

RÜZGAR ENERJİ SİSTEMLERİNDE HARMONİKLERİN AZALTILMASI

İsmail H. ALTAŞ¹, Onur Ö. MENGİ²

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
61080 TRABZON

²Giresun Üniversitesi
Giresun Meslek Yüksekokulu
28200 GİRESUN

ihaltas@ktu.edu.tr ; onurmengi@yahoo.com

Özet

Enerji üretim sistemlerinde elde edilen enerjinin kaliteli olması için harmonik içermemesi yada standartlar dahilinde harmoniklere sahip olması istenir. Rüzgar türbinleri gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretilirken yüklerin sürekli olarak değişmesi ve ortam koşullarındaki değişimler nedeniyle elde edilen enerjide harmonikler oluşmakta ve bu harmonikler de yükler üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Rüzgar/Akü grubu orta ölçekli yükleri beslemekte ve rüzgarın olmadığı durumda aküler devreye girerek yükün enerjisiz kalmasını engellemektedir. Kurulan sistemde AC/DC ve DC/AC çeviriciler kullanılmış ve güç denkleştirme ile enerjinin verimli kullanılması için kontrol edilmiştir. Tüm sistemin rüzgar türbini, elektriksel yükler, AC/DC ve DC/AC çeviriciler ve kontrol yapıları ile dinamik çevrim işlemleri gibi bileşenleri, MATLAB/ Simulink ortamında modellenmiş ve bu model, yük ile rüzgar seviyesi değişimleri altında tam olarak doğrulanmıştır. Ayrıca yükler üzerindeki gerilimin dalga şeklini düzeltmek ve harmonikleri azaltmak için filtreler kullanılmış ve bu filtrelerin etkinlikleri grafiksel olarak gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Rüzgar Türbini, Yenilenebilir Enerji Kaynağı, Harmonik

Abstract

The quality of the power transmitted from generating units to the loads through transmission and distribution lines is an important issue to be handled. Especially the renewable energy sources, such as wind and photovoltaic (PV), are associated with power electronics converters that are the source of harmonics in the system. Since the generated voltage by these sources is not pure sine wave, they cause the loads to generate harmonics that must be eliminated for loss reduction and power quality. For the continuity of supplying power to the loads, the wind/PV combination requires backup batteries, which are interfaced with wind and PV over a DC bus bar. Therefore DC/AC power converters are required to transfer the collected DC power to the AC utility. By applying proper control strategies, the interfacing inverter is controlled to reduce the harmonics and to compensate the power transferred to the load. The whole system components like wind turbine, electrical loads, AC/DC and DC/AC converters, the control structures and the dynamic loop operations are modeled in MATLAB/Simulink.

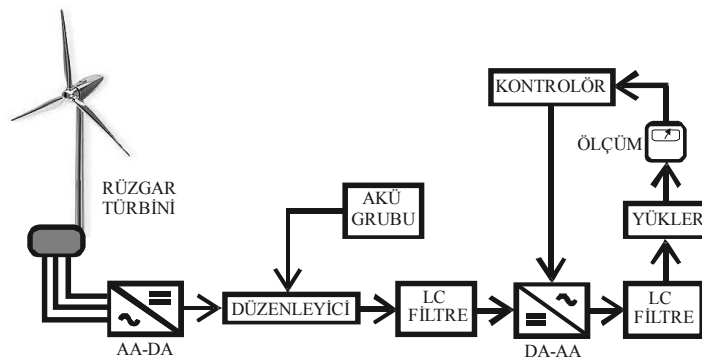
Keywords: Wind Turbine, Renewable Energy Source, Harmonic

1. GİRİŞ

Dünyadaki enerji krizi ve fiyatlardaki yükselme, mevcut enerji kaynaklarına alternatif kaynaklar araştırmayı ve geliştirmeyi bir zorunluluk haline getirmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları sürekliliği olan ve hiç bitmeyecekleri varsayılan kaynaklardır. Özellikle çevre kirliliği ile ilgili problemler ve petrol yataklarının kısa bir süre sonra tükenecek olmasının verdiği endişe insanları yenilenebilir enerji kaynaklarına yönlendirmektedir. Bu kaynaklarla ilgili projeler daha fazla destek bulmakta ve yapılan araştırmalar da hızla artmaktadır.

