

RÜZGAR TÜRBİNLERİ İÇİN OTOMATİK TIRMANMA ASANSÖRÜ TASARIMI

**Gülahmet Mert Pelitli¹, Mustafa Korkmaz², Talat Oral Çağlı³, Adem Candaş⁴,
Cevat Erdem İmrak⁵**

İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi^{1,2,3,4,5}
pelitli15@itu.edu.tr¹, korkmazmus16@itu.edu.tr², oralt16@itu.edu.tr³,
candas@itu.edu.tr⁴, imrak@itu.edu.tr⁵

ÖZET

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında rüzgar türbinleri, azalan yatırım ve işletme maliyetleri ile fosil yakıtların neden olduğu karbon salımının küresel iklim koşullarına olan olumsuz etkilerine karşın ekonomik ve çevre dostu bir enerji üretim yöntemi olarak öne çıkmaktadır. Dünyada ve Türkiye’de giderek artan rüzgar enerjisi yatırımları ile kurulan santraller sürdürülebilirlik ve verimlilik ilkeleri kapsamında sistematik, hızlı ve güvenilir bakım prosedürlerine ihtiyaç duymaktadır. Doğası gereği çok yüksek yapılar olan rüzgar türbinlerinde, bakım personelinin gövde içindeki merdivenden tırmanması gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında, mevcut rüzgar türbinlerinde bulunan merdivenlere entegre edilebilecek personel ve yük taşıma maksatlı Otomatik Tırmanma Sistemi (OTS) tasarımı yapılmıştır. Bakım prosedürü öncesi ve sonrasında zaman ve enerjiden tasarruf sağlamak amacıyla az yer kaplayan, farklı türlerdeki merdivenlere uyumlu, güvenlik şartlarını ön planda tutan otomatik tırmanma sistemi için gerekli tasarım kriterleri belirlenmiş ve parçaların ve sistemin tasarımı yapılmıştır.

1 GİRİŞ

Temiz enerji rüzgar, güneş ve hidroelektrik gibi doğal süreçlerden faydalanılarak üretilen; çevreyi kirletmeyen ve sera gazları emisyonlarını artırmayarak küresel ısınmaya yol açmayan enerji türü olarak tanımlanabilir. Rüzgar türbinleri teknolojinin gelişmesi ile birlikte düşen yatırım ve birim enerji üretim maliyetleri ile hem kara hem de açık denizde verimli bir çözüm olarak öne çıkmaktadır. Rüzgar enerjisi güneş ve hidroelektrik ile beraber küresel enerji üretiminde önemli bir yere sahiptir (Breeze, 2019). Uluslararası Enerji Ajansı’nın 2020 raporuna (IEA, 2020) göre yıllık rüzgar enerjisi kapasitesi artışı 2020 yılında 2019 yılına göre %8 artarak 65 GW’a ulaşmıştır. Dünyada kurulu gücün 2002 yılında 18 GW olduğu düşünüldüğünde yatırımlarda önemli bir gelişme yaşandığı anlaşılmaktadır (Özgener, 2002). Türkiye rüzgar enerjisi üretimi için uygun bir coğrafyaya sahiptir. Türkiye’nin rüzgar enerjisi santrallerinin potansiyel gücü yaklaşık 115.000 MW olarak verilmiş, bunun yaklaşık 10.000 MW’ının kurulu veya inşaat halinde olduğu belirtilmiştir (Enerji Atlası, 2021). Ancak giderek yaygınlaşan rüzgar enerji santrallerinde bakım ve onarım faaliyetlerinin düzenlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada yapılan otomatik tırmanma asansörü tasarımı ile bakım operatörlerinin zaman ve enerjiden büyük oranda kazanç sağlaması amaçlanmaktadır. Operatörler yüksek yapı olan türbinlere geleneksel yöntem olan merdivene tırmanarak ulaşmaktadırlar. Mevcut merdiven sistemlerine montajı gerçekleştirilebilir Otomatik Tırmanma Sistemi (OTS), binalarda kullanılan kabinli asansör sistemlerinden daha düşük maliyetli, kompakt hacimli ve mevcut merdivenlere uyumlu yapısı ile rüzgar türbinlerine kolayca kurulumu yapılabilir olarak tasarlanmıştır.

