

RÜZGAR TÜRBİNLERİNİN KANAT AÇILARININ YAPAY SINIR AĞI TABANLI DENETİMİ

Zafer ÖZER¹

A. Serdar YILMAZ²

^{1,2} Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü
zaferozer@ksu.edu.tr

ABSTRACT

Bu çalışmada yapay sinir ağı ile rüzgar türbininin kanat açısı denetimi amaçlanmıştır. Rüzgar türbinlerinde kanat açısı denetimi (Kanatların kendi eksenleri etrafında açılıp kapanması) özellikle değişken hızlı türbinlerde en çok kullanılan ve verimli bir güç denetimi yöntemidir. Bu çalışmada Matlab/Simulink programı kullanılarak değişken hızlı bir rüzgar türbini modellendi ve çalışması incelendi. Sistemde kanat açısı denetleyici olarak kullanılan yapay sinir ağı denetleyicisi iki girişli ve tek çıkışlıdır ve gizli katmanında beş adet nöron vardır. Yapay sinir ağında geri yayılım algoritması kullanılmıştır.

1. GİRİŞ

Geleneksel enerji üretim merkezlerinde elektrik enerjisi üretimi ve uzak mesafelere yüksek gerilimde taşınması tarzına alternatif olarak, son yıllarda ortaya çıkan başka bir tarz ise yerel santrallerde ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak elektrik enerjisi üretmektir. Özellikle coğrafik şartlardan dolayı santrallerde üretilen enerjinin iletim hatları ile taşınmasının pahalı olduğu yerlerde, rüzgar, güneş enerjisi, jeotermal enerji gibi doğal kaynakları kullanarak elektrik üretmek çok ekonomiktir. [1]

Su, gaz veya buhar türbinleri ile tahrik edilen santrallerde üretilen enerji son kullanıcı talebine göre düzenlenebilir ve ayarlanabilir. Bunun aksine rüzgar türbinleri harici güce bağlıdır. Şebekeye verilen enerji rüzgar hızı, türbin kulesi etrafındaki elverişsiz hava akımları veya yük değişimlerinden ve şebeke zayıflamalarından etkilenir.

Rüzgar türbinlerinin sürekli geliştirilmelerinin amacı, sürekli artan çıkış güçleridir. Bundan birkaç yıl öncesine kadar rüzgar türbinlerinin çıkış güçleri 200 kW civarında idi. 1999 yılında çıkış gücü 600 kW'a ulaştı. Günümüzde 3 MW çıkış gücüne sahip türbin sistemleri, vardır. 5 MW lık türbinler üretilmeye başlanmıştır. Gelişmeler gösteriyor ki yakın gelecekte bu güç daha da artacaktır.[2]

Değişken hızlı rüzgar türbini generatörleri, sabit hızlı türbinlere oranla daha verimlidirler. Ancak, değişken hızlı makinelerin kutup gerilimleri ve frekansı, rüzgar salınımlarında etkilenir. Eğer sistemde uygun kontrol yöntemleri kullanılırsa, enerji kalitesi artırılabilir. Bu amaçla rüzgar türbininin çıkışı kontrol edilmelidir. Rüzgar generatörleri zayıf şebekelerde, gerilim, frekans ve güç salınımları oluşturur. Bu salınımları en aza indirmek için kanat açısı kontrolü, doğrultucu-evirici veya her ikisi de kullanılarak enerji kalitesi artırılabilir. Bu bildiriye kanat açısının kontrolünde yapay sinir ağı uygulaması sunulmaktadır.

