

Rüzgâr Türbinlerinde Bakım Mühendisliği Uygulamaları

Prof. Dr. Bülent EKER
Namık Kemal Üniversitesi

GİRİŞ

Son zamanlarda rüzgâr türbinleri, çevre ve nispeten ucuz alternatif enerji kaynakları içinde en fazla dikkati çeken enerji çeviricilerdendir. Bu enerji çeviricilerin bulunduğu konumlar, maliyet değerleri vb. birçok faktörü dikkate aldığımızda sadece tesisin kurulmasının soruna çözüm getirmedeği bilinmelidir. Asılolan bu tesislerin kurum aşamasından sonra verimli bir şekilde işletilmesidir. İşletilmenin de en önemli anahtarı tamir ve bakım uygulamalarından geçmektedir.

Tüm uygulamalarda olduğu gibi rüzgâr türbini bakım uygulamalarında da belli bir prosesin uygulanması, bakımdan elde edilecek başarının artmasına yol açacak husustur. Günümüzde daha çok kalite amaçlı uygulamalarda kullanılan proses kelimesi, bakım prosesi içinde değerlendirildiğinde girdileri çıktılarına dönüştüren birbirleriyle ilgili olan veya etkileşimde bulunan faaliyetler dizisi şeklinde özetlenebilir. Bu faaliyetler dizisinde bakım işlemleri için gerekli kontrol planları ve talimatları hazırlanmasını kapsar. İşte bakım prosedürü de bu faaliyetlerin yürütülmesi için belirlenmiş yolları ortaya koymaktadır. Gerekli olan bir yöntem ve sistem rüzgâr türbini tesisleri için etkin bakım ve acil müdahale sağlamak içindir.

Bilindiği gibi rüzgâr türbinleri

rüzgârın sahip olduğu kinetik enerjisi önce mekanik enerjiye ve daha sonra da elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Genelde bu sistemlerin bir bütünlük içinde ayrı ayrı tasarlanması ve optimizasyonu sonucu bir araya getirilmesi gerekmektedir.

Bünyesinde bulunan her bir organ kendine has bir takım özellikler taşımaktadır. Çoğu türbin imalatçıları 120.000 saat çalışmayı göz önüne alarak ekonomik ömrünü 20 yıla taşıyabilecek yapıların tasarımlarını oluşturmaya çalışmaktadırlar. Nitekim bu çalışmalar modern rüzgâr türbinlerinin gelişmesine olanak tanımaktadır. Örneğin Danimarka'da 1975 yılından beri kullanılan 5000'den fazla türbin üzerinde yapılan çalışmada modern türbinlerin daha az tamir ve bakım gerektirdiği ortaya çıkarılmıştır. Önceleri bu amaçla eski türbinlerde yıllık bakım için orijinal türbin yatırımının %3 kadar tamir ve bakım gideri oluşurken, yeni modern türbinlerde bu oran % 1,5-2'ye düşürülmüştür. Tabi ki bunda en önemli husus tasarımlarda optimizasyonlara geçilmesi ve bunun imalat uygulanması ile sağlanmasıdır. Yine uygulamada tamir ve bakım ücretlerinin yıllık türbin servis fiyatına dahil edilerek karşılanması yanında bazı türbin kullanıcıları da bunun kWh çıkış gücüne indekslenmesini tercih etmektedir. Hangi şekilde olursa olsun bu amaçla alınacak ücretin yıllık 0,01 USD/kWh civarında olduğu

bilinmektedir. Böylece harcanan bu miktarın ileride türbin çalışması sırasında oluşabilecek aşınmalar ve yırtılmaların önüne geçilmesine yardımcı olduğu ve buna bağlı olarak türbin kullanım ömrünün arttığı yapılan çalışmalarda ortaya konulmuştur. Özellikle bu durum rüzgâr türbinlerinden oluşan rüzgâr enerji çiftlikleri için son derece önemlidir.

