

RÜZGAR HIZINA BAĞLI OLARAK DENETLENEBİLEN İKİ BÖLGE Lİ MİKROİŞLEMCİ DESTEKLİ SÜRÜCÜ VE ÇOK KUTUPLU FIRÇASIZ D.A. MAKİNASININ RÜZGAR TÜRBİNLERİNDE KULLANILMASI

Sabri ÇAMUR, Birol ARİFOĞLU, Esra KANDEMİR BEŞER, Ersoy BEŞER

scamur@kocaeli.edu.tr, barif@kocaeli.edu.tr, esrakandemir@kocaeli.edu.tr, ebaser@kocaeli.edu.tr

Elektrik Mühendisliği Bölümü
Mühendislik Fakültesi
Kocaeli Üniversitesi, 41050, Veziroğlu Kampüsü, Kocaeli

ÖZET

Bu çalışmada rüzgar türbinlerinde kullanılan asenkron ve senkron generatörlere alternatif olarak Çok Kutuplu Firçasız Doğru Akım Makinasının rüzgar türbini uygulamalarında kullanılmasına ilişkin bir çalışma yapılmıştır. Öncelikle rüzgar türbinlerinde kullanılan generatörler ve bu generatörlerin kullanıldığı geleneksel rüzgar enerjisi dönüşüm sistemleri incelenmiştir. Bu yapılardan farklı olarak sistemin her an maksimum güç noktasında çalışmasına olanak sağlamak amacıyla Çok Kutuplu Firçasız Doğru Akım Makinası ve bu makina için geliştirilen iki bölgeli sürücü tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen sistemi oluşturan birimler detaylı olarak tanımlanarak sistemin çalışması anlatılmıştır. Sistem yapı itibarıyla her rüzgar hızı için, rüzgar enerjisinden en verimli şekilde yararlanma yeteneğine sahiptir.

Anahtar Sözcükler: Alternatif Enerji Kaynakları, Rüzgar Enerjisi, Rüzgar Türbinleri, İki bölgeli Sürücü, Firçasız Doğru Akım Makinaları

1.GİRİŞ

Enerjinin yeterli, zamanında, kaliteli, ekonomik, güvenilir ve temiz olarak sunumu günümüzde ülkelerin gelişmişlik düzeylerini belirleyen en önemli göstergelerden biridir. Sanayinin olduğu kadar halkın günlük yaşantısının da en önemli girdilerinden olan enerjiye olan talep sürekli olarak artarken enerji kaynakları da hızlı bir şekilde tükenmektedir. Sürdürülebilir bir dengenin sağlanabilmesi için enerji kaynak çeşitliliğinin sağlanması ve bilinen klasik enerji kaynaklarının yanında, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanıma sunulması büyük önem kazanmıştır.

Rüzgar gücü, dünyada kullanımı en çok artan yenilenebilir enerji kaynaklarından biri haline gelmiştir. Günümüzde dünyadaki kullanım oranının çok düşük olmasına karşılık, gelecek yıllarda dünya elektrik talebinin önemli bir kısmının rüzgar

enerjisinden karşılanması için çalışmalar yapılmaktadır.

Türkiye’de son yıllarda gittikçe artan enerji darboğazı, üretimin sabit kalması yada çok az artması ve tüketimin ise çok büyük bir hızla artması karşısında, gelecekte de büyüyecek bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durum karşısında ülkemizin doğal kaynaklarından yararlanarak alternatif enerji sistemlerinin uygulanması, soruna genel ve kesin olmayan, ancak gelecek için umut verici bir çözüm olması nedeniyle gün geçtikçe artan bir önem kazanmaktadır. Bu enerji kaynaklarından rüzgar, ülkemizde de dikkate değer seviyelerde olup, temiz, çevreyi kirletmeyen bir enerji kaynağı olması sebebiyle öne çıkmaktadır.

