

ZIT DEVİNİMLİ ROTORLAR İÇEREN YEL TÜRBİNLERİNİN VERİME VE GÜÇ KALİTESİNE ETKİSİ

Emin Yıldırım¹ ve Güven Önbilgin²

¹Cumhuriyet Üniversitesi Sivas Meslek Yüksekokulu
58140 SİVAS
eyildiriz@cumhuriyet.edu.tr

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü 55139 SAMSUN
gonbilgi@omu.edu.tr

Özet

Enerji kaynaklarının azalmasına karşın istemin her geçen gün artması, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimi ve enerji verimliliğine verilen önemi arttırmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında yel enerjisi en çok yatırım yapılan enerji kaynağıdır. Ancak yel türbinlerinin verimliliği çok iyi değildir. Türbin verimliliğini arttırmak için zıt devinimli olarak çalışan türbinler kullanılabilir. Böylece aynı ölçüdeki türbinden daha fazla enerji sağlanabilir. Zıt devinimli rotorlar generatöre doğrudan bağlanabileceği gibi, bir episilik dişli ile de bağlanabilir. Yel türbinlerinde en çok asenkron generatörler kullanılır. Çift beslemeli asenkron generatörün rotor bileziklerine bağlanan eviricinin genlik ve sıklığı denetlenerek, generatörün çıkış geriliminin genliği ve sıklığı değişmez tutulabilir. Bu çalışmada zıt devinimli rotorları olan bir yel türbininin verimi ve çift beslemeli bir asenkron generatörün (ÇBAG) çıkışındaki gerilim ve sıklığın mil hızı ve yük değişimlerine karşın değişmez olarak tutulması incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yel Türbini, Zıt Devinimli çalışma, Çift beslemeli Asenkron Generatör.

Abstract

Despite a decrease in energy resources, the increase in demand enhances the importance of renewable energy sources and energy efficiency. Wind energy is the most invested type of renewable energy sources. But the efficiency of the wind turbine is not very good. To increase the efficiency of the turbine, counter-rotating rotors can be used. Thus, more energy can be generated with the same-sized turbines. Counter-rotating rotors, can be connected directly to the generator or through an epicyclic gear box. Induction generators are the most widely employed generators in wind turbines. The amplitude of generator's voltage and frequency can be kept constant by controlling the inverter voltage and frequency. The inverter is connected to the slip rings

of a doubly fed induction generator(DFIG). In this study, the efficiency of counter rotating wind turbine efficiency is assessed and the means to keep the amplitude and frequency at the DFIG's output voltage is discussed.

1. Giriş

Günümüzde en gözde yenilenebilir enerji kaynaklarının başında güneş, ve yel enerjisi gelmektedir. Yel enerjisinde, tek bir rotordan çıkartılabilecek kuramsal güç, en çok %59.3'tür. Uygulamada bu verim genelde yaklaşık olarak %30 dur. Aynı rotor boyutundan daha çok güç üretebilmek ya da aynı güç için daha küçük rotor çözümleri kullanabilmek için, zıt devinimli rotorlar kullanılmaktadır. Zıt devinim, türbinin tek bir yanında bulunan ve aynı yönde devinim yapan iki rotordan ya da zıt yönde devinim yapan iki rotordan oluşabileceği gibi, türbinin iki tarafında birer adet bulunan aynı yönde devinim yapan iki rotordan veya zıt yönde devinim yapan iki rotordan oluşabilir. Böylece kuramsal olarak % 80'in, uygulamada da da %50'nin üzerine çıkan verimler elde edilir. Ardı ardına dizili (Tandem) yel rotorları ile etkin yel hızı değişmez tutulabilir. Böylece güç kalitesi artırılır. Bir başka zıt devinimli çalışma olarak, zıt yönde dönen yel rotorları episiklik dişli dizgesi ile generatör miline bağlanabilir.