Temel olarak türbine ulaşım maksadıyla üç farklı otomatik sistem öne çıkmaktadır, bunlar; tırmanma asistanı, servis asansörü ve servis platformudur. Tırmanma asistanı tasarımında bakım personelinin ağırlığının bir kısmı desteklenir. Sistem bakım ekipmanlarının taşınması konusunda yeterli olamamaktadır. İkinci yöntem bakım personeli ve ekipmanları kuleye servis asansörü ile taşımaktır. Birden fazla bakım personeli ve bakım ekipmanını aynı anda taşıyabilen bu asansörlerin kullanımı oldukça yaygındır. Bu tür asansörlerin en önemli eksiklikleri türbin içerisinde geniş hacimlere ihtiyaç duyması ve kule mukavemeti açısından sorun teşkil etmesidir. Üstelik artan kule yükseklikleri, kule uç bölümleri çaplarının büyük oranda küçülmesine de sebep olmaktadır. Bu nedenle bakım asansörlerine nazaran küçük hacimli servis platformları geliştirilmiştir. Bu tipte bakım personeli elektrik motoru ile tahrik edilen hareketli bir platform vasıtasıyla kuleye tırmanır. Genelde kapasiteleri 120 kg ağırlığındaki bir personel için tasarlanır. Kule içinde az yer kapladığı için tercih edilir. Bu tür sistemlerde platformun düşmesini engelleyici klasik fren sistemleri yerine düşme önleyici ekipmanlar ile personelin güvenliği sağlanır.

Bu çalışma kapsamında otomatik tırmanma sisteminin; öncelikle tasarım kriterleri belirlenmiş, ardından karşılaştırmalı değerlendirmeler ile sistem elemanları seçilmiş, parça ve sistem tasarımları yapılmıştır. Rüzgar türbini Otomatik Tırmanma Sistemi (OTS) dünyada örnekleri bulunan sistemin Türkiye’de ilk kez tasarlanması açısından önem arz etmektedir.

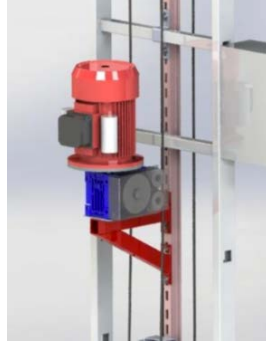
2. ELEMAN VE SİSTEM TASARIMI

Rüzgar türbinleri hava akımını kullanarak rotor etrafında dönen kanatların yardımıyla ile hareket enerjisini elektrik enerjisine çevirir. Türbinde bulunan rotor elektrik jeneratörünü harekete geçirir ve shaftın dönmesiyle hareket enerjisi elde edilir. Türbin bileşenlerinin hasara uğraması veya işlevini yitirmesi nedeniyle bakım ve onarım gereksinimi doğmaktadır. Özellikle rulmanlar, stator ve rotordaki sargılar, stator takozu, rotor uçları, kayma halkaları elemanlarında arızalar meydana gelmektedir (Açık, 2010). Bununla beraber önleyici bakım çalışmaları sırasında da bakım personelinin türbine tırmanması gerekmektedir. Klasik kabinli asansör sistemlerine kıyasla daha kompakt olarak tasarlanan Otomatik Tırmanma Sistemi’nin (OTS) tasarım kriterleri kule içinde az hacim kaplaması, hafif olması, mevcut farklı türdeki türbin kulelerine kolay ve hızlı montajlanabilir olması, personel güvenliğini sağlama ve en az maliyetli olmasıdır.

Otomatik tırmanma sistemini oluşturan ana elemanlar detaylı olarak incelenmiş ve tasarımları sunulmuştur. Sistemin ana elemanları elektrik motoru ve redüktör, sabit merdiven, tırmanma rayı, ray-merdiven bağlantı elemanı, askı makara sistemi, halat ayar rulosu, platform, güvenlik tertibatı ve elektrik tesisatıdır.