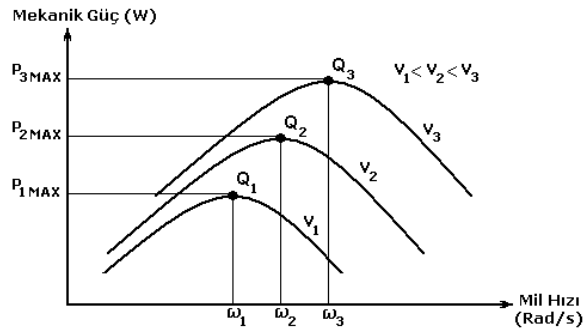
Rüzgar türbinlerinde kullanılan elektrik makinalarının dünyadaki ve Türkiye’deki örneklerine bakıldığında karşımıza asenkron generatörlü veya senkron generatörlü uygulamalar çıkmaktadır. Asenkron generatörlü uygulamalar genellikle büyük güçlü sistemlerde tercih edilmektedir [1]. Fakat asenkron generatörlerin W/kg oranları yeni nesil Firçasız Doğru Akım Makinalarına göre yüksek olması sebebiyle kule yapılarının daha mukavemetli yapılması gerekir. Bu da birim güç üretimi için daha yüksek maliyet sonucunu doğurur. Bu sebepten dolayı rüzgar türbini olarak yüksek güç yoğunluğuna sahip Firçasız Doğru Akım Makinasını generatör olarak kullanmanın daha avantajlı olacağı düşünülmektedir. Senkron generatörlü uygulamalara bakıldığında ise bu tip sistemlerde farklı hızlarda aktarılan gücün optimizasyonu yapılmadığı tespit edilmiştir.

Bu çalışmada rüzgar türbinlerinde kullanılan asenkron ve senkron generatörlere alternatif olarak Çok Kutuplu Firçasız Doğru Akım Makinasının rüzgar türbini uygulamalarında kullanımı sunulmaktadır. Ayrıca geliştirilen mikro işlemci destekli iki bölgeli sürücü ile birlikte çalıştırılan Çok Kutuplu Firçasız D.A. Makinasının değişken hızlı rüzgar türbini uygulamalarında sistem yapısını basitleştirdiği ve

denetim karmaşıklığını azalttığı görülmüştür. Fırçasız Doğru Akım Makinalarının bir diğer avantajı birim kütle başına ürettikleri gücün asenkron makinalara göre daha yüksek olmasıdır[4]. Ayrıca Çok Kutuplu Fırçasız Doğru Akım Makinalarının tercih edilmesi durumunda bu özellik daha da belirgin hale gelmektedir. Bu özellikten dolayı eşdeğer güç değerleri için kütle ve boyutun önemli ölçüde azalması sonucu ortaya çıkmaktadır.

2. SİSTEMİN TANITIMI

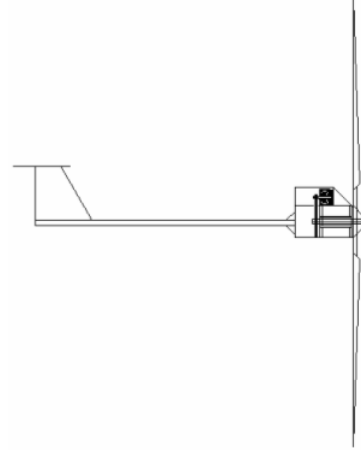
Rüzgar hızının sürekli değişim göstermesinden dolayı sahip olduğu enerji de sürekli olarak değişmektedir. Rüzgarın taşıdığı enerjinin değişken olması enerji aktaran sistemin de buna uyumlu olarak değişken güç aktarabilen yapıya sahip olmasını gerektirmektedir. Bu noktadan hareketle farklı rüzgar hızlarında belirli bir pervane yapısı için pervanenin aktarabildiği, rüzgar hızına bağlı bir maksimum güç noktası vardır. Şekil 1’ de farklı rüzgar hızlarına ait örnek optimum çalışma noktaları gösterilmiştir. Pervane açılma hızının bu noktalarda çalışmaya zorlanması rüzgar enerjisinden maksimum güç aktarımına olanak sağlar [1].



Şekil 1. Farklı rüzgar hızları için optimum çalışma noktaları.

Q : Optimum çalışma noktası
 ω : Pervane milinin açısal hızı (Rad/s)
P : Mekanik güç (W)
V : Rüzgar hızı (m/s)

Yukarıda anlatılan çalışma durumunu sağlamak amacıyla geleneksel rüzgar türbin sistemlerinden farklı olarak yeni bir yapı geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem temel olarak rüzgar türbini, Çok Kutuplu Fırçasız D.A. Makinası ile bu makinaya ait iki bölge mikroişlemci destekli sürücü, şebeke denetimli evirici ve sistem denetleyicisinden oluşmaktadır. Tasarlanan türbinin yandan görünüşü Şekil 2’ de, geliştirilen sistemin prensip şeması ise Şekil 3’ te görülmektedir.

