanın etkisinin en yüksek olacağı alan.

### LPZ 0B

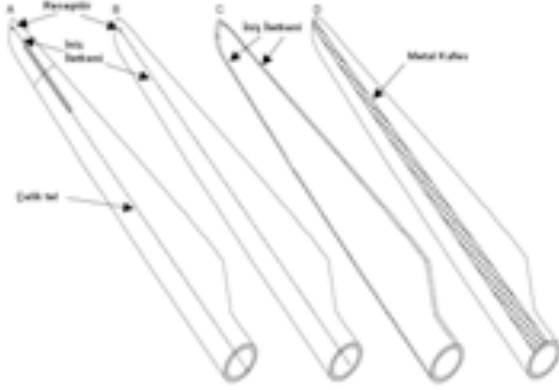
- Direk yıldırım deşarjından korunmuş bölge
- Yıldırım sonucunda oluşacak elektromanyetik alanın etkisinin en yüksek olacağı alan
- Kısmi yıldırım akımları oluşur.

## LPZ 1

- Bölge geçişlerindeki aşırı gerilim koruma ürünleri ve akım paylaşımı sebebiyle elektriksel darbeler sınırlanmıştır.
- Yıldırım sonucu oluşan manyetik alan ekranlama ile azaltılmıştır.

## LPZ 2...n

- Bölge geçişlerindeki aşırı gerilim koruma ürünleri ve akım paylaşımı sebebiyle elektriksel darbeler daha da sınırlanmıştır.
- Yıldırım sonucu oluşan manyetik alan ekranlama ile daha da azaltılmıştır.



Şekil 8 :Rüzgar Türbini Kanatları [4]

## RÜZGAR TÜRBİNLERİNDEKİ ELEKTRİK AKSAMLARININ YILDIRIMA KARŞI KORUNMASI

Değişik bölgelerdeki akıpmalar ve elektriksel cihazlar olası tehlikelere karşı dirençli olmalıdır. Koruma; yıldırım ve aşırı gerilim koruma faktörlerini içeren ekranlama ve eşpotansiyel bağlantı ile sağlanır. Yıldırım ve aşırı gerilim koruma modülleri, darbeleri zarar veremeyecek bir seviyeye indirir. Enerji tarafını korumak için üç kademeli bir koruma kavramı zorunludur. Bu ürünler LPZ0A'dan LPZ1'e geçişte kullanılmaktadır.

## RÜZGAR TÜRBİNLERİNDEKİ İLETİŞİM TEKNOLOJİLERİNİN KORUNMASI

Bir rüzgar türbininin çalışmasında enerji başrolde olduğunca, montajın kullanılabilirliğini arttırmak için; iletişim teknolojileride korunmalıdır. Kapsamlı koruma kavramı türbinin çalışmasının sürekliliğini arttıracak ve yıldırım veya aşırı gerilimler sebebi ile devre dışı kalma riskini en az seviyeye indirecektir. Kullanılabilirliğinin artması, rüzgar turbine montajlarını daha güvenli ve ekonomik bir duruma getirmektedir. Bu da, Maliyetlerin azaltılması, insanların gözünde rüzgar türbinlerinin ve rüzgar türbini alanlarının benimsenmesini kolaylaştıracaktır.



Şekil 9: Rüzgar türbini Jeneratör bölgesi Yıldırımdan Korunması[6]

Rüzgar türbinlerinde anemometrenin tesis edildiği türbin gövdesine monte edilecek olan yakalama uçları uçak ikaz lambaları ile birlikte tesis edilmesi gerekir.

## RÜZGAR TÜRBİNLERİ TOPRAKLAMA VE YILDIRIMDAN KORUNMASINDA KULLANILAN MALZEMELER



Şekil 10 :Eş Potansiyel Topraklama Barası



Şekil 11 :Yakalama Çubuğu



Şekil 12 :Bakır Kablo



Şekil 13 :Uçak İkaz Lambası

Temel topraklaması yapılmış, eş potansiyel baraya tüm metal aksamaları bağlanmış,aşırı gerilim darbe bastırıcılar ile alçak gerilim panoları ve bilgi teknolojisi cihazları korunmuş, türbin gövdesine yıldırımdan korunma sistemi tesis edilmiş bir rüzgar türbini; elektrik çarpmalarına,ani aşırı gerilimlere ve yıldırım düşmelerine karşı koruma sağlanır.

Uluslararası standartlardada belirtildiği gibi koruma tedbirleri yüzde yüz koruma sağlamaz. En üst seviyede bir koruma gerçekleşir. Her zamanda olsa ufak bir risk oranı mevcuttur.

## KAYNAKLAR

1. Kadir TEKİN - İstanbul Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi.
2. Wind Turbine Lightning Protection Project- Brian McNiff McNiff Light Industry Harborside, Maine
3. TS EN 61400 24-Rüzgar Türbinlerinde Yıldırımdan Korunma
4. TS EN 62305- Yıldırımdan korunma – Bölüm 3: Yapılarda fiziksel hasar ve hayati tehlike.
5. [www.copper.org](http://www.copper.org)
6. Gama Enerji
7. Yasuda Yoh IEEJ Trans 2006; 1: 314–319
8. [www.elektrikhaber.net](http://www.elektrikhaber.net) Mustafa FAZLIOĞLU