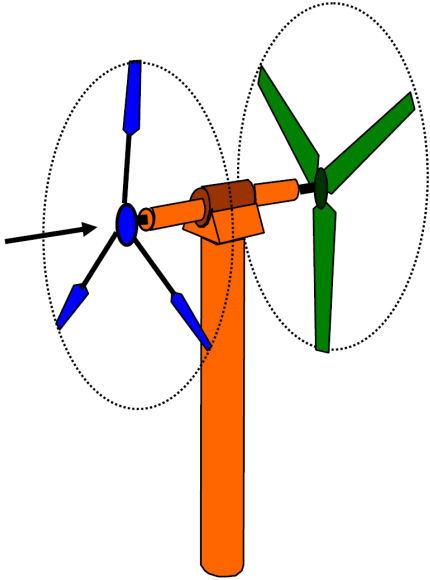
Yel türbinlerinde en çok kullanılan generatör tipi asenkron generatördür. Yapısının sağlam ve ucuz olması, az bakım gerektirmesi başlıca üstünlükleridir. Ancak yüke bağlı olarak çıkış geriliminin genliğinin ve sıklığının değişmesi enerji kalitesini olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle, değişmez genlik ve sıklık sağlayan denetimli çift beslemeli asenkron generatörler yeğlenir.

2. Zıt Devinim Kuramı

Zıt devinimli öğeler, deniz araçları itki dizgeleri, yel türbinleri, akıntı türbinleri, helikopter ve uçaklarda

akış deviniminin verimliliğini arttırmak için kullanılmaktadır.

Yel türbinlerinde tek bir rotordan elde edilebilecek kuramsal verim %59,3'tür. Buna Betz sınırı denir. Ancak uygulamada bu verime ulaşamaz. Çoklu disk kuranı ile kuramsal verim %66,7'e, rotor iç boşluklarının uygun oranda kaldırılmasıyla %81,4'e ve uygulamadaki verim ise %50'in üzerine çıkartılabilmektedir. Birbirine zıt yönde dönen iki rotordan oluşan bu dizgede, ana rotorun ölü bölge olarak adlandırılan iç kısmı çıkartılıp bu bölgeden yararlanılan, genelde ana rotordan daha küçük boyutta bir yardımcı rotor kullanılır. Böylece yelden daha etkin bir şekilde enerji üretimi sağlanır. Verim, rotorların çap oranlarına, rotorlar arasındaki uzaklığa ve ana rotorun iç boşluğuna bağlıdır. Şekil 1'de zıt devimli rotorlar ile bir yel türbini görülmektedir [1,2].



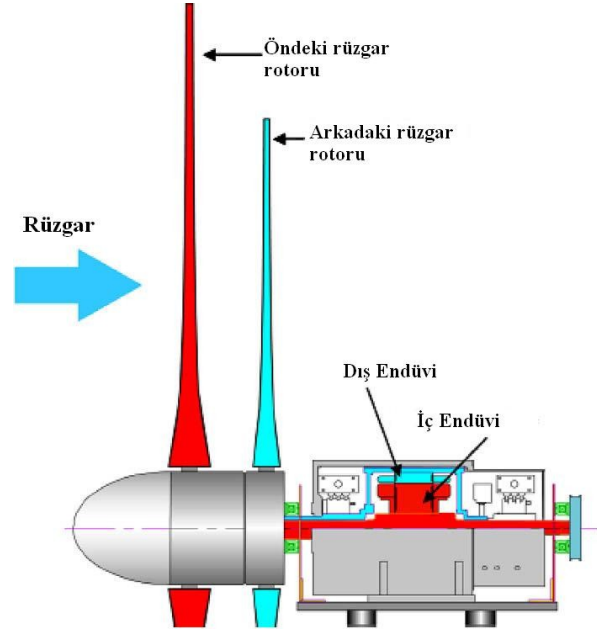
Şekil 1: Zıt devimli rotorlar ile bir yel türbini yapısı

3. Çift Beslemeli Asenkron Generatör

Sağlamlığı, ucuz olması, DA uyarım devresi gerektirmemesi, aşırı yüklere ve kısa devrelere karşı kendiliğinden koruma göstermesi, geniş bir hız aralığında çalışabilir olması yel türbinlerinde asenkron generatörün kullanımını arttırmıştır. Fakat bu generatörlerde çıkış geriliminin ve frekansının yükte değişmesi güç kalitesini olumsuz olarak etkiler. Bu nedenle asenkron generatörler güç elektroniği dönüştürücüleri ve denetleyiciler ile birlikte kullanılır. Asenkron generatörün enerji üretebilmesi için tepkin güce gereksinimi vardır. Şebekeye bağlı uygulamalarda bu güç şebekeden sağlanırken, şebekeden bağımsız türlerde sığaç grupları kullanılır. Zıt devimli rotordardan biri iç endüviye diğeri de dış endüviye bağlanabileceği gibi episikik dişli dizgesi ile iki devinim birleştirilerek generatör miline