2. AERODİNAMİK MODEL

Belirli bir alan içerisinde akan havanın (rüzgarın) kinetik enerjisinden üç kanatlı rüzgar türbini aracılığıyla dönen mile aktarılacak gücün eşitliği (1) de verilmektedir

$$P_w = \frac{1}{2} C_p(\lambda, \beta) \cdot \rho_{AIR} \cdot A_{ROTOR} \cdot v^3 \quad (1)$$

Burada ρ_{AIR} hava yoğunluğu (= 1.225 kg/m³), v rüzgar hızı (m/s), β türbin kanat açısı, A_{ROTOR} rotorun süpürdüğü alanı ve λ ise kanat uç-hız oranı, vermekte olup şu şekilde ifade edilmektedir

$$\lambda = \frac{\omega_t R}{v} \quad (2)$$

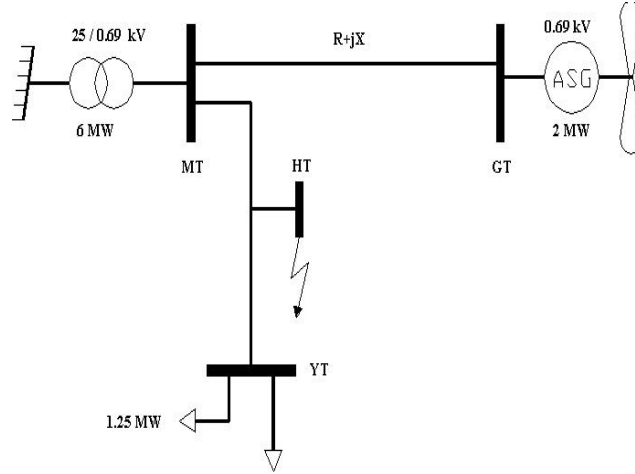
ω_t türbinin açısal dönüş hızıdır (rad/s). (1) ve (2) numaralı denklemlerde gösterildiği gibi, rüzgar türbininin güç katsayısı (C_p) uç-hız oranı ve kanat açısının bir fonksiyonudur ve buna bağlı olarak türbinin çalışma koşulları rüzgardan elde edilecek güç miktarını belirler. Rüzgar türbinlerinin genel karakteristikleri göz önüne alındığında, sabit kanat açılı bir türbinin güç katsayısı ile uç-hız oranı arasındaki ilişki aşağıdaki formülle ifade edilebilir:

$$C_p = A e^{-B(\lambda - C)^2} \quad (3)$$

Bu denklemde A maksimum güç katsayısını B eğrinin biçimini ve C ise türbinin maksimum güç noktasına karşılık gelen optimum uç-hız oranını ifade etmektedir.

3. ŞEBEYLE ÇALIŞAN RÜZGAR TÜRBİN SİSTEM

Matlab V6.5 ve SIMULINK programı kullanılarak sistem bilgisayar ortamında simule edilmiştir. Simülasyonlarda şekil 1 de ki yapı kullanılmıştır. Rüzgar türbini 6 MW lık şebekeye bağlı olarak çalışmaktadır. Generatörün nominal değerleri 2 MW ve 690 V tur. Generatörün statoru doğrudan şebekeye bağlıdır. Yükler YT barasına bağlı olup 1250 kW ve 750 kW gücündedirler. Türbine rüzgar girişi daha önceden bir dosyaya kayıtlı olan rüzgar hızlardır.



Şekil. 1. Örnek sistemin tek hat şeması.

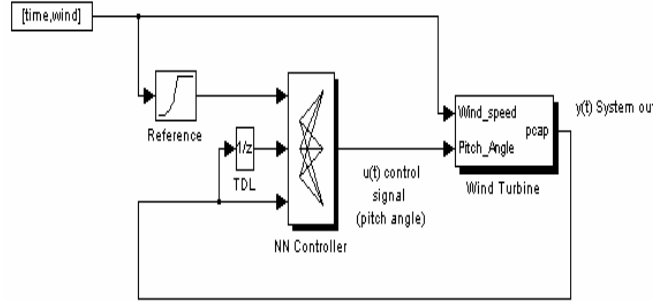
Referans bloğu Nordex firmasının N90 modeli rüzgar türbininin katalogunda yer alan ölçülmüş değerler göz önüne alınarak elde edilmiş bir bloktur. Değişik rüzgar hızlarında türbinin yakalayabileceği güçlere göre oluşturulmuştur. Bu tabloya göre rüzgar hızı 14 m/s oluncaya dek türbinin rüzgardan azami gücü elde edebilmesi için kanat açısı 0° olarak kalmaktadır. Rüzgar hızı 14 m/s yi aştıktan sonra yapay sinir ağı denetleyicisi türbinin çıkış gücünü nominal güçte sabitlemek için referans ile türbin çıkışını karşılaştırıp elde edilen hata ile referanstaki gücü yakalayabilmek için kanat açısını ayarlamaktadır.

