

# PSCAD ile Rüzgar Enerjisi Sistem Tasarımı ve Kanat Açısı Kontrolünün Etkisi

## Wind Energy System Design with PSCAD and The Effect of Pitch Control

Erhan TUNCEL<sup>1</sup>, Emin YILDIRIZ<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye  
tuncelerhan81@gmail.com  
eminyildiriz@duzce.edu.tr

**Özetçe—** Son yıllarda ülkemizde de yoğun yatırım alan rüzgar enerji sistemlerinde değişken rüzgar hızlarında kararlı ve güvenli çalışma için akıllı kontrol sistemlerine gereksinim vardır. Büyük yatırımlar ile kurulan rüzgar enerji sistemlerinde bu kontrol sistemlerinin başarımı simülasyon programları ile test edilmektedir. Bu çalışmada PSCAD simülasyon programı ile oluşturulan 3 MVA gücündeki rüzgar enerji sisteminde, iki farklı rüzgar hızı için kanat açısı kontrol sisteminin genel sistem kararlılığı üzerindeki etkisi incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler—**Rüzgar enerjisi, kanat açısı kontrolü, PSCAD.

**Abstract—** Intelligent control systems are needed for stable and safe operation at variable wind speeds in wind energy systems that have been heavily invested in our country in recent years. The success of these control systems in wind energy systems established with large investments is tested by simulation programs. In this study, the influence of the pitch control system on the overall system stability for two different wind speeds in the 3 MVA power system created by the PSCAD simulation program is investigated.

**Keywords—**Wind energy, pitch control, PSCAD.

### I. GİRİŞ

Güç taleplerinin artmasıyla birlikte rüzgar enerjisi de yaygınlaşmaktadır ve güç sistemlerine rüzgar enerjisinden karşılanan enerji oranı giderek artmaktadır. TEİAŞ verilerine göre 2017'in ilk yarısı itibarıyla Türkiye'deki kurulu gücün %7.7'i rüzgar enerjisidir [1]. Rüzgar türbinleri, bağlı oldukları güç sisteminin dinamik davranışları üzerinde ciddi etkilere sahiptir [2]. Rüzgar enerjisi yaygınlaştıkça rüzgar türbinlerinin şebekede oluşan bir arızanın etkilerini sönmüleyebilmesi veya en azından kendi elektrik çıkış gücünü kontrol edebilmesi gerekmektedir. Rüzgar türbini; yüksek rüzgar hızlarında çıkış gücünü sınırlamak için, rotor kanatlarını hava akışının

kanat yüzeyinden ayrıldığı ve türbülanslı hale geldiği bir açı ile rüzgarı geçirir [3]. Rüzgar enerjisi sistemlerinde kanat açısı kontrolünün amacı rüzgar türbininin güç çıkışını optimize etmek, anma rüzgar hızının üzerindeki hızlarda üretilen gücü ve yükleri düzenlemek ve türbin mekanik bileşeninin yorulma yüklerini en aza indirmek olarak ifade edilebilir [4].

Rüzgar türbinlerinde kanat açısı kontrolüyle daha çok büyük güçlü sistemlerde karşılaşılsa da özellikle doğu Asya ülkelerinde küçük güçlü türbinlerde de kullanılmaktadır. Bahsedilen bölgelerde muson etkisiyle birlikte yüksek rüzgar hızları oluşabilmektedir. Bu nedenle sistemi kararlı halde tutmak için düşük güçlü rüzgar türbinlerinde de kanat açısı kontrolünün uygulandığı bilinmektedir [5].