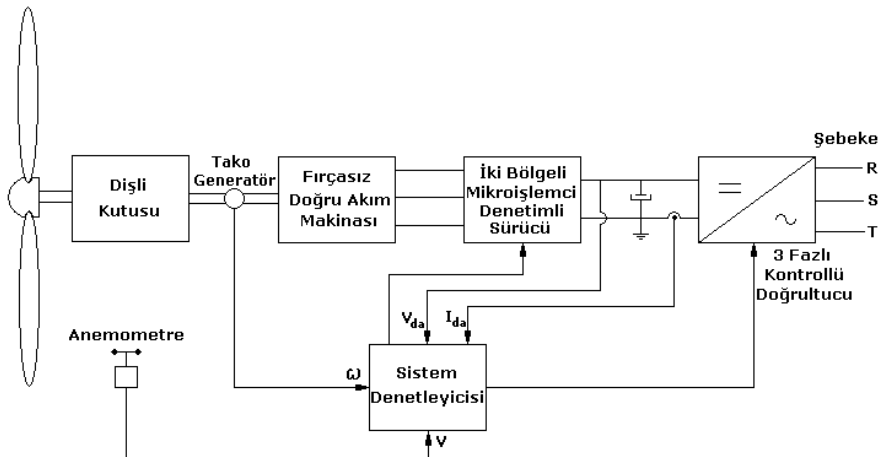


Şekil 2. Tasarlanan Türbinin yandan görünüşü.

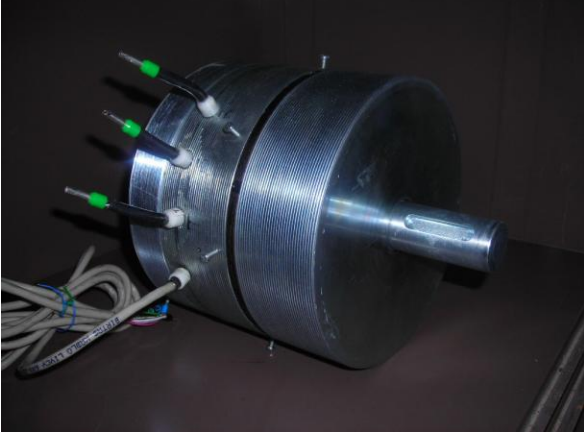
Literatüre bakıldığında rüzgar enerjisi dönüşüm sistemleri çalışma prensiplerine göre genel olarak üç grupta toplanmaktadır. Bunlar,

- Sabit Hız Sabit Frekans Dönüşüm Sistemleri
- Değişken Hız Sabit Frekans Dönüşüm Sistemleri
- Değişken Hız Değişken Frekans Dönüşüm Sistemleri’ dir [2],[3].

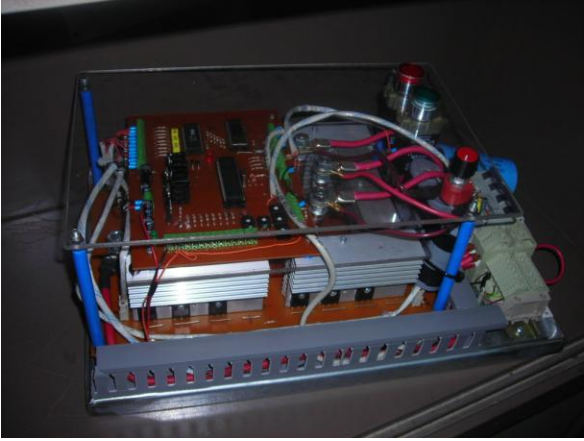
Bu yöntemler incelendiğinde sabit hız sabit frekans dönüşüm sistemlerinde senkron generatörler, değişken hız sabit frekans dönüşüm sistemlerinde asenkron generatörler, değişken hız değişken frekans sistemlerinde ise mıknatıslı senkron generatörlerin kullanıldığı görülmektedir [2]. Bu çalışmada değişken hız sabit frekans dönüşüm sistemi tercih edilmiştir. Tercih edilen yöntemde geleneksel sistemlerde kullanılan asenkron generatörlerden farklı olarak Çok Kutuplu Fırçasız D.A. Makinası ve bu makina için geliştirilen iki bölge sürücü kullanılmıştır.



Şekil 3. Geliştirilen sistemin prensip şeması.



Şekil 4. Gerçeklenen Çok Kutuplu Fırçasız D.A. Makinasının fotoğrafı.



Şekil 5. Gerçeklenen iki bölge mikro işlemci destekli Fırçasız D.A. Makinası sürücünün fotoğrafı.

Geliştirilen Çok Kutuplu Fırçasız D.A. Makinası Şekil 4' te, iki bölge mikro işlemci destekli sürücü Şekil 5' te görülmektedir. Geliştirilen sistem ile her farklı rüzgar hızı için Fırçasız D.A. Makinasının generatör modunda çalışmasına olanak sağlanmaktadır. Sistemde bulunan iki bölge mikro işlemci denetimli sürücü kullanılarak makina her çalışma hızı için generatör olma özelliği kazanmaktadır. Sistemin bu özelliği kullanılarak her rüzgar hızı için generatör optimum çalışma noktasında çalıştırılarak rüzgar enerjisinden en verimli bir şekilde enerji dönüşümü yapılabilir.