4. YSA DENETLEYİCİSİ

a Denetleyici Mimarisi

Yapay sinir ağı denetleyicisi iki girişli, bir çıkışlıdır. Girişler denetlenen sistemin bir önceki çıkışı ve aynı sistemin iki önceki çıkışıdır. Denetleyici on-line olarak sürekli eğitilmekte ve sistemin denetimi için uygun açı

değerini çıkış olarak vermektedir. Denetleyici mimarisi Şekil 2 deki yapıda olup gizli katmanda beş adet nöron vardır. Gizli katmanda doğrusal olmayan aktivasyon fonksiyonu çıkış katmanında ise doğrusal aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Fonksiyon her giriş değerine karşılık bir çıkış üretmekte elde edilen çıkış ile referans değer karşılaştırılarak hata değeri bulunmaktadır. Ysa ya ait parametre güncelleme işlemi ise bu hata değerine göre gerçekleştirilmektedir.



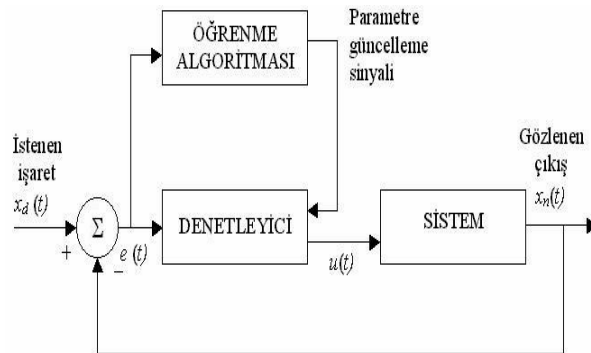
Şekil 2. Yapay sinir ağı denetleyicisi blok şeması

b. Kanat Açısı Denetimi

Kanat açısı denetimli rüzgar türbinlerinde uygun denetim yöntemleri kullanılarak, rüzgardan en verimli bir biçimde enerji elde edilebilir. Kanat açısı denetimi, pratikte yüksek rüzgar hızlarında rüzgar türbinini aşırı yüklenmelerden korumak amacıyla kullanılmaktadır. Bu yöntemle türbinin ürettiği moment etkin bir şekilde denetlenmektedir. Yaygın olarak kullanılan iki denetim yöntemi vardır, bunlar aktif ve pasif denetimdir. Pasif denetimde, rüzgar hızı belli bir hıza eriştiğinde, çıkış gücünü nominal değerde sabitlemek için, türbin kanat açısı değişir. Aktif kanat açısı denetiminde gerekli olan çıkış gücünü sağlamak için, ölçülen değerlere göre sürekli olarak değiştirilir. Bazı durumlarda, aşırı değişken rüzgar şartlarında aktif kanat açısı ayarının sistemi kararsız hale getirdiği gözlemlenmiştir. Kanat açısı denetimi moment veya güç hatasına göre çalışır. Bu denetim sinyali gerçek mil hızı ile istenen mil hızı arasındaki hata kullanılarak da elde edilebilir. [3]