2.1 Elektrik Motoru ve Dişli Kutusu

Sistem tahrikinde genellikle halatlı asansör sistemlerinde kullanılan sonsuz vida mil dişli kutulu asenkron motor seçilmiştir. Sonsuz vida mil mekanizmaları otoblokaj özelliğe sahiptir. Redüktörün servis faktörü orta darbeli yük olarak seçilmiştir. Sisteme etkiyen yükün 150 kg olduğu varsayımı ile 110 mm kasnak çapı için 81 Nm çıkış momentine ihtiyaç duyulmaktadır. Beyan hızının asansörlerde olduğu gibi 0,3 m/s olduğu durumda 52 d/dk çıkış devri bulunmuştur. Bu veriler ile çıkış gücü 0,43 kW olarak bulunmuştur. Sistemde kullanılacak üzere 6x19 lif özlü (1370/1770 sınıfı) halat seçilmiştir. Şekil 1’de elektrik motoru ve dişli kutusunun montajı yer almaktadır.



Şekil 1. Merdiven ve ray üzerinde elektrik motoru ve dişli kutusu montajı.

2.2 Sabit Merdiven

Sabit merdiven düşey erişime ihtiyaç duyulan alanlarda, iki dikme arası 240 mm olan eğimsiz merdivendir. İş güvenliği kuralları gereği dik olarak ulaşılması gereken platform, vinç yolları, çatılar, tanklar, su depoları, makina odaları, aydınlatma direkleri, kuyular, rüzgar türbini vb. dar alanlarda kullanılması gerekmektedir. Bu kapsamda rüzgar türbin kulelerinde tırmanma amacıyla sabit merdivenler kullanılmaktadır. Sabit merdiven OTS platformunun taşıyıcı iskeleti ve montajının gerçekleştirileceği elemandır.

2.3 Tırmanma Rayı

Kılavuz raylar OTS platformunun güvenli çalışması için ray bağlantılarına ve tespit yerlerine ve etki eden kuvvetlere karşı yeterli dayanımı göstermelidir. Bu doğrultuda, kılavuz rayların tasarımında aşağıdaki gereklilikler yer almaktadır:

- Platformun düşey hareketi boyunca kılavuzlamak ve yatay hareketleri önlemek,
- Düzensiz yükleme kaynaklı hareket güçlüklerini ve sarsıntıları önlemek,
- Halat kopması gibi nedenlerle platform hızındaki ani artış sırasında düşme önleyici sistem ile güvenli duruşu sağlamak.

Bu görevler için kılavuz raylar, ek yerleri ve bağlantılar üzerine uygulanan yüklere dayanabilir olmalıdır. Tasarımda yaygın kullanılan H-50 profili kılavuz ray seçilmiştir.

2.4 Ray - Merdiven Bağlantı Elemanı

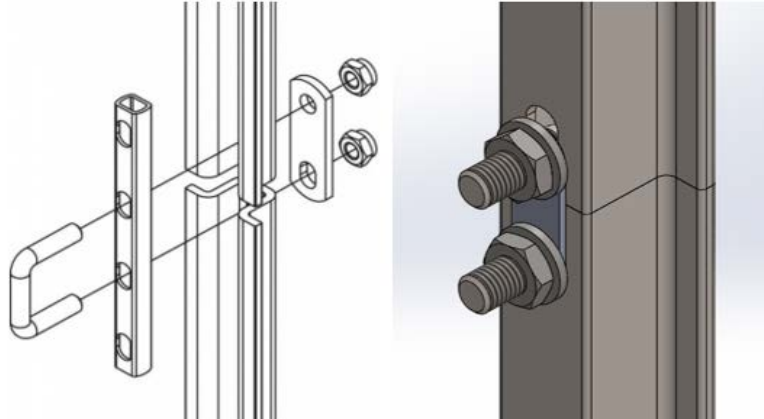
Rayın merdivene montajlanması platformun düzgün çalışması oldukça önemlidir. İki metre uzunluğundaki ray, merdivenin tam ortasına gelecek şekilde konumlandırılmıştır. Şekil 2’de görüleceği üzere iki adet civata, somun ve sac parçaları ile EN ISO 14122-4, DIN 18799-1, EN 14396 ve EN 13101 standartları gereği basamak aralıkları 280 mm olan merdiven için en az dört basamakta bir merdivene montajı sağlanmıştır.