Sistemin en yüksek enerji aktaracağı çalışma noktası rüzgar hızı ölçülerek sistem denetleyicisi tarafından oluşturulur. Rüzgar hızına bağlı bu noktalar sisteme maksimum güç girişi sağlayan çalışma noktalarıdır. Sisteme giriş gücünü maksimum yapabilmek için pervane hızının bu çalışma hızında tutulması gerekmektedir. Rüzgar hızına bağlı olarak sistemin hangi noktada maksimum güç aktaracağı bilindiğine göre sistemi bu noktada çalıştırmakla pervaneden alınabilecek maksimum mekanik giriş gücü elde edilmiş olur. Enerjinin sakınımı prensibinden bilindiği gibi sistemin giriş gücü ile sistemden çıkan elektriksel

güç dengelendiği sürece pervanenin dönüş hızı sabit kalacaktır. Aksi durumda giriş enerjisindeki fazlalık pervane ve mil hızının artmasına sebep olacak yada giriş gücünden daha fazla bir elektriksel güç aktarılması durumunda ise pervane ve mil hızı düşerek sistemin yavaşlamasına sebep olacaktır. Her iki durumda da mevcut rüzgar gücünden daha az istifade edilecektir.

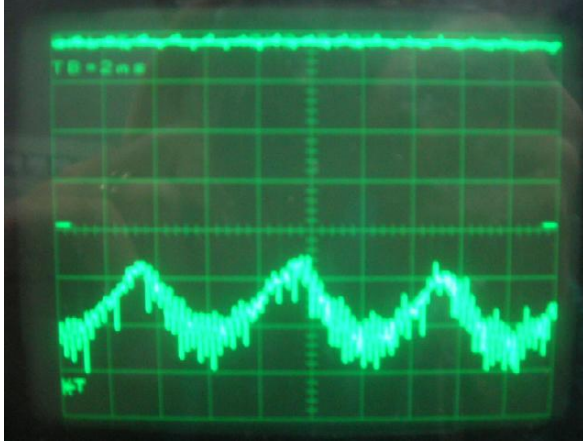
Sistem tercihe bağlı olarak şebeke bağlantılı yada bağımsız olarak çalışabilir. Şebeke bağlantılı çalışmasına ait düzenek Şekil 2' de verildiği gibidir. Bağımsız çalışma şeklinde kondansatörün bağlı olduğu D.A. barasına akümülatör grupları eklenir. Bu durumda evirici şebekeden bağımsız çalışacak şekilde düzenlenir.

3. SİSTEMİN ÇALIŞMASI

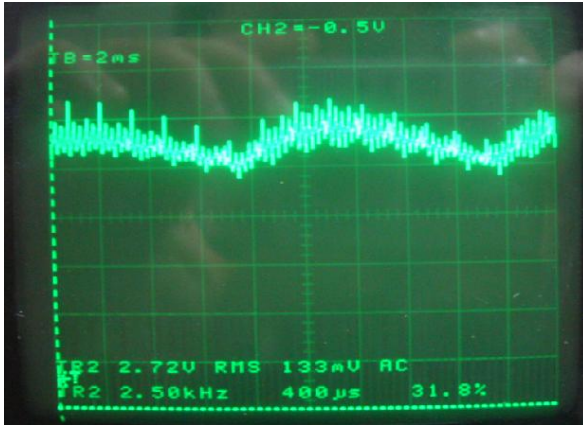
Yukarıda da bahsedildiği üzere sistem temel olarak her rüzgar hızında generatörü optimum çalışma noktasında çalışmaya zorlayarak en verimli enerji dönüşümünü sağlamayı amaçlamaktadır. Buna göre rüzgar hızının her an bilinmesi gerekmektedir. Bu amaçla sistemde bir anemometre (Rüzgar hızı ölçüm cihazı) bulunmaktadır. Rüzgar hızının anlık değerleri anemometre aracılığıyla sistem denetleyicisine bildirilir. Bu hıza karşılık gelen optimum çalışma noktası sistem denetleyicisinde bulunan tablodan belirlenir. Aynı anda bir tako generatör yardımıyla generatör mil hızı ölçülür. Denetleyici bu iki hız bilgisini karşılaştırarak iki bölge mikro işlemci denetimli sürücüye referans hız bilgisi iletir. Sürücüye verilen referans hız bilgisi tako generatörün ölçtüğü hızdan büyük ise Fırçasız D.A. makinası motor olarak çalışarak pervane hızı referans hıza çıkarılır. Bu noktadan sonra makina generatör çalışma moduna geçmiştir. Mil hızının referans hızdan büyük olması durumunda ise makina generatör çalışarak mil hızını referans hıza çekecektir. Bu çalışma durumlarında ara devre gerilimi ve akımı sürekli olarak ölçülür. Ara devre gerilimi yükselme eğilimine girdiği zaman sistem denetleyicisi şebeke denetimli invertere daha fazla güç aktarmasını bildirir. Bu şekilde ara devre gerilimi dengede tutulur. Ara devre akımı nominal sınırların üstüne çıkma eğilimi gösterdiği zaman sistem denetleyicisi generatörü optimum çalışma bölgesinden uzaklaştırarak sisteme giren gücün düşmesini sağlar. Bu sayede akım limitler içerisinde tutulmaya çalışılır. Bu durum rüzgar hız limitine kadar sürdürülür. Rüzgar hız limiti aşılması durumunda mekanik ve elektriksel fren düzenekleri çalışarak sistemi devre dışı bırakır. Elektriksel fren düzeneği aktif güç tüketen elemanlardan oluşur.