c. Yapay Sinir Ağları ile Sistem Tanınması ve Denetimi

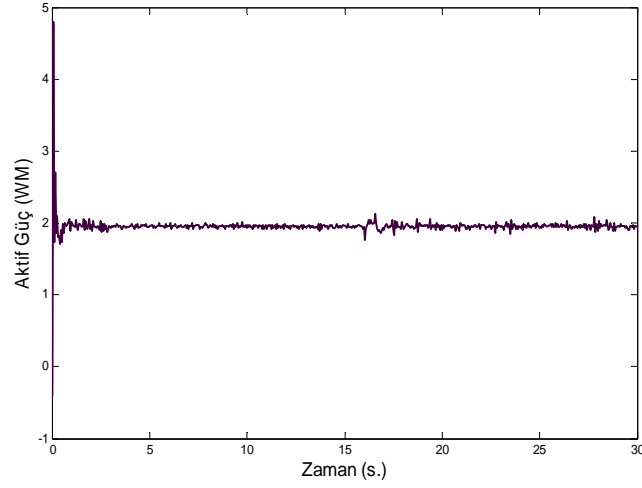
Sistem denetiminde şekil 3. de gösterilen yapı kullanılmaktadır. Sistem çıkışları ile istenen işaret arasındaki fark denetleyiciye uygulanır, denetleyicinin ürettiği çıkış ise sistemi izlenen işarete doğru zorlayacak şekilde hesaplanır. Bu döngü içerisinde, sistem çıkışının istenen işarete doğru zorlanması ise denetleyici parametrelerinin hata bilgisinin kullanımı ile güncellenmesi yoluyla gerçekleşir. Tanılama ve denetim problemlerinin ilk aşaması, öğrenme şeklinin eş zamanlı yada zamandan bağımsız olması durumlarında birine karar verilmesidir. Sistemin hangi girişlere cevaben hangi çıkışları ürettiğine dair herhangi bir bilgi yoksa ve uygulamam gerçek zamanda tanılamayı gerektiriyorsa her bir gözlem anında tanılayıcı ağ yapısı, gözlemlenen bir adet giriş/çıkış çifti için anlık hatanın minimizasyonuna dayalı çalışacaktır. Bu ise eş zamanlı öğrenme yaklaşımına denk düşmektedir.[4,5]



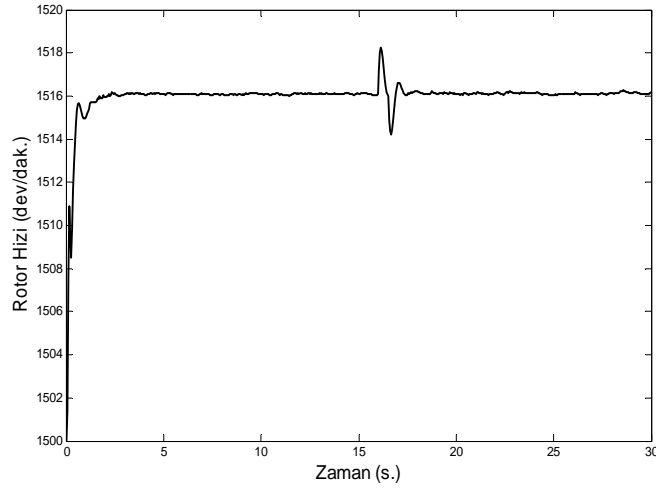
Şekil 3. Yapay sinir ağları ile oluşturulan bir denetleyici ve denetim sistemi.