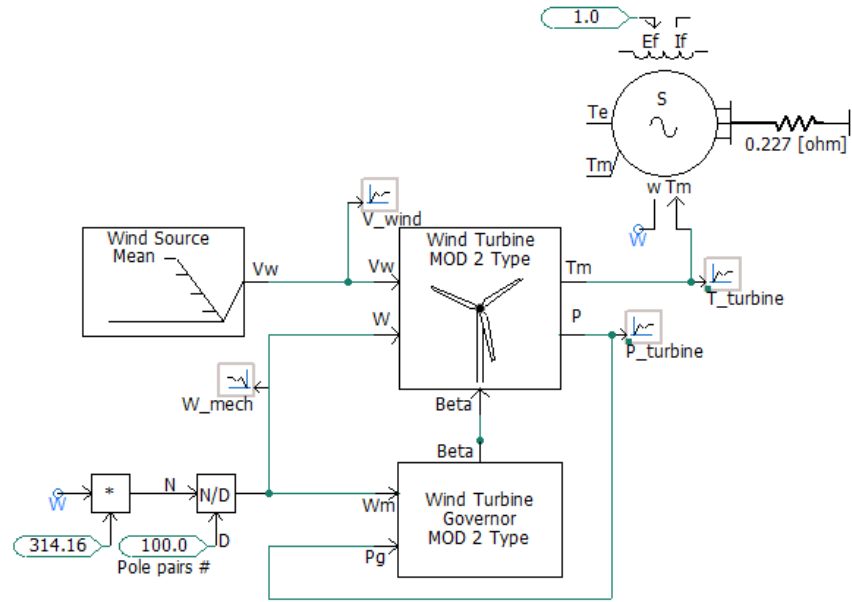
Kanat açısının kontrolü için rüzgar türbin sistemlerinde PI denetleyici [6], uyarlanabilir PID denetleyici [7], bulanık mantık [8,9] gibi kontrol yöntemleri kullanılabilir. Bu çalışmada PSCAD/EMTDC simülasyon programı ile oluşturulan bir rüzgar türbini modelinde kanat açısı kontrolü ile üretilen güce etkisi incelenmiştir. Akıllı kontrol sistemleri ile rüzgar gücünün daha kısa sürede kararlılığa ulaşması sağlanabilir.

### II. PSCAD/EMTDC İLE RÜZGAR TÜRBİN TASARIMI

Rüzgar enerjisi dönüşüm sisteminde rüzgarın kinetik enerjisinin bir bölümü kanatlar vasıtasıyla yakalanarak mekanik enerjiye dönüştürülür. Rüzgar hızına bağlı olarak maksimum güç üretmek için türbinin ne kadar bir hızda döneceği, çalışma hız aralıklarına ve rotor kanatlarına göre kontrol ünitesi tarafından kontrol edilir ve arıza durumunda sistem durdurulur. Türbinden maksimum gücü almak için türbin hızıyla birlikte rüzgarın yönüne bağlı olarak türbin başını çeviren yaw mekanizması ve kanat açısı kontrolü (pitch) büyük öneme sahiptir.

Pitch kontrolü, bıçakların içindeki darbe açısını değiştirerek hız ve yönün belirlenmesini sağlayan bir kontrol sistemidir. Rüzgâr hızı kesme hızından daha az olduğunda türbin dönmez ve türbin gücü sıfır olur ( $V_{cut-in}$

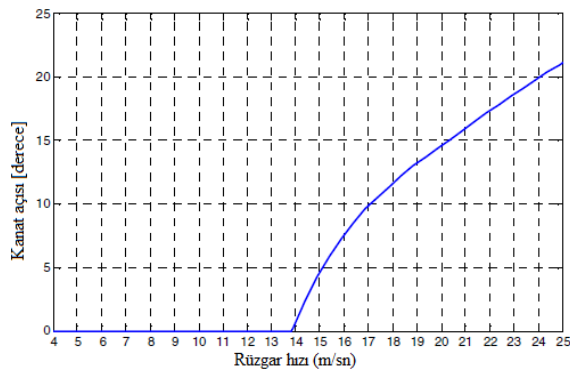
= 4m/s) Rüzgâr hızı kesme hızından daha fazla olduğunda türbin mekanik frenlerle durdurulur.



Şekil 1. Rüzgâr Türbininin Ana Bağlantı Şeması

Senkron generatör parametreleri	Kutup çifti sayısı	100
	Anma gerilimi	0.69 kV
	Anma akımı	1450 A
	Anma hızı	3.1416 rad/sn
	Anma Gücü	3 MVA
Türbin parametreleri	Rotor yarıçapı	46,2m
	Rotor süpürme alanı	6716 m <sup>2</sup>
	Hava yoğunluğu	1,225 kg/m <sup>3</sup>

Tablo I. Sistem tasarım parametreleri



Şekil 2. Rüzgar hızına göre genel kanat eğim açısının değişimi [4]

PSCAD/EMTDC programında çizilmiş rüzgâr enerji sisteminin ana bağlantı şeması Şekil 1'de gösterilmiştir. Sistemde kullanılan türbin ve generatörün özellikleri tablo 1'deki gibidir. Rüzgâr enerji sistem tasarımında dört ana bileşen bulunmaktadır. Bunlar rüzgar kaynağı, rüzgar türbini, rüzgar türbini yöneticisi ve senkron generatördür.