4. DENEYSEL ÇALIŞMA

Sistemin deneysel olarak incelenmesi için rüzgar türbini yerine Çok Kutuplu Fırçasız D.A. Makinasının miline bir D.A. serbest uyarmalı motor akuple edilmiştir. Dolayısıyla Çok Kutuplu Fırçasız D.A. Makinası laboratuvar ortamında değişik hızlarda generatör olarak çalıştırılmıştır. Şekil 6 ve Şekil 7’ de deneysel çalışma sonucunda elde edilen çeşitli çalışma durumlarına ilişkin osiloskop görüntüleri görülmektedir.



Şekil 6. 412d/dk için generatör çalışma durumunda bara akım ve geriliminin osiloskop görüntüsü.



Şekil 7. 250d/dk için generatör çalışma durumunda akü grubuna aktarılan bara akımının osiloskop görüntüsü.

5. SONUÇ

Bu çalışmada rüzgar türbinlerinde kullanılan asenkron ve senkron generatörlere alternatif olarak Çok Kutuplu Fırçasız Doğru Akım Makinasının rüzgar türbini uygulamalarında kullanımı sunulmuştur. Bu amaç için 5kW’lık 16 kutuplu Fırçasız D.A. Makinası ve iki bölge mikroişlemci destekli sürücü dizayn edilmiş ve gerçekleştirilmiştir. Sistemde yer alan kule, pervane ve direk tasarımları da yapılmıştır. Ayrıca laboratuvar

ortamında geniş hız aralıkları için Fırçasız D.A. makinasının generatör olma özelliği test edilmiştir.

Ayrıca laboratuvar ortamında yapılan testler neticesinde geliştirilen mikroişlemci destekli iki bölge sürücü ile birlikte çalıştırılan Çok Kutuplu Fırçasız D.A. Makinasının değişken hızlı rüzgar türbini uygulamalarında sistem yapısını basitleştirdiği ve denetim karmaşıklığını azalttığı görülmüştür. Fırçasız Doğru Akım Makinalarının bir diğer avantajı birim kütle başına ürettikleri gücün asenkron makinalara göre daha yüksek olmasıdır. Ayrıca Çok Kutuplu Fırçasız Doğru Akım Makinalarının tercih edilmesi durumunda bu özellik daha da belirgin hale gelmektedir. Bu özellikten dolayı eşdeğer güç değerleri için kütle ve boyutun önemli ölçüde azalması sonucu ortaya çıkmaktadır.

6. KAYNAKLAR

- [1] S.Çamur, B.Arifoğlu, M.Zeki Bilgin, T.Duru, “Değişken Hız-Sabit Frekans Yöntemi ile Rüzgar Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretimi Uygulaması”, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği 9.Ulusal Kongresi, Eylül 2001.
- [2] M.Uyar, M.Tunay Gencoğlu, S.Yıldırım, “Değişken Hızlı Rüzgar Türbinleri için Generatör Sistemleri”, Fırat Üniversitesi.
- [3] M.Ermiş, H.B.Ertan, E.Akpınar, F.Ülgüt, “Autonomous Wind Energy Conversion System, with a Simple Controller for Maximum Power Transfer”, IEE, Proceedings-B, Vol.139, No.5, September 1992, pp.421-428.
- [4] T.J.E. Miller, “Brushless Permanent-Magnet and Reluctance Motor Drives”, Oxford University Press, USA, 1989.