aktarılabilir. [2]. Şekil 2'de zıt devimli rotorlar ile asenkron generatörün dişli kutusuz bağlantısı görülmektedir. Ön ve arkadaki yel rotorları sırasıyla iç ve dış endüvilere doğrudan bağlanmıştır [3].

Dişli kutusuz generatörlerde kutup sayısı artırılmalıdır. Ancak; asenkron generatörlerin çok kutuplu olarak dişli kutusuz yel türbinlerinde kullanılması uygun değildir. Çünkü çok kutuplu bir asenkron generatörde mıknatıslanma endüktansı oldukça küçüktür [4]. Bu durum da generatör veriminin düşük olmasına neden olur.



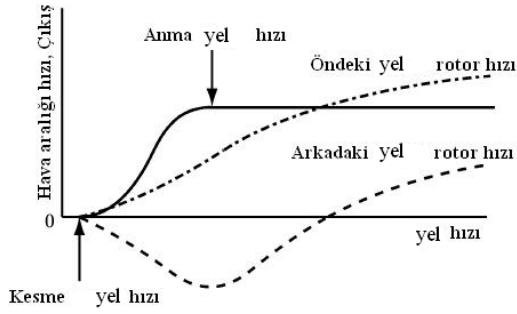
Şekil 2: Zıt devimli rotorlar ile çift beslemeli Asenkron Generatör

4. Üretilen Gerilim Genliği ve Sıklığının Denetimi

Şekil 2'deki gibi 'Tandem' yel rotorları doğrudan asenkron generatörlerin iç ve dış rotor millerine bağlandığında, her iki yel rotoru da kesme yel hızı olarak tanımlanan düşük yel hızında dönmeye başlar. Ama arkadaki yel rotoru, öndeki yel rotoruna göre zıt yönde döner. Yel hızının artması, her iki dönüş hızını da artırır ve arkadaki yel rotorunun dönüş hızı, boyutunun daha küçük olması nedeniyle, öndeki yel rotorunun dönüş hızından daha fazla olmaya başlar. Arkadaki yel rotoru anma yel hızında olabilecek en büyük dönüş hızına ulaşır. Yel hızının daha da artmasıyla, arka yel rotoru giderek yavaşlar ve öndeki yel rotoruyla aynı yönde dönmeye başlar. Bu çalışma koşulları, anma çalışmasında geleneksel fren ve/ya eğim denetim düzenekleri olmadan, üretilen gerilimin sıklığını değişmez tutarak güç kalitesini sağlayabilir [6].

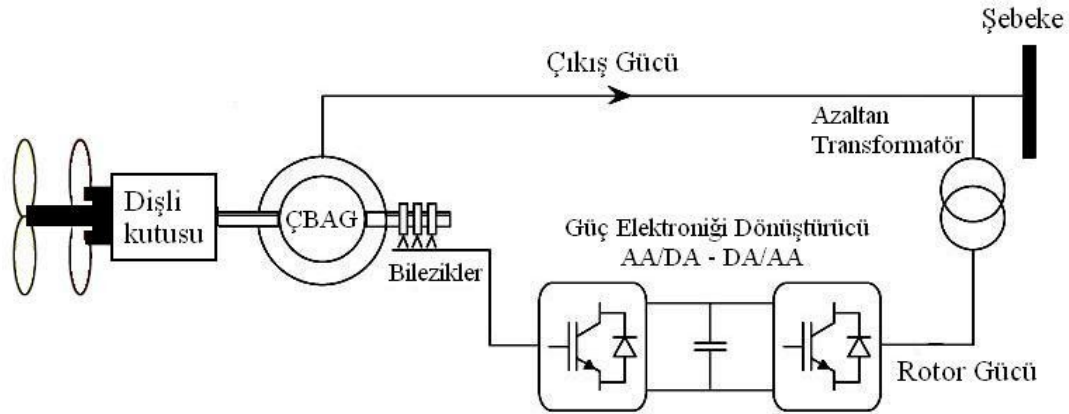
[6] da belirtildiği gibi, yel rotorları generatörün hava aralığı hızını değişmez tutacak şekilde tasarlanabilir. Yel rotorları hava aralığı hızının dönme momenti ile

çarpımını değişmez tutacak şekilde tasarlandığında ise çıkış gücü değişmez tutulabilir (Şekil 3).