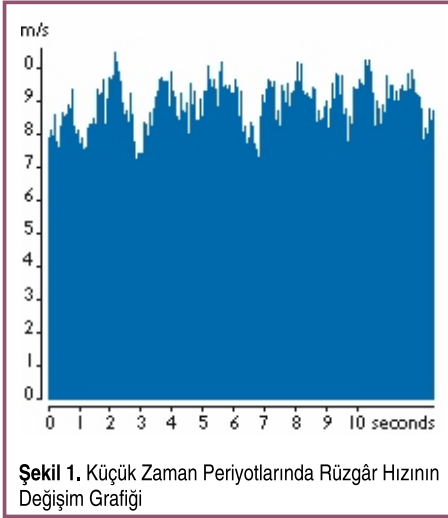
RÜZGÂR TÜRBİNLERİNDE ANA ARIZA VE BAKIM NOKTALARININ GENEL ÖZELLİKLERİ

Bütünüyle bakıldığında rüzgâr türbinleri tüm organları ile bakım gerektirecek özellikler içermektedir. Ancak bakım uygulamalarında üzerinde önemle durulacak rüzgâr türbinlerinde bazı kısımlar vardır ki bunlar diğerlerine oranla daha çok yırtılma ve aşınma ile karşı karşıya kalan organlardır. Bunların başında rüzgâr türbini kanatları, dişli kutuları ve jeneratör kısımları gelmektedir.

Aşınma ve yırtılma sonucunda rüzgâr türbini kanatlarının, dişli kutularının ve jeneratörün değiştirilme maliyeti yeni türbin maliyetinin yaklaşık %15-20'si kadar olmaktadır. Çoğu zaman bu önemli kısımların üzerinde gerekli tamir ve bakım hassasiyetine uyulmaması türbinlerin ekonomik ömründen önce devre dışı kalarak hurdaya çıkmasına neden olabilmektedir. Yapılan

yatırımların yüksekliği nedeniyle tamir ve bakım uygulamalarının rüzgâr türbinlerinin gerek verimsel çalışmaları gerekse ekonomik açıdan değer oluşturmaları için mutlaka yapılması gereken işlemlerin başında gelmektedir. Geliştirilen tasarım teknikleri ile yaklaşık olarak sözü edilen kısımlarda ekonomik kullanım ömrü 20 yıllara kadar çıkarılabilmektedir. Buradaki tek şartın tamir-bakım ilkelerini bu kısımlarda zamanında uygulamaktan geçtiği unutulmamalıdır.

Öte yandan gerçek ömür üzerinde sadece türbin kısımlarının değil, aynı zamanda lokal iklim koşullarının da etki yaptığı unutulmamalıdır. Burada rüzgârın yaratmış olduğu türbülans akışın büyük önemi bulunmaktadır [4]. Bu akış küçük zaman periyodunda, hatta gün ve gece farkından da çok değişkenlik göstermektedir (Şekil 1).



Bu farklılık türbinin aktif tüm organları üzerinde birebir etkili olabilmektedir. Özellikle bu durum rüzgâr türbini kanatlarında bükülmelere ve bunun da ileri aşmalarında çatlak ve kırılmalara yol açabilecektir. Buna bir örnek vermek gerekirse Alman yapımı Growian marka 100 m çaplı türbin kurum aşamasından sonra 3 haftadan daha az bir zaman içinde servis dışı kalmıştır. Bunun nedenleri üzerinde birçok etmen olduğu bilinmektedir.

Bunlardan biri de metal yorgunluğudur. Bilindiği gibi diğer sektörlerde de sıkça karşılaştığımız metal yorgunluğu burada da kendini aşırı bir şekilde hissettirmekte, bunun sonucu olarak türbinlerde metal kanat yerine kompozit malzemeden yapılmış kanat yapıları tercih nedeni olmaktadır. Onun için imalatta daha hafif, dar ve uzun kanatların kullanılması tercih edilmektedir. Ancak burada asıl önemli olanın tasarım olduğu unutulmalıdır. Bunun için günümüzde, gerekli tüm verileri girerek yapılan matematik modellerle çözümlenen, simülasyonlarla test edilen uygulamalar sonucunda türbin kanatlarının yapımına geçilmektedir [6].