Dünyadaki petrol rezervleri 40 yıl, doğalgaz rezervlerinin 67 yıl ve kömür rezervlerinin 227 yıl sonra tüeneceği tahmin edilmektedir. Dünya elektrik enerjisi üretiminin yaklaşık olarak % 64.5'i fosil yakıtları (% 38.7 kömür, % 18.3 doğal gaz, % 7.5 petrol), % 7'si nükleer enerji, % 16.5'i hidrolik enerji ve % 13'ü diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından gerçekleşmektedir. Bu rakamlar yenilenebilir enerji kaynaklarının bundan sonra çok daha önemli olacağını ve bu alana yapılacak yatırımların hızla artacağını göstermektedir [1].

Bu kaynakların en önemlilerinden bir tanesi rüzgar enerjisidir. Rüzgar enerjisi yaygın olarak kullanılan bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Rüzgar vasıtasıyla elde edilen hareket ile dönen pervanenin bağlı bulunduğu mili çevirmesi ile elektrik enerjisi elde edilir. Elde edilen bu enerjinin gerilim ve frekans değerlerinin ayarlanması gerekmektedir. Bu aşamada güç elektroniği düzenekleri ve denetleyiciler devreye girer. Güç elektroniği çeviricileri vasıtasıyla elde edilen enerji önce doğru gerilime sonra da tekrar alternatif gerilime çevrilebilir yada kıyılabilir. Uygun denetleyiciler kullanılarak da gerilimi ve frekansı istenen düzeye ayarlanabilir [2-4].



Şekil 1. Sistemin ana yapısı.

Şekil 1'de sistemin yapısı görülmektedir. Burada rüzgar türbininden elde edilen enerji bir AA-DA çeviricisiyle doğru gerilime çevrildikten sonra LC filtresinden geçirilmekte daha

sonra kontrollü bir evirici vasıtasıyla da tekrar alternatif gerilime dönüştürülmektedir. Bu işlem sırasında gerilimin genliği ve frekansı ayarlanmaktadır. Evirici çıkışında yeni bir LC filtreden geçirilen gerilim ile yükler beslenmektedir. Burada denetleyici olarak PI denetleyici kullanılmakta ve gerilimin etkin değeri 380 V değerine ayarlanırken frekansı da 50 Hz'de sabit tutulmaktadır. Rüzgarın olmadığı yada yeterli olmadığı durumda akü grubu devreye girerek yüklerin talep ettiği enerjiyi sağlamaktadır. Bu işlem düzenleyici tarafından gerçekleştirilmektedir.

Rüzgar hızındaki değişimler nedeniyle evirici girişinde farklı genliklere sahip bir DA gerilimi oluşsa da, yapılan denetim ve uygun filtrelerin kullanılması sonucu evirici çıkış geriliminin etkin değeri 380 V'da, frekansı da 50 Hz'de sabit tutulabilmektedir. Ayrıca oluşan harmonik etkiler de kullanılan filtreler ile önemli ölçüde azaltılabilmektedir.

2. RÜZGAR TÜRBİNİN YAPISI

Rüzgar türbinleri; türbinin kule üstündeki kafa kısmı, kanatlar, kanatların bağlantı noktası, düşük hız şaftı, dişli kutusu, mekanik frenli yüksek hız şaftı, elektrik jeneratörü, rota mekanizması, elektronik kontrolcü, hidrolik sistemi, serinletme birimi, kule, anemometre ve rüzgar fırıldağı bileşenlerinden oluşur. Rüzgardan elde edilen mekanik enerji elektrik enerjisine çevrilir. Elde edilen enerjiyi kullanabilmek için gerilim ve frekans ayarı yapılır.