Şekil 2. Ray-merdiven montajı.

2.5 Ray - Ray Bağlantı Elemanı

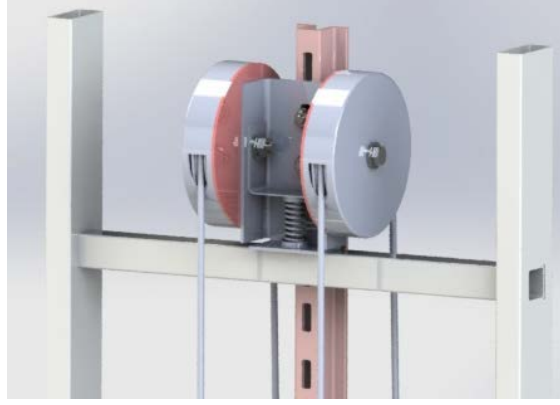
Standart alüminyum profillerin tam boyu altı metre olarak temin edilmektedir. Ancak rüzgar türbin kulesi içindeki montaj zorluğu nedeniyle raylar iki metrelik üç parça halinde kesilip sahada uç uca Şekil 3'te görüldüğü üzere, eklenerek montajlanması tercih edilmiştir.



Şekil 3. Ray-ray bağlantı detayı.

2.6 Askı Makara Sistemi

Askı makara sistemi platform ve operatör yükünü taşıyan mekanizmadır. Sisteminin en önemli görevlerinden biri de ilk çalışmada halatlara gelen ani yükü yaylar ile karşılamaktır. Bir diğer fonksiyonu ön gerilme uygulayarak halatların kaymasını engellemektir. Sisteminin kule üst kısımdaki montajı Şekil 4'te gösterilmiş olup, sistem simetrik bir şekilde aşağı kısımda da bulunmaktadır.



Şekil 4. Askı makarası.

2.7 Halat Ayar Rulosu

Merdiven boyları uzadıkça halatların aksnel doğrultusunda kaçıklık meydana gelir. Bu durumda halatların merdivene yaklaşması veya temas etmesi gibi istenmeyen durumlar ortaya çıkabilir. Bu amaçla Delrin (POW) malzemeden yapılmış rulo merdivenin en üstüne ve en altına montajlanarak halatların sehim yapması engellenir (Şekil 5).



Şekil 5. Halat ayar rulosu.

2.8 Düşme Önleyici

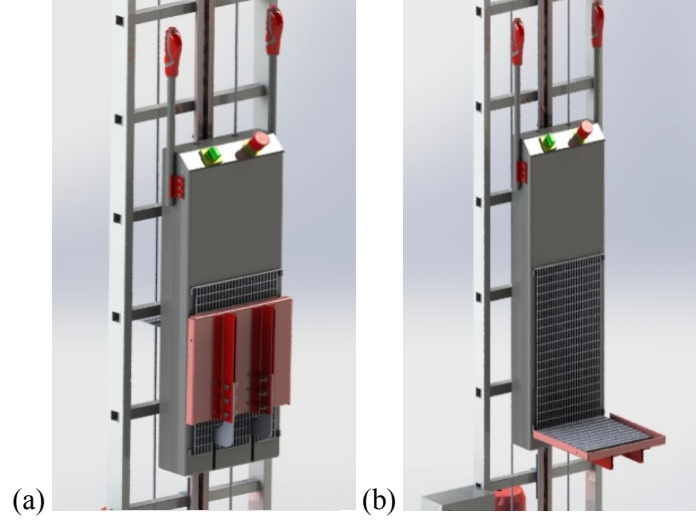
Her düşey transport makinasında olduğu gibi çalışma konusu açık kabinli asansör sistemi de güvenlik önlemleri açısından değerlendirilmelidir. Bu amaçla halat kopması veya ray bağlantısı ayrılması gibi acil durumda personel güvenliğini sağlayan düşme önleyici mekanizma kullanılmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Düşme önleyici mekanizma.