Şekil 3: 'Tandem' rotorlar ile zıt devinimli çalışma

Güç kalitesini arttırmak için yapılabilecek bir başka çalışmada, zıt devinimli rotorlar bir episilik dişli kutusu ile asenkron generatörün miline bağlanabilir. Şekil 4'te görüldüğü gibi asenkron generatörün rotoruna uygulanan güç, evirici ile denetlenmektedir. Eviricinin çıkış gerilimi ve frekansı ile asenkron generatörün çıkış gücünün kalitesi artırılabilir. Frekansı 60 Hz olan 8 kutuplu, 1,2 kW gücünde bir asenkron generatörün çıkışına yük bağlandığında, çıkış gerilimini 200 V'da sabit tutmak için eviricinin frekans ve geriliminin yükde değişimi Şekil 5'de verilmiştir [7].



Şekil 4: Zıt devinimli, Dişli Kutulu, Çift Beslemeli Asenkron Generatörlü Yel Türbin Dizgesi

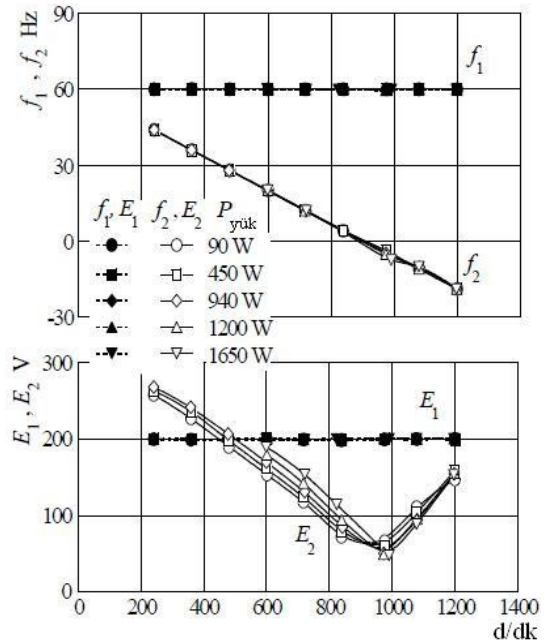
Burada E_1 ve f_1 generatörün çıkış gerilim ve sıklığı, E_2 ve f_2 rotor uçlarına bağlanan eviricinin gerilim ve sıklığıdır. Yüklenmeye bağlı olarak oluşan sıklık değişimi çok az olurken, gerilimdeki değişim biraz daha fazladır.

Generatörün mil hızı senkron hızın üzerine çıktığında; f_2 sıklığı, magnetik alanın dönüş yönünün değişmesi nedeniyle yükten bağımsız olarak eksi olur.

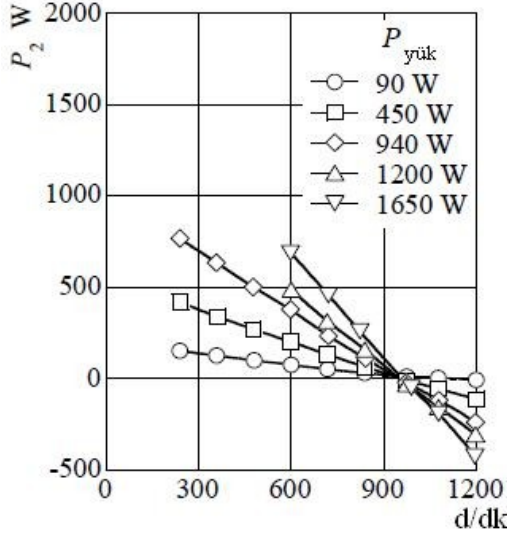
E_2 gerilimi, dönüş hızından ve yük değişimlerinden etkilenir. Dönüş hızı senkron hızın üzerine çıktığında rotor gücü eksi olur. Bu durumda generatörün net çıkış gücü;

$$P = P_1 - P_2 \quad (1)$$

Burada P_1 stator gücü, P_2 rotor gücüdür. Şekil 6'da, rotor gücünün yük ile ve mil hızıyla değişimi görülmektedir [7].