Buna benzer durum dişli sistemleri (kutusu) için de geçerlidir. Buradaki husus direk dişli sisteminin boyutlandırılmasında ve tasarımında bazı sorunların önceden bilinmesi ve buna göre çözüm aranmasıdır. Bu sorunlar aktarma işlemi ile oluşmaktadır. Bunların başında;

1. Yükleme: Millere gelen değişken momentler, titreşim nedeniyle oluşan aşırı yükler.
2. Güç: Düşük hızlardaki yüksek momentler, yüksek güç yoğunluğu.
3. Operasyon: Isısal değişimler, sistemin ısınmadan işleme başlanması sebebiyle oluşabilecek sorunlar, durma pozisyonunda oluşan yükler.
4. Dişli kutusu boyutlandırılması: Tasarimsal olarak hafif olma gereksinimi, yumuşak yataklama ve giriş miline uygulanacak bükme momenti.
5. Erişilebilirlik: Dişli kutularına ulaşmak, bakım takımlarını dişlilere ulaştırmanın zorluğu.

Bunların yanında bazı ekonomik etkenler de dişli sistemleri ile ilgili olarak ortaya çıkmaktadır:

- Rüzgâr türbinlerinin dişli kutularının teslim sürelerinin çok uzun olması ve pazara arzın az ve elit olması.
- Tedarikçi sayısının göreceli olarak az

olması ve de bazı ünlü üreticilerin ekipman tedarikçileri ile birlikte çalışması.

- Ekipmanın ve dişli kutularının üçüncü kurumlarca sertifikasyonun yapılması.
- Oluşacak ufak hasarların bile yüksek maliyetlere sebep olması.

Rüzgâr türbinlerinin dişli kutuları yüksek momentlerdeki düşük hızları, yüksek devirlerde düşük momentlere dönüştüren yapılarıdır. Rüzgâr türbinlerinde dişli kutusu tasarımında, güç akışına göre olası tasarımlar için temel sınıflandırma, tek giriş var ise tek rotor, girişin arttığı durumlarda çoklu rotor, tek çıkış durumunda tek jeneratör, çoklu çıkış durumunda ise, birkaç jeneratörlü çözümler şeklindedir. Bu durum karşısında rüzgâr türbinlerinin dişli kutuların klasik endüstriyel dişli kutularına yapılan yaklaşımların sınıf atladığını, özelleştğini görmekteyiz. İmalatındaki yüksek kalite gereksinimi, tasarımda da kendini bulmaktadır [2]. Rüzgâr türbinlerinde mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çeviren eleman olan jeneratörler değişken hız koşulunda sabit frekans oluşturabilmesi için özel olarak tasarlanmaktadır.

RÜZGÂR TÜRBİNİ BAKIM İŞLEMLERİ

Rüzgâr türbinlerdeki bakımı; yıllara yayılan bakım yanında yıl içinde yapılan bakım şeklinde ikiye toplamak gerekir. Yıl içindeki bakım hassas bakım teknikleri kullanılarak verimliliği artırılabilir. Bu tip bakımlarda tesis elemanlarının titreşim analizleri, termografik analizler ve yağ analizleri gibi önemli testlerin yapılması söz konusudur (Şekil 2).

Bu tip bakım işlemlerinin maliyetli olduğu da bilinmektedir. Ancak tesisin sağlıklı çalışmasının kontrolü için bir bakıma zorunludur. Günümüzde uzaktan algılama sistemleri bu amaçla geliştirilerek bu tip bakımlarda hassasiyet artırılmakta ve zaman



Şekil 2. Jeneratör Grubundaki Test Uygulaması

faktörü, insan faktörü vb. en aza indirilmektedir. Ayrıca data kontrolü de yapılarak toplam verimli bakıma olanak sağlamaktadırlar.