3 MVA gücündeki generatöre bağlı türbinin anma gücü, oluşacak kayıplar nedeniyle senkron makine gücünün %20 fazlası olarak belirlenmiştir.

Rüzgâr türbinindeki güç,

$$P = \frac{1}{2} \rho S W_s^3 C_p \quad (1)$$

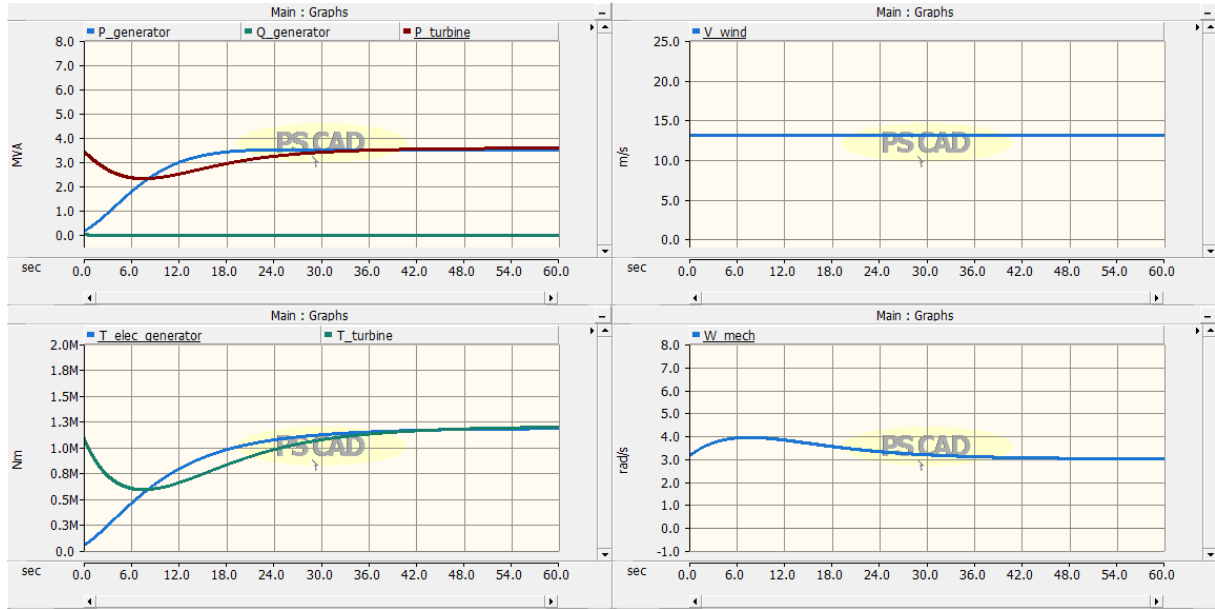
eşitliği ile ifade edilir. Burada;  $\rho$  hava yoğunluğu,  $W_s$  rüzgâr hızı,  $C_p$  güç katsayısıdır.  $C_p$ , rüzgâr hızına ve kanat açısına bağlı olarak rotor kanatlarının rüzgar yakalama performansını gösterir.