2.9 Platform Kullanımı

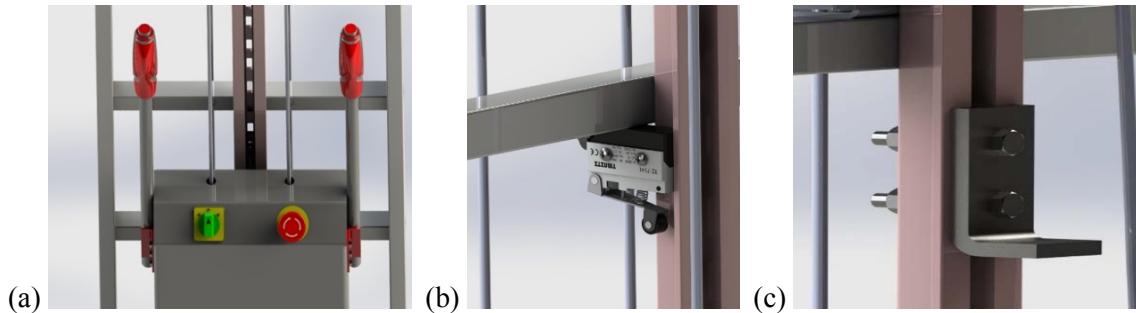
Çalışma alanı daralmasını engellemek amacıyla OTS kullanımda değilken Şekil 7(a)'da olduğu gibi ayaklıklar kapalı konuma getirilir. Bakım personeli sistemi kullanmak istediğinde basit bir çekme hareketi ile ayaklığı açık konuma (Şekil 7(b)) getirebilir. Platform kısmında bulunan yük sensörü 120 kg ve üzeri bir yük yüklendiğinde motorun çalışmasını engelleyerek hem personelin hem de platformun güvenliğini sağlamaktadır.



Şekil 7. OTS platformu (a) kapalı konum (b) açık konum.

3. İŞLETİM PROSEDÜRÜ VE GÜVENLİK

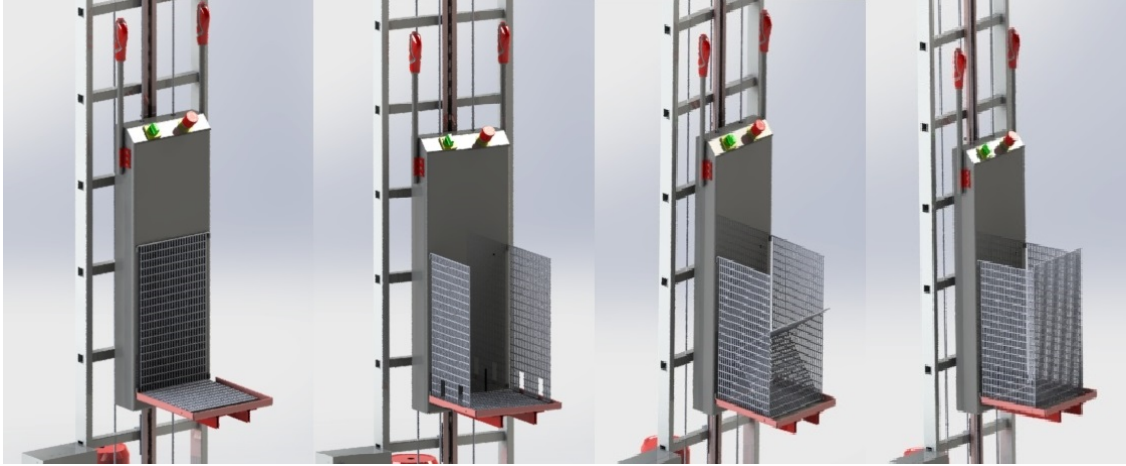
Yetkili bakım personeli gerekli kontrolleri gözle yaptıktan sonra platformun üstüne çıkmalı ve dik bir pozisyonda durmalıdır. Şekil 8(a)'da gösterildiği üzere yeşil mandal butonun üzerinde yazan “Y” (yukarı) konumuna getirdiğinde platform yukarı gitmek için hazır konuma gelir. Servis elemanı iki eli ile elciklerde bulunan butonlara basılı tuttuğu sürece platform yukarı çıkmaya devam eder. Aynı durum aşağı yönlü hareket için de geçerlidir. Platformun ray üzerinde hareketini kesin olarak sınırlandırmak için rayların en alt ve en üst konumlarında iki devre kesme anahtarı (limit switch) (Şekil 8(b)) kullanılmıştır. Operatör elcikteki butonlara gereğinden fazla bastığı durumda devre kesme anahtarları yardımıyla motor gücü devre dışı kalarak platformun hareketi engellenmiştir. Bir hata ihtimaline karşı ikinci bir önlem olarak platformun üst uç kısmına mekanik durdurucu (Şekil 8(c)) yerleştirilmiş ve platformun düşey hareketi mekanik olarak kısıtlanmış raydan çıkma engellenmiştir.