Bu amaçla geliştirilen sistemlerde, özel olarak geliştirilmiş ve rüzgâr türbinleri elemanlarını sürekli izleyerek düzenli olarak titreşim, sıcaklık ve yağlama parçacıkları gibi fiziksel parametrelerin ölçümleri sağlanmaktadır. Bu konuda tesis elemanlarına monte edilmiş sensörler ve yazılım, sorunları gerektiğinde uzaktan kumanda yöntemi ile çözebilmektedir. Çoklu veri kontrolü ile sistem verimliliği artırılmaktadır. Bu amaçla jeneratörde 2, jeneratör milinde 1, dişli kutusunda 4, hız ölçerde 1, titreşim için kulede 1, kanatlardaki (3 kanat) titreşim için 1 er, yağ basıncı için 1, yağ sıcaklığı için 1, yağ viskozitesi için 1 ve jeneratör sıcaklığı için de 1 olmak üzere toplam 16 adet ölçüm sensörü kullanılmaktadır. Hatta bu sistemler rüzgâr türbini hızını da devamlı kontrol altına almakta; herhangi bir arıza, anormal hız düşüşü ya da yükselişlerini, elektrik kesintilerini,

kablo bağlantılarında oluşabilecek arızaları hatta SMS bile atarak oluşabilecek arızaları baştan haber vermektedir. Aynı sistemler internet bağlantılı bilgisayarlardaki programlar aracılığıyla da sistemi tam kontrol altında tutabilmektedir. Hatta tesislerde oluşabilecek hırsızlık, vandalizm gibi istenmeyen olaylar da kontrol altına alınmış olmaktadır [3] [5].

Bilindiği gibi rüzgâr türbinlerinin can damarı, bir başka deyişle en önemli organı kanatlarıdır. Zaman için gerek yapısal gerekse çevresel (sıcaklık değişimi, kar, buzlanma vb.) etkiler sonucunda bu yapıların bünyelerinde oluşabilecek hasarlar ve yapılması zorunlu bakımlar bulunmaktadır. Özellikle kanadın ömrünü arttıran ve yüksek verimde enerji üretimini sağlayan bu organlardaki kaplama vb. işlemlerin düzenli zaman aralıklarında yapılması gerekmektedir.

Ayrıca rüzgâr türbininde zamanında yapılacak bakım türbin elemanlarının (dişliler, hareket motorları, hidrolik, elektrik sistemler, soğutma sistemleri) değişim süresini de en aza

indirmektedir. Burada önemli bir diğer husus tesis elemanları değişimi sırasında gerekli platform, vinç vb. ekipmanların yanı sıra işi bilen bir servisin olup olmadığıdır. Burada sadece servisin iyiliği değil, aynı zamanda tesisi kullanan insanların da eğitilmesi son derece önemlidir.

Bakım işlemlerinde önemli olan bir diğer husus bakım yapılacak türbin elemanına kolay ulaşımın olup olmadığıdır. Bunun için tasarımlarda insan faktörünü de dikkate alarak türbin elemanlarının tasarımı gerçekleştirilmektedir. Bu amaçla kule tepe noktasına ulaşımı kolaylaştırmak için dıştan ve içten servis asansörleri uygulamaları yapılmaktadır. Ancak bu yapılar günümüzde maliyet artırıcı husus olarak algılandığından çoğu imalatçının uygulamaktan kaçındığı söylenebilir (Şekil 3).

Rüzgâr türbinleri iç elemanları itibarıyla bakıldığında birçoğunun dönen elemanlardan oluştuğu bilinmektedir. Dönen elemanlarda bilindiği gibi en çok sorun sürtünmeye bağlı oluşabilecek sorunlardır. Nitekim yapılan çalışmalarda yağlama gerektiren organlarda oluşabilecek arıza sonucunda türbin mal oluş fiyatının yaklaşık % 15-20 kadar masraf çıkabileceği görülmüştür. Bunu da aşmak için tek çözüm dönen elemanlar arasında yağlama sisteminden yararlanmaktır. Yağlamada başarıyı arttırmak için sürekli bir program çerçevesinde servis elemanının yağı kontrol ederek eksikliklerini tamamlaması yerine geliştirilen otomatik yağlama sistemi bir bakıma tesisi güvence altına alabilmektedir. Böylece zamanında ve etkili olan yağlama bakım işlemini kolaylaştırmada, tesiste daha az kesinti oluşmakta, yağ tüketimi de en aza indirilmektedir. Yağlama için görevli servis elemanının bu işi ne kadar zor koşulda yaptığı da devreye alınırsa otomatik yağlama sisteminin