Rüzgar türbin modeli türbinin sürekli durum güç karakteristikleri temel alınarak geliştirilmektedir. Rüzgar türbininin ürettiği mekanik güç, Denklem (1)'deki gibidir.

$$P_m = \frac{1}{2} C_p(\lambda, \beta) \rho A v^3 \quad (1)$$

Burada; P_m türbinin mekanik çıkış gücünü (W), C_p performans katsayısını, λ pitch açısını (derece), β tepe hız oranını, ρ hava yoğunluğunu (kg/m^3), A rotor süpürme alanını (m^2) ve v rüzgar hızını (m/s) göstermektedir. $C_p(\lambda, \beta)$ ifadesi ise Denklem (2) ve (3) kullanılarak hesaplanmaktadır [2].

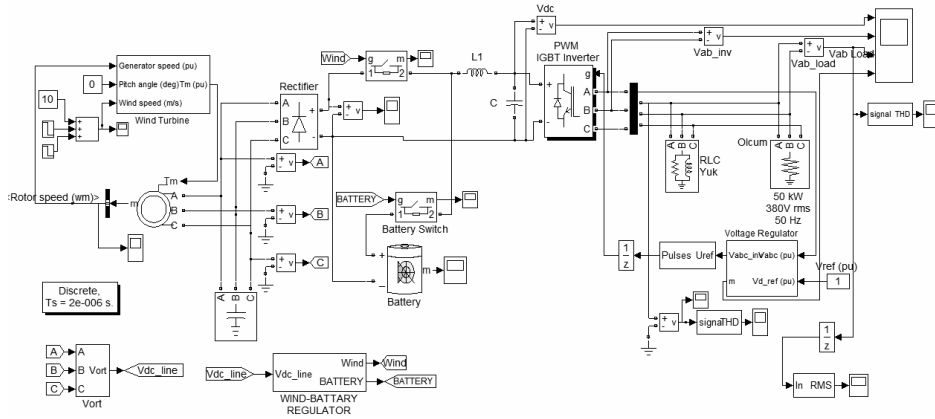
$$C_p(\lambda, \beta) = C_1 \left(\frac{C_2}{\lambda_1} - C_3 \beta - C_4 \right) e^{\frac{C_5}{\lambda_1}} + C_6 \lambda \quad (2)$$

$$\frac{1}{\lambda_1} = \frac{1}{\lambda + 0,08\beta} - \frac{0,035}{\beta^3 + 1} \quad (3)$$

Kullanılan değerler; $C_1=0.5176$, $C_2=116$, $C_3=0.4$, $C_4=5$, $C_5=21$ ve $C_6=0.0068$ 'dir. β değeri ise 0 alınmaktadır. Fakat bu değer istenirse değiştirilebilir [2-5].

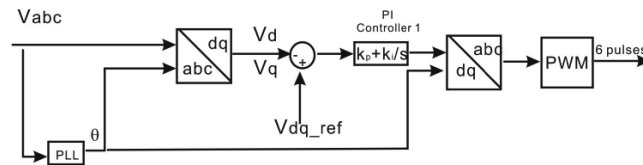
3. SİMÜLYASYONU YAPILAN SİSTEM

Simülasyonu yapılan sistem Şekil 2'de görülmektedir. Burada sistem: 60 kW'lık rüzgar türbini, 55 kW'lık akü grubu, doğrultucu, ön filtre, evirici, çıkış filtresi, yükler ve kontrolörden oluşmaktadır. Rüzgar hızındaki değişimleri de içeren bu simülasyonda sistem bu değişimlerden etkilenmeden yük üzerindeki gerilimi 380 V değerinde sabit tutulmaktadır.



Şekil 2. Simülasyonu yapılan sistem.

Şekil 3'de sistemin kontrol diyagramı ve simulink modeli görülmektedir. Burada elde edilen 3 fazlı gerilim d-q eksen takımına dönüştürüldükten sonra elde edilen V_d ve V_q değerleri ayrı ayrı kontrol edilmektedir. Kontrolör olarak PI denetleyici kullanılmaktadır. Daha sonra kontrolör çıkışında tekrar dönüşüm yapılarak elde edilen gerilim ile darbe genişlik modülasyonu için referans işaret üretilmektedir.



Şekil 3: Denetleme işlemi.

Darbe genişlik modülasyonunda üretilen darbeler ile evirici istenen gerilim düzeyinde çıkış verecek şekilde ayarlanmaktadır. Bu bölümde ayrıca faz kilitlemeli çevrim yardımıyla frekans değeri 50 Hz'de sabit tutulmaktadır.

Rüzgar türbini ile akü grubu arasındaki gerekli ayarlamaları düzenleyici gerçekleştirmektedir. Regülatör girişinde elde edilen gerilim değeri rüzgar türbinin ürettiği 3 fazlı geriliminde her faz-nötr geriliminin etkin değerinin toplanıp ortalamasının alınması ile elde edilen gerilim değeridir. Böylece fazlar arasında bir dengesizlik olması durumunda düzenleyicinin çalışma düzeninin bozulması engellenmiştir. Düzenleyici devre akü grubu ile rüzgar türbini arasında ortam koşullarına ve yük durumuna göre hangisinin devreye girip çıkacağına karar veren bir sistemdir.

Sistemde yük üzerindeki gerilimin dalga şeklini düzeltmek için yüklere paralel bağlı bir filtre bulunmaktadır. Bu sayede yük geriliminin dalga şeklide düzeltilmeye çalışılmıştır. Bu esnada toplam harmonik bozulması da ölçülmüştür.

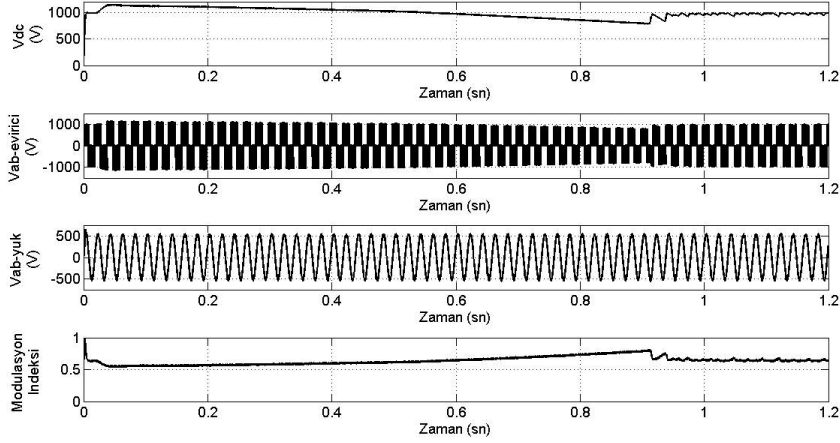
Ortam koşullarındaki değişiklikler sistemin çalışmasını etkilemektedir. Bu nedenle rüzgar hızı seviyesi değiştirilerek farklı ortam koşulları oluşturulmaya çalışılmıştır. Rüzgar hızı $t=0-0.5$ sn aralığında 10 m/s değerinden $t=0.5-1$ sn aralığında azaltılarak 5 m/sn değerine getirilmiştir. Daha sonra $t=1-1.2$ sn aralığında bu değer azaltılarak 2 m/s değerine düşürülmüş ve bu esnada sistemin çalışması incelenmiştir.

Yapılan iki farklı simülasyonda farklı yükler ile sistem çalıştırılıp sonuçları incelenmektedir. Birinci sistemde sadece 50 kW'lık omik yük kullanılırken ikinci sistemde 30 kW'lık omik yükün yanından 15 kW'lık yük ile beraber 10 kVAr'lık endüktif yük beraber kullanılmaktadır. Şekil 4-7'de elde edilen sonuçlar görülmektedir.

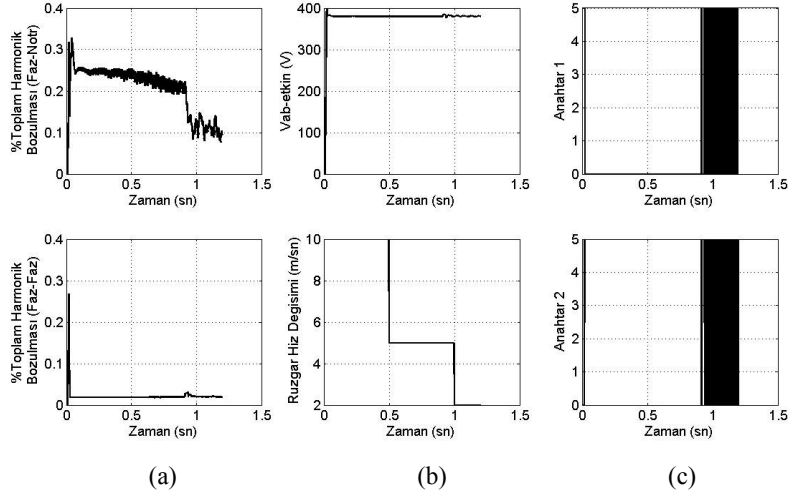
4. SONUÇLAR

Şekil 4 ve 5'de 50 kW'lık yük için elde edilen sonuçlar görülmektedir. Şekil 4'de doğrultucu çıkış gerilimi, a-b fazları arası evirici çıkış gerilimi, a-b fazları arası yük gerilimi ve son olarak modülasyon indeksinin değişimi görülmektedir. Yük üzerindeki gerilimin dalga şekli sinüse çok yakındır. Şekil 5a'da Toplam Harmonik Bozulması (THB) hem fazlar arası gerilim hem de faz nötr gerilimleri için ayrı ayrı görülmektedir. Faz-nötr gerilimi için THB değeri ise % 0.1 ile % 0.25 değeri arasında değişmektedir. Faz-Faz gerilimi için ise % 0.025'dir. Şekil 5b'de yük üzerindeki fazlar arası gerilimin değişimi ve rüzgar hızındaki değişimler görülmektedir. Burada yük üzerindeki gerilimin 380 V'da hemen hemen sabit

kaldığı görülmektedir. Şekil 5c'de ise rüzgar türbini ve akü grubunu devreye alıp çıkaran anahtarların konumları görülmektedir.



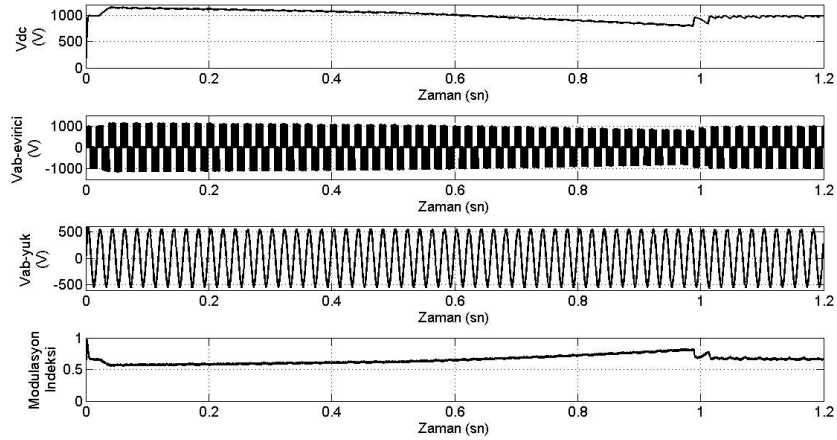
Şekil 4. 50 kW'lık yükün simülasyon sonuçları: DA gerilim seviyesi, Vab-inverter, Vab-yük ve modülasyon indeksinin değişimi.



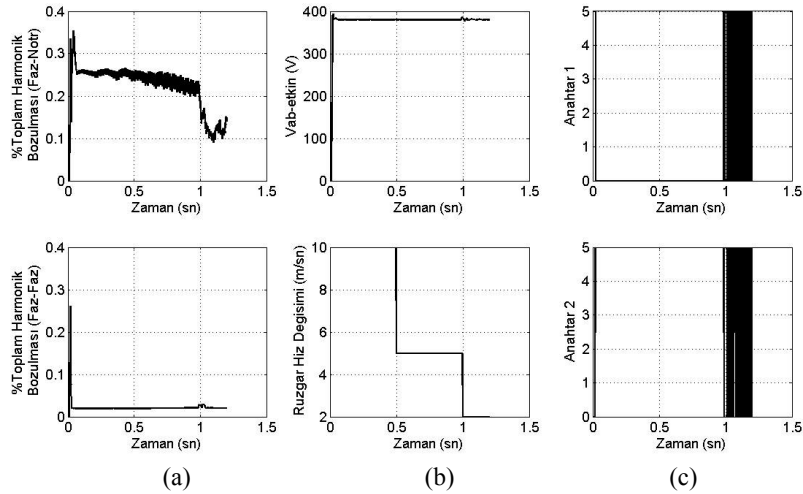
Şekil 5. 50 kW'lık yükün simülasyon sonuçları: (a) Faz-Faz ve Faz-Nötr gerilimleri için THB değişimleri, (b) Vab-yük ve rüzgar hız değişimi, (c) Anahtarların konum değişimleri.

Şekil 6 ve 7'de 30 kW'lık Omik yük ve RL yükü için elde edilen sonuçlar görülmektedir. Şekil 6'da doğrultucu çıkış gerilimi, a-b fazları arası evirici çıkış gerilimi, a-b fazları arası yük gerilimi ve son olarak modülasyon indeksinin değişimi görülmektedir. Yük üzerindeki gerilimin dalga şekli sinüse çok yakındır. Şekil 7a'da Toplam Harmonik Bozulması (THB)

hem fazlar arası gerilim hem de faz nötr gerilimleri için ayrı ayrı görülmektedir. Faz-Nötr gerilimi için THB değeri ise % 0.1 ile % 0.25 değeri arasında değişmektedir. Faz-Faz gerilimi için ise % 0.025'dir. Şekil 7b'de yük üzerindeki fazlar arası gerilimin değişimi ve rüzgar hızındaki değişimler görülmektedir. Burada yük üzerindeki gerilimin 380 V'da hemen hemen sabit kaldığı görülmektedir. Şekil 7c'de ise rüzgar türbini ve akü grubunu devreye alıp çıkaran anahtarların konumları görülmektedir.



Şekil 6. 30 kW'lık Omik yük ve RL yükünün simülasyon sonuçları: DA gerilim seviyesi, Vab-inverter, Vab-yük ve modülasyon indeksinin değişimi.



Şekil 7. 30 kW'lık Omik yük ve RL yükünün simülasyon sonuçları: (a) Faz-Faz ve Faz-Nötr gerilimleri için THB değişimleri, (b) Vab-yük ve rüzgar hız değişimi, (c) Anahtarların konum değişimleri.

5. DEĞERLENDİRME

Yük üzerindeki gerilimin dalga şeklinin hem 50 kW'lık omik yükte hem de 30 kW'lık Omik yük ve RL yükünün birlikte beslendiği simülasyonda sinüse çok yakın olduğu görülmektedir. Sistem rüzgar hızındaki değişimlerden etkilenmeden yük üzerindeki gerilimi 380V değerinde sabit tutmaktadır.

THB değerlerinin yapılan her iki simülasyonda da düşük ve standartlar içinde olduğu görülmektedir. Sistemdeki filtreler görevini iyi derecede yapmaktadır.

Sistemi daha iyi bir hale getirmek için anahtarlamalı filtreler kullanmak daha iyi sonuç verebilir. Fakat bu sistem için bu tip uygulamalar sistemin daha pahalıya mal olmasına neden olur.

6. KAYNAKÇA

1. A. Eniş, (2005), "Enerji Politikaları; Yerli, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları, "TMMOB V. Enerji Sempozyumu, Ankara, s: 185-199.
2. İsmail İ. Güneş, (2006), "Bir Rüzgar Türbininin Modellenmesi, Simülasyonu ve Kontrolü", Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Gebze.
3. O. C. Onar, M. Uzunoğlu and M. S. Alam, (2006), "Dynamic Modeling, Design and Simulation of a Wind /Fuelcell/Ultra-Capacitor-Based Hybrid Power Generation System", ScienceDirect Journal of Power Source, No: 161, s: 707-722.
4. A. M. Sharaf, W. Wang and İ. H. Altaş, (2007), "A Novel Modulated Power Filtler Compensatior for Distribution Networks with Distributed Wind Energy", International Journal of Emerging Electric Power Systems, Cilt: 8, No: 3.
5. Matlab-Simulink SimPower Systems User Guide, 2008.