### III. SİMÜLASYON ÇIKTILARI

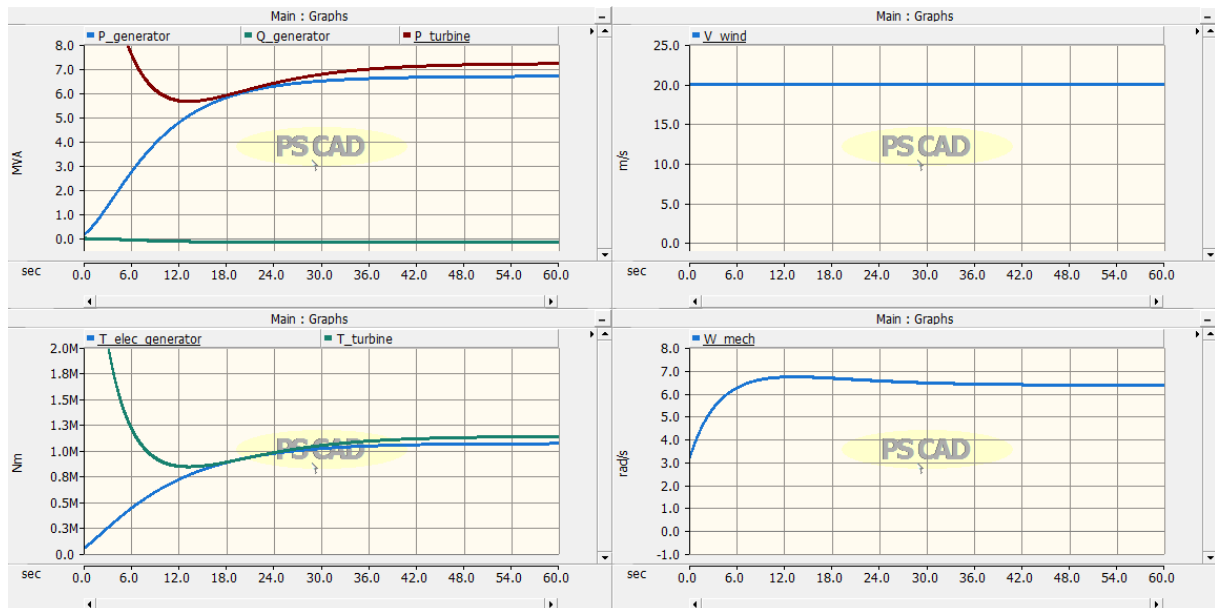
Düşük rüzgâr hızlarında kanat açısı kontrolü genelde çalışmaz. Şekil 2'de 1.5 MVA'lık bir generatör için rüzgâr hızına göre kanat açısı kontrolünün değişimine bir örnek görülmektedir. Simülasyonlar 50  $\mu$ s zaman adımlarında 60 sn boyunca gerçekleştirilmiştir. Şekil 3'de kanat açısı kontrolünün aktif olmadığı 13 m/sn rüzgâr hızında türbin ve generatör için; güç, hız ve momentin değişimi

görülmektedir. Sistem yaklaşık 30 sn'de kararlı duruma ulaşmaktadır. 20 m/sn rüzgâr hızında kanat aç kontrolü olmadığı durumda, 60 sn'lik analiz sürecinde sistem kararlı duruma ulaşmamaktadır ve generatör gücü yaklaşık 6.8 MVA değerine ulaşarak oldukça büyük değerlere çıkmaktadır. Bu hem türbin hem de generatör için oldukça tehlikelidir. Bu anda türbinin mekanik anma hızı da iki katına çıkmaktadır (Şekil 4). Sistemin bu şartlarda çalıştırılması mümkün değildir.