5. SONUÇLAR

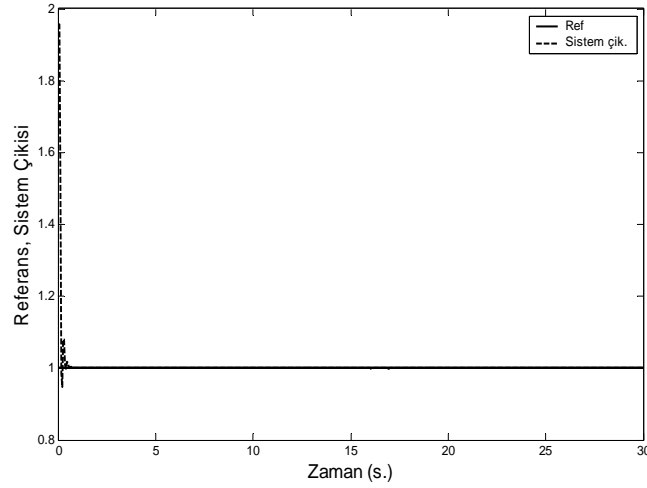
Simülasyonlarda 15 m/s rüzgar şartlarında üretilen aktif güç, rotor hızı, türbin için belirlenen referans mekanik güç ve türbin mekanik gücü incelenmiştir. Bu çalışmada yapay sinir ağı denetleyici ile rüzgar türbininin kanat açısı denetimi incelenmiştir. Şekil 7 de görüldüğü gibi yapay sinir ağı denetleyicili sistem kısa süre içerisinde referans işareti yakalamıştır. Rüzgar hızı sürekli değiştiğinden sistem çıkışı ile referans işaret arasındaki hata artmaktadır, fakat kabul edilebilir sınırlar içindedir.



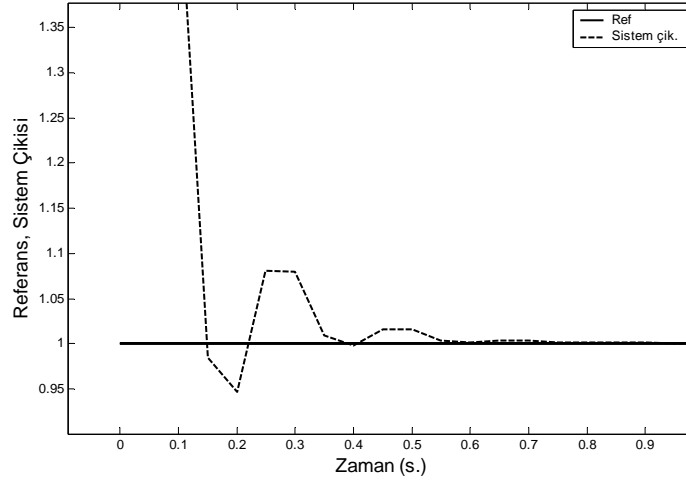
Şekil 4. 15 m/s rüzgar hızı durumunda aktif güç-zaman grafiği.



Şekil 5. 15 m/s rüzgar hızı durumunda generatör rotor hızı-zaman grafiği



Şekil 6. 15 m/s rüzgar hızı durumunda referans, sistem çıkışı grafiği



Şekil 7. 15 m/s rüzgar hızı durumunda referans ile sistem çıkışının geçici rejimdeki seyri

İncelenen sistemde yapay sinir ağı denetleyicisi rüzgar hızındaki değişiklikleri izlemekte ve referans değeri yakalamak için gerekli kanat açısını ayarlamaktadır. Bu yöntemle asenkron generatörde aktif güç denetimi yapılmaktadır. Yapay sinir ağı denetleyicisi üretici kataloğundan elde edilen rüzgar hızı güç karakteristiğine benzer referansa göre on-line olarak eğitilmektedir. Bu nedenle kullanılan yöntem değişik rüzgar hızlarında da başarılı olarak çalışabilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] ÖZER, Z. Rüzgar enerjisi dönüşüm sistemlerinde kullanılan generatörlerin denetimi, K.maraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. 2005.
- [2] Muller, S. and et al., Doubly Fed Induction Generator System For Wind Turbines IEEE Industry Applications Magazine, Vol 8, No 3, pp 26-33, May 2002.
- [3] Sharma H., and et al..Effect of Pitch Control and Power Conditioning on Power System Quality of Variable Speed Wind Turbine Generators. Murdoch University Energy Research Institute (MUERI), Murdoch University, WA.2001.
- [4] Karadeniz M. and et al, Adaptive neural network control of a DC motor, Proc. Of ELECO 2003.Bursa, Turkey.
- [5] EFE, M, Ö., Yapay Sinir Ağları ve Uygulamaları. Boğaziçi Üniversitesi, İSTANBUL,2000