Şekil 3. Türbin Kulesinde Yapılan Bazı Bakım İşlemleri

rüzgâr türbinlerinde çok büyük yararlar sağlayacağı unutulmamalıdır. Yapılan bir çalışmada türbin üzerinde bulunan 10-80 adet yağlama noktasında yapılacak işlemde manuel işlemlere oranla zamansal tutumunda % 20 civarında olduğu saptanmıştır. Ayrıca otomasyon sayesinde de elde edilecek kazanım verimliliği arttıracaktır [1].

Uygulamaya bakıldığında rüzgâr türbini genel bakım işlemlerinin iki yılda bir yapıldığı gözlenmektedir. Bu bakımlarda 12-18 saat süresince türbinin servis dışı kaldığı bilinmektedir. Yine yapılan çalışmalarda orijinal tesis parçaları kullanılmayıp yerine ikame edilecek tesis elemanlarının zaman içinde büyük problemler çıkardıkları açıklanmaktadır. Bunun sonucu tesis garantisinin devre dışı kaldığı bilinmektedir. Yine uygulama verilerine bakıldığında genelde tesis kurumundan sonra 5 yıl içinde yapımçı firmalar olası problemleri garanti altına

almakta, 5 yıldan sonra da bakım anlaşması doğrultusunda hizmet vermektedir. Birçok firmada özellikle boya ile ilgili hususlarda çok düşük garanti süresi verebilmektedirler. Bunun nedeni türbin elemanlarının dış atmosfer koşullarında çalışması sonucunda başta korozyon olmak üzere tesis boyalı elemanlarının daha çok risk altında olmasıdır. Bu konuda özellikle rüzgâr türbini kanatları ve pilonu bakımında en çok zorlanan nokta olarak bilinmektedir.

SONUÇ

Bakım mühendisliği uygulamalarının rüzgâr türbinlerinde uygulanması için öncelikle bu tesislerin yapı elemanlarının çok iyi tanınmaları gerekmektedir. Çoğunlukla yapılan bakım işlemlerinde önemli olan bir husus, tesisin çalışmasını durdurmadan bu işlemleri gerçekleştirebilmektir. Bu amaçla tesisin bulunduğu yerdeki rüzgâr haritaları incelenerek düşük ya da hiç olmayan rüzgâr hızlarında bu işlemlerin yapılmasını planlamaktır. Bu

amaçla her bir tesis için ayrı bir bakım programı ve planı yapılmalıdır.

KAYNAKÇA

1. **George, K.**, 2009. Improving Wind Turbine Maintenance, Pumps and Systems, SKF USA Inc, USA
2. **Hantal, Ö.**, 2009, Yerli Türbin Tasarımı ve Üretim İçin Çözümler, MakinaTek, İstanbul
3. **Hansen, T.**, 2007. Wind Türbines: Designing With Maintenance in Mind, www.powerengineering.com
4. **Lu, L., Yang, H. and Burnett, J.**, 2002. Investigation on Wind Power potential on Hong Kong Islands-An Analysis of Wind Power and Wind Turbine Characteristics, Renewable Energy, 2002, 27, 112.
5. **Scheuch, F.**, 2008. Reduced Turbine Bolt Maintenance Costs Using PMT's Technology, EWEC, 2009
6. **Vardar, A. and Eker, B.**, 2006. Design of a Wind Turbine Working With the Continuity Principle, Energy Exploration & Exploitation, 24(4+5): 349-360.