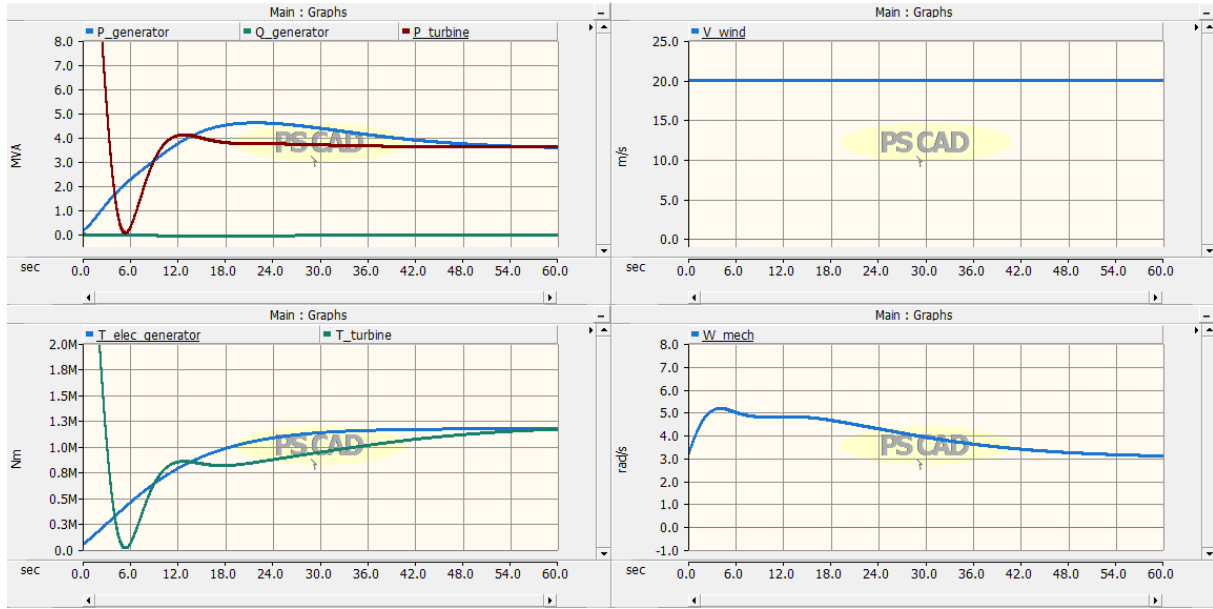
20 m/sn rüzgâr hızı için kanat aç kontrolü yapıldığında ise Şekil 5'de görüldüğü gibi yaklaşık 48 sn'de sistem kararlı duruma ulaşmaktadır. Kararlı durum incelemesinde türbin hızının tekrar 3.2 rad/sn civarlarına indiği ve generatörde üretilen gücün de 3.6 MVA'a düştüğü görülmektedir.



Şekil 3. 13 m/s Sabit Rüzgâr Hızında Analiz Sonuçları



Şekil 4. 20 m/s Sabit Rüzgâr Hızında Analiz Sonuçları (Pitch Kontrolü devre dışı)



Şekil 5. 20 m/s Sabit Rüzgâr Hızında Analiz Sonuçları (Pitch Kontrolü etkin)

#### IV. SONUÇ

Rüzgâr enerji sistemlerinde rüzgâr hızına bağlı olarak kanat açısı kontrolü, hem mekaniksel hem de elektriksel olarak tehlikeli doğurabilecek sonuçları kısa sürede önleyebilmektedir. Sonraki çalışmalarda kanat açısı kontrol yöntemlerinin başarımı karşılaştırılabilir.

#### YAZAR KATKILARI

Bu çalışmada; *birinci yazar* çalışmanın sorumlu yazarı olup PSCAD/EMTDC programında gerekli sistem kurulumunu ve analizleri yapmıştır. *İkinci yazar* literatür taraması ile birlikte, rüzgâr enerji sisteminin simülasyonu için gerekli ekipman özelliklerinin belirlenmesinde ve analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde görev almıştır.

#### KAYNAKÇA

- [1] [http://www.emo.org.tr/genel/bizden\\_detay.php?kod=88369#.WVP\\_KOvyjIU](http://www.emo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=88369#.WVP_KOvyjIU)
- [2] Hagström E, Norheim I, Uhlen K. Large-scale wind power integration in Norway and impact on damping in the Nordic grid. Wind Energy 2005;8(3):375–84.

- [3] Hau, E. Windturbines. Publisher: Springer, ISSN/ISBN: 3-540-57064-0.
- [4] Jianzhong Zhang, Ming Cheng, Zhe Chen, Xiaofan Fu. Pitch Angle Control for Variable Speed Wind Turbines.
- [5] Baku M. Nagai 1, Kazumasa Ameku, Jitendro Nath Roy. Performance of a 3 kW wind turbine generator with variable pitch control system
- [6] Sasmita Behera, Bidyadhar Subudhi, Bibhuti Bhusan Pati. Design of PI Controller in Pitch Control of Wind Turbine: A Comparison of PSO and PS Algorithm.
- [7] R. Vijay, Aditya Kumar Sethi. Pitch Control of Horizontal Axis Wind Turbine: Department of Electrical Engineering National Institute of Technology,
- [8] Ahmed Lasheen, Abdel Latif Elshafei. Wind-turbine collective-pitch control via a fuzzy predictive algorithm: Renewable Energy. 2016.
- [9] Behzad Bahraminejad, Mohammad Reza Iranpour, Ehsan Esfandiari. Pitch Control of Wind Turbines Using IT2FL Controller Versus T1FL Controller: International Journal of Renewable Energy Research-IJRER, 2014.