Şekil 8. OTS platformu (a) ön bölüm, (b) devre kesme anahtarı, (c) mekanik durdurucu.

3.1 Takım Koruma Kafesi

Platform tek kişilik tasarlandığı için bakım personeli takım çantasını veya harici bir yükü taşıması gereken durumlarda öncelikle kendisi yukarıya çıkmalıdır. Yeşil mandal butonunu “P” yani park konumuna getirmelidir. Daha sonra platform aşağı yöne kumanda ile gönderilmelidir. İkinci bir çalışan ihtiyaç duyulan 120 kg altı ekipmanı platforma yükledikten sonra koruma kafesi Şekil 9’deki aşamaları gösterilmiş olan kapalı konuma getirebilir, böylece taşınan yükün aşağı düşmesine karşı önlem alınmış olmaktadır. Taşınmaya hazır olan yük yine kumanda kontrolünde yukarıya gönderilir.



Şekil 9. Takım koruma kafesi.

4. SONUÇ

Bu çalışma kapsamında daha önce ülkemizde tasarımı bulunmayan, rüzgar enerjisi türbinlerine tırmanma sırasında kullanılacak, operatörün harcadığı enerjiden tasarruf sağlayan ve en önemlisi güvenilir bir ön tasarım gerçekleştirilmiştir. Tırmanma sistemi için özellikle verimli, güvenilir ve yaygın bulunabilir parçalar seçilmiştir. Bununla beraber bu ön tasarım çalışmasında sistemin, personel güvenliğini ön planda tutmasına dikkat edilmiştir. Rüzgar türbin kule içlerinin kısıtlı hacimde olması nedeniyle sistem küçük boyutlarda tasarlanmıştır.

Yakın gelecekte yenilenebilir enerjiye duyulan ihtiyacın artması ile yatırımların çoğalacağı göz önüne alındığında, rüzgar türbinlerinin bakım ve onarım işlemlerinde tırmanma asansörlerinin kullanımının giderek artacak olması nedeniyle bu çalışmanın gelecekteki diğer çalışmalar için bir başlangıç olması temenni edilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Açık, O. (2010). *Rüzgar Türbini Kulelerinde Yapısal Titreşim Analizi*. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [2] Breeze, P. (2019). Chapter 11 - Wind Power. P. Breeze (Ed.), *Power Generation Technologies (Third Edition)* içinde (Third Edit., ss. 251–273). Newnes. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102631-1.00011-0>
- [3] Enerji Atlası. (2021).
- [4] IEA. (2020). *Renewables - Wind 2020*. Paris. <https://www.iea.org/reports/renewables-2020/wind> adresinden erişildi.
- [5] Özgener, Ö. (2002). Türkiye’de ve Dünyada Rüzgar Enerjisi Kullanımı. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 4(3), 159–173.