Şekil 5: Yüke bağlı olarak evirici gerilim ve sıklığının değişimi



Şekil 6: Mil hızına bağlı olarak rotor gücünün değişimi

5. Sonuç

Yel türbinlerinde en yüksek kuramsal verim %59,3'tür. En iyi koşullarda modern yel türbinleri, bu verimin ancak 3/4'ünü kullanılır enerjiye dönüştürebilir. Generatör ve dişli kutusu ise bu enerjinin yaklaşık 2/3'ünü elektrik enerjisine dönüştürebilir. Dolayısıyla günümüzdeki yel türbinlerinin toplam verimi yaklaşık olarak;

$$\eta = \%59,3 \times \frac{3}{4} \times \frac{2}{3} = \%29,7 \text{ dir.} \quad (2)$$

Zıt devinimli rotorları olan bir yel türbin dizgesinde ise verim;

$$\eta = \%81,4 \times \frac{3}{4} \times \frac{2}{3} = \%40,7 \text{ dir} \quad (3)$$

Zıt devinimli çalışma, yel türbinin verimini önemli ölçüde arttırmaktadır. 'Tandem' yel rotorları kullanıldığında, uygun yel rotorları ile anma hızı ve/veya çıkış gücü değişmez tutulabilir. Böylece güç kalitesi sağlanabilir. Ancak böyle bir durumda asenkron generatörün hem iç hem de dış rotorları devinimli olacağından dış endüviden çıkış gücünün alınabilmesi için bilezik kullanmak gerekir. Ayrıca, iç ve dış rotorlardaki momentler eşit olmazsa tepkin moment oluşur. Bu da bağlantı noktalarında stresler oluşturur.

Episiklik yada konik dişli dizgeleri ile zıt devinimli rotorların devinimleri birleştirilerek sağlanan dizgede,

asenكرون generatörün rotor bileziklerine bağlanan eviricinin gerilim genliği ve sıklığı denetlenerek yük ve/veya yel hız değişimlerinde, çıkış gücünün gerilim genliği ve sıklığı değişmez tutulabilir. Böylece yel türbininin verimi artırılırken türbin çıkışında gerilimin genliği ve sıklığı değişmez tutularak enerji kalitesi sağlanabilir.

6. Kaynaklar

- [1] C. Chantharasenawong, B. Suwantragul, A. Ruangwiset. "Axial Momentum Theory for Turbines with Co-axial Counter Rotating Rotors." *Commemorative International Conference of the Occasion of the 4th Cycle Anniversary of KMUTT Sustainable Development to Save the Earth: Technologies and Strategies Vision 2050: (SDSE2008)*.
- [2] S-N Jung, T-S No, K-W Ryu. "Aerodynamic performance prediction of a 30 kW counter-rotating wind turbine system". *Renewable Energy* 2005; 30(5): 631e44.
- [3] T. Kanemoto. "Dream of marine-topia: New technologies to utilize effectively renewable energies at offshore". *The Proceeding of the International Renewable Energy Conference and Exhibition 2008 (RE2008)*, pp: 4-8, vol:10.
- [4] O. Copçuoğlu, G. Önbilgin. "Yel Enerji Dönüşüm Sistemleri için Uygun Generatör Türlerinin Değerlendirilmesi".
- [5] J. Clarke, G. Connor, A. Grant, C. Johnstone, S. O. Sanchez. "Contra-rotating marine current turbines: Single point tethered floating system-stability and performance", *Proceedings of the 8th European Wave and Tidal Energy Conference.2009*.
- [6] T. Kanemoto, A.M. Galal. "Development Of Intelligent Wind Turbine Generator With Tandem Wind Rotors And Double Rotational Armatures (first report)", *JSME Int. J. B* 49 (2), 450-45, 2006.
- [7] T. Kanemoto, T. Suzuki, "Counter Rotating Type Hydroelectric Unit Suitable For Tidal Power Station", *25th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems*, Sci 12012111, 2010.