

Rüzgar Türbini/Yakıt Pili Karma Enerji Üretim Sisteminden Beslenen Yükler Üzerindeki Gerilimin Genliğinin Denetimi

Onur Ö. Mengi¹ ve İsmail H. Altaş²

¹Giresun Üniversitesi Giresun Meslek Yüksekokulu
Müdürlüğü Depboy 28200 Giresun
onurmengi@yahoo.com

²Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü 61080 Trabzon
ihaltas@ktu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada Rüzgar Türbini (RT)/Yakıt Pili (YP) karma enerji üretim sisteminden elde edilen enerji ile beslenen yüklerin modellenmesi ve simülasyonu anlatılmaktadır. YP'ler doğru gerilim, RT'ler alternatif gerilim üretmektedir. Kurulan sistemde RT'den elde edilen alternatif gerilim doğrultulduktan sonra YP'lerden gelen DA ile birlikte bir DA hatta birleştirilmekte ve AA çevrildikten sonra yükler beslenmektedir. Bu gerilimin genlik ve frekans ayarının yapılması gerekmektedir. Rüzgar türbininden üretilen güç rüzgar hızına bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle rüzgar hızı sürekli değiştirilmekte ve sistemin cevabı incelenmektedir. Yapılan simülasyonda Faz kilitlemeli Çevrim (FKÇ) tekniği ile frekans 50Hz'de sabitlenirken, tek faz gerilim 220V, üç faz gerilim 380V değerine PI türü denetleyici kullanılarak ayarlanmaktadır. Sistem tüm alt bileşenleri ile birlikte Matlab/Simulink/Simpower ortamında modellenmekte ve simülasyonu yapılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Rüzgar Türbini, Yakıt Pili, Yenilenebilir Enerji kaynağı, PI Kontrolör.

Abstract

In this paper, the modeling and the simulation of loads supplied from Wind Turbine (WT) and Fuel Cell (FC) has been studied. The WT produces AC power and FC produces DC power, which should be converted to AC for AC load types. The wind power generated by WT is affected by the wind speed. Besides, the load power is another factor affecting the WT/FC output power. The designed renewable energy production system is arranged in a way that includes both the environmental and the load changes. In order to supply the three phase loads the DC voltage of the system is converted to three phase 50 Hz voltages. The magnitude and the frequency of the AC voltages

are controlled and kept at constant at predefined values, which are 380 V phase to phase and 50 Hz. All of the system components are modeled in Matlab/Simulink/ Simpower environment using the operational blocks available in Simulink.

Keywords: Wind Turbine, Fuel Cell, Renewable Energy Source, PI Controller.

1. Giriş

Son zamanlarda iyice artan enerji ihtiyacı ve bu hızla ulaşamayan üretim miktarı nedeniyle enerji fiyatları hızla artmaktadır. Bu durum ve çevre etkenleri insanları yeni arayışlara itmektedir. Bu nedenle insanlar doğal ve çevreyi kirletmeyen güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji gibi doğal kaynaklara yönelmektedir.

Bu kaynakların en önemlilerinden bir tanesi rüzgar enerjini elektrik enerjisine çeviren rüzgar türbinleri, bir diğeri ise üzerinde son zamanlarda çalışılmaya başlanan yakıt pilleridir.

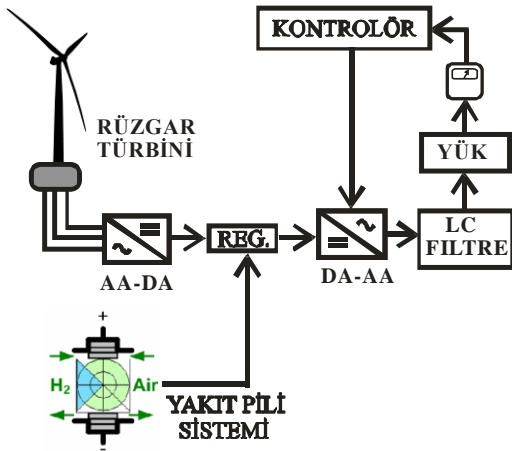
Literatürde üzerinde çalışılan değişik rüzgar türbin modelleri olduğu gibi türbinlerde kullanılan elektrik motorları da farklı tiplerde olabilmektedir. Yatay ve düşey eksenli rüzgar türbinleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Rüzgar türbinlerinde senkron, asenkron ve doğru akım jeneratörleri gibi elektrik makinaları enerji üretmek için kullanılmaktadırlar [1-3].

Benzer şekilde girdi bileşeni olarak hidrojen kullanan yakıt pilleri de değişik kimyasal bileşenlerle farklı tekniklerde oluşturulabilmekte prensipte aynı işi görmekle birlikte fiyat ve verim parametrelerinde değişiklik göstermektedirler. Fosforik asit yakıt pili, Katı oksit yakıt pili, erimiş karbonat yakıt pili, Proton Değişim Membran (PDM) ve alkalın yakıt pili gibi türleri bulunmaktadır [4-5].

2. Kurulan Sistemin Yapısı

Şekil 1'de simülasyonu yapılan sistemin yapısı görülmektedir. Burada RT'den elde edilen alternatif

gerilim önce doğrultulmakta ve doğru akım hatta iletilmektedir. YP'ler de benzer şekilde doğru gerilim ürettikleri için üretilen bu gerilim doğrudan doğru akım hatta verilmektedir. Daha sonra bu gerilim önce bir filtreden geçirilmekte daha sonra kontrollü bir evirici vasıtasıyla alternatif gerilime dönüştürülmektedir. Bu işlem sırasında gerilimin genliği ve frekansı ayarlanmaktadır. 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. Darbe genişlik modülasyonunda üretilen darbeler ile evirici istenen gerilim düzeyinde çıkış verecek şekilde ayarlanmakta ve yük üzerindeki gerilim 380V değerinde tutulmaya çalışılmaktadır. Ayrıca bu bölümde faz kitlemeli çevrim yardımıyla frekans değeri 50Hz'de sabit tutulmaktadır. Daha sonra tekrar bir LC filtreden geçirilen gerilim yüklerle uygulanmaktadır. RT ile YP'ler arasındaki ayarlama düzenleyici cihazın kontrolünde yapılmaktadır. Düzenleyici, rüzgar hızını ölçen ve buna göre karar alan bir sistemdir. Rüzgarın yeterli olmadığı durumda RT'nin devreden çıkartılarak YP'lerin devreye alınması yada tersi durumda rüzgarın yeterli olduğu durumda YP'lerin devreden çıkarılması bu cihaz tarafından gerçekleştirilmektedir.



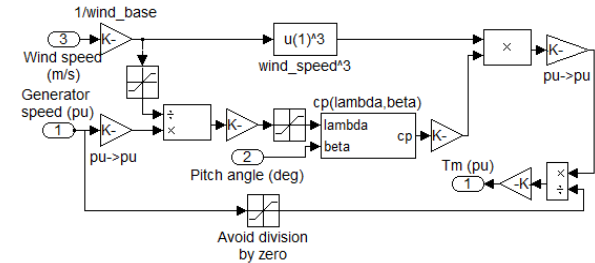
Şekil 1: Sistemin ana yapısı.

Sistemde; yük üzerindeki gerilimin dalga şekli düzeltmek için yüklerle paralel bağlı bir filtre bulunmaktadır. Bu sayede yük geriliminin dalga şeklide düzeltilmeye çalışılmıştır. Bu esnada Toplam Harmonik Bozulması da (THB) ölçülmüştür.

3. Rüzgar Türbini

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 fırıldığı bileşenlerinden oluşur. Rüzgardan elde edilen mekanik enerji elektrik enerjisine çevrilir. Elde edilen enerjiyi kullanabilmek için gerilim ve frekans ayarı yapılır. Rüzgar türbininin Matlab/Simulink modeli şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Rüzgar türbininin Simulink modeli.

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.

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

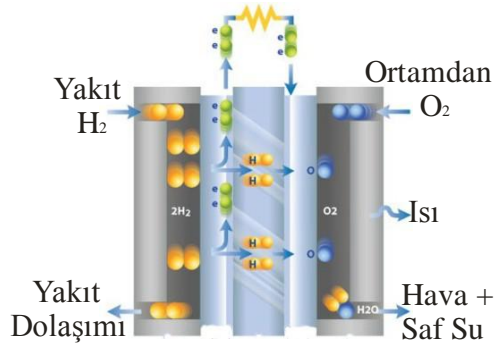
$$\frac{1}{\lambda_1} = \frac{1}{\lambda + 0,08\beta} - \frac{0,035}{\beta^3 + 1} \quad (3)$$

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 [6-9].

4. Yakıt Pili

Bir yakıt pilinin temel yapısı şekil 3'de görüldüğü gibi bir elektrolit gibi görev yapan katı bir zar (membran) tarafından ayrılmış iki elektrot (anot ve katot) olarak tanımlanabilir. Hidrojen yakıtı anoda protonlara ayrıştığı yer olan bir kanal içinden geçer. Ayrışan protonlar katoda membran içinden ulaşır. Bir dış devre tarafından elektriksel akım olarak toplanan elektronlar iki elektrotu birbirine bağlar. Benzer bir kanal ağı içinden hava, bir dış devrede elektronlarla birlikte oksijenin toplandığı yer olan katoda, protonlarda membran içine doğru akar ve böylece su oluşur. Bir

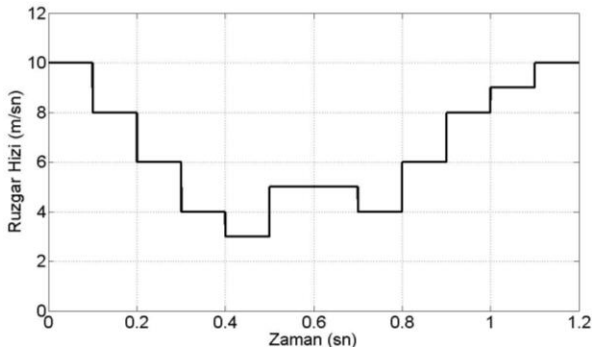
yakıt pilinin anot ve katot elektrotlarında meydana gelen kimyasal reaksiyonlar Şekil 3’de verildiği gibidir. Polimer membran iki elektrot arasına sıkıştırılmıştır. Her bir elektrot bir gaz difüzyon tabakası ve bir ince katalizör tabakadan oluşmaktadır. Membran-elektrot bileşkesi reaktant akışına izin veren kanallarını kapsayan iki iletken tabaka tarafından sıkıştırılmıştır. Anottan gelen hidrojen ile katottan gelen oksijen ısı ve su üretmek için birleşir. Toplam hücre reaksiyonu denklem (4)’de verildiği gibidir [10].



Şekil 3. Tek bir PDM yakıt pilinin şematik gösterimi.

5. Simülasyon

Yapılan simülasyonda RT'nin ürettiği güç rüzgar hızına göre değiştiği için şekil 4’de gösterildiği gibi bu değer değiştirilmiş ve sonuçlar incelenmiştir.



Şekil 4. Rüzgar hız değişimi.

Simülasyonu yapılan sistem Şekil 5’de görülmektedir. Burada sistem: toplam gücü 84kW’lık yakıt pilleri ve 60kW’lık rüzgar türbini, evirici, filtreler, üç fazlı yük, gerilim regülatörü, düzenleyici devre, ölçüm cihazları ve PI kontrolörden oluşmaktadır. Sistemde 50kW’lık omik bir yükde bulunmaktadır. Şekil 6-9’da elde edilen sonuçlar görülmektedir.

6. Sonuçlar

Şekil 6’da 3 faz % THB değişimi görülmektedir. Sürekli rejimde 3 faz THB değeri yaklaşık % 2’dir. Şekil

7’de yük üzerindeki aktif ve reaktif güç değişimleri görülmektedir. 50kW’lık güç harcaması ne t olarak görülmektedir. Şekil 8’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 9’da yükler üzerindeki fazlar arası ve faz-nötr geriliminin değişimleri ayrıntılı olarak görülmektedir. Fazlar arası gerilim 380V, faz-nötr gerilimi ise yaklaşık olarak 220V değerindedir.

7. Değerlendirmeler

Sistem frekansının 50Hz’de sabit kaldığı, faz-nötr geriliminin rüzgar türbinlerinin devrede olduğu zaman zarfında (0-0.3sn ve 0.8-1.2sn aralıkları) 210V ile 230V arasında değiştiği ve fazlar arası gerilimin ise 380V değerinde sabit kaldığı gözlenmiştir. Bu değerlere standartlara uygundur. Yük üzerindeki gerilimin dalga şeklinin sinüse çok yakın olduğu görülmektedir. Sistem rüzgar hız seviyesindeki değişimlerden etkilenmeden yük üzerindeki gerilimi 380V değerinde sabit tutmaktadır. PI denetleyicinin iyi çalıştığı ve sistemi gereken 220V faz-nötr ve 380V fazlar arası gerilim değerine oldukça çabuk getirdiği ve bu esnada maksimum aşma değerinin de çok yüksek olmadığı görülmektedir. 3 faz THB değeri standartlara uygundur ve yaklaşık % 2 değerine sahiptir. Yükün talep ettiği 50kW’lık aktif güç bu sistemden rahatlıkla sağlanabilmektedir. Sistemdeki reaktif güç ise filtrelerde kullanılan L ve C elemanlarından kaynaklanmaktadır.

Kesintisiz bir şekilde ortam koşullarından etkilenmeden gereken enerjiyi yüklerle aktarabilen bir sistemin simülasyonu yapılmıştır. Bu simülasyonda yakıt pillerinin ihtiyaç duyduğu hidrojenin sürekli olarak temin edilebildiği varsayılmıştır. Rüzgarın olmadığı ve hidrojenin bittiği durumda yükler enerjisiz kalacaktır. Bu durumda sisteme güneş panelleri veya dizel jeneratör eklenebilir. Yada bu durumlarda gereken enerji şebeke bağlantısı ile sağlanabilir.

8. Kaynaklar

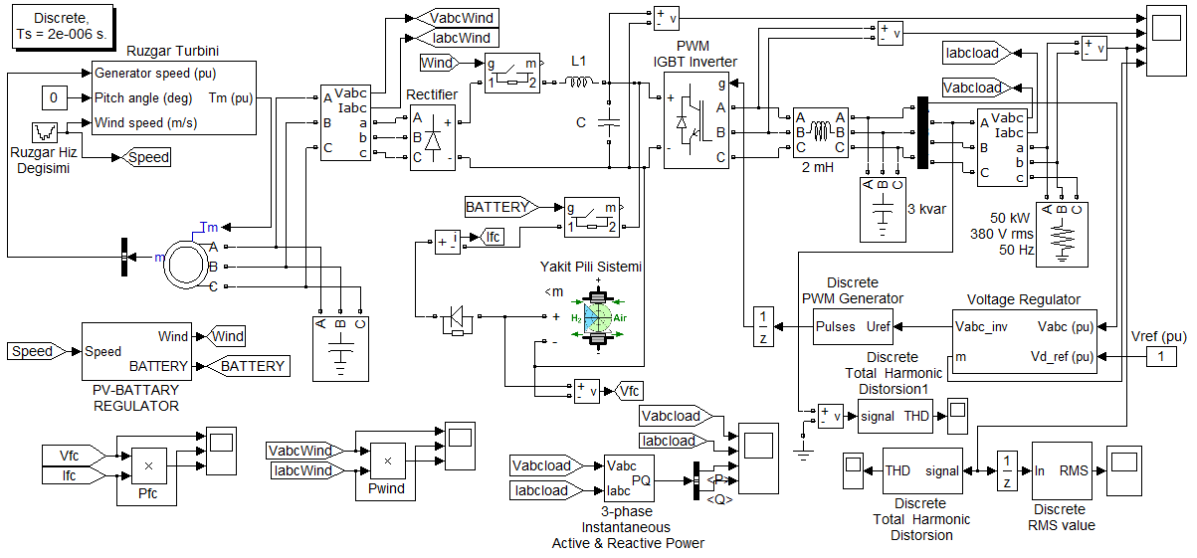
- [1] F. D. Bianchi, H. De Battista and R. J. Mantz , “Wind Turbine Control Systems”, Springer, 2007.
- [2] M. R. Patel, “Wind and Solar Power Systems Design, Analysis, and Operation”, CRC Press, 2006.
- [3] T. Ackermann, “Wind Power in Power Systems”, John Wiley and Sons, 2005.
- [4] Design M. Ehsani, “Modern Electric Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicles Fundamentals Theory and Design”, CRC Pres, 2005.
- [5] EG&G Technical Services, Inc. “Fuel Cell Handbook”, 2004.
- [6] İ. H. Altaş ve O. Ö. Mengi, “Rüzgar Enerji Sistemlerinde Harmoniklerin Azaltılması”, Ulusal

Temiz Enerji Günleri (UTEG 2008), İstanbul, 17-20 Aralık 2008. s:691-698.

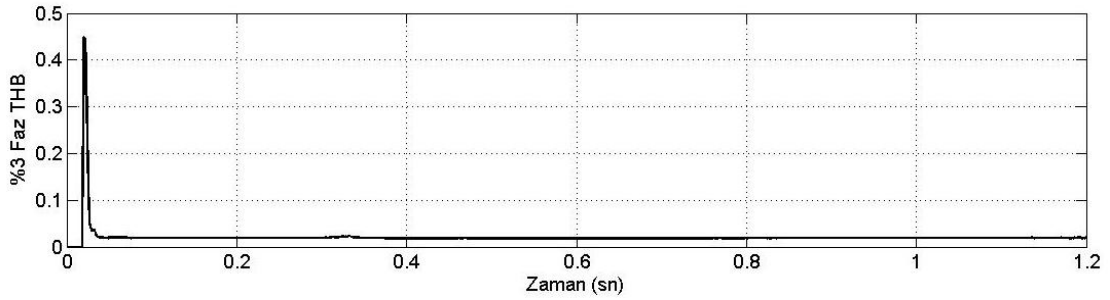
- [7] Matlab-Simulink SimPower Systems User Guide, 2008.
- [8] A. M. Sharaf, W. Wang ve İ. H. Altaş, "A Novel Modulated Power Filter Compensator for Distribution Networks with Distributed Wind Energy", *International Journal of Emerging Electric Power Systems*, Cilt: 8, No: 3, 2007.
- [9] O. C. Onar, M. Uzunoğlu ve M. S. Alam, "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, 2006.

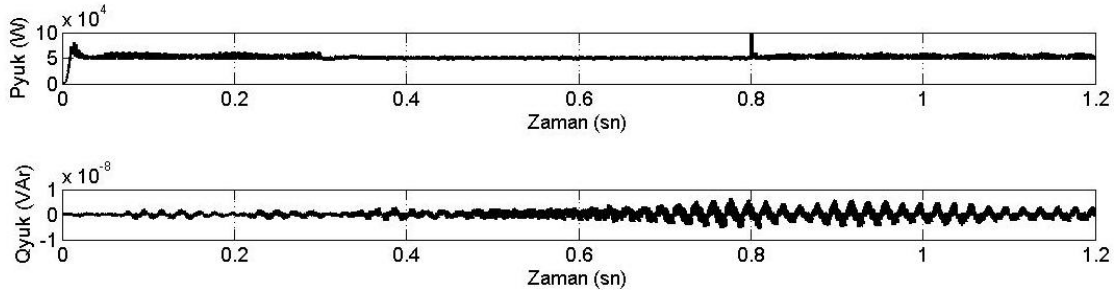
- [10] O. Ö. Mengi ve İ. H. Altaş, "Fotovoltaik ve Yakıt Hücreli Karma Temiz Enerji Sisteminin Modellenmesi ve Simülasyonu", *Ulusal Temiz Enerji Günleri (UTEG 2008)*, İstanbul, 17-20 Aralık 2008. s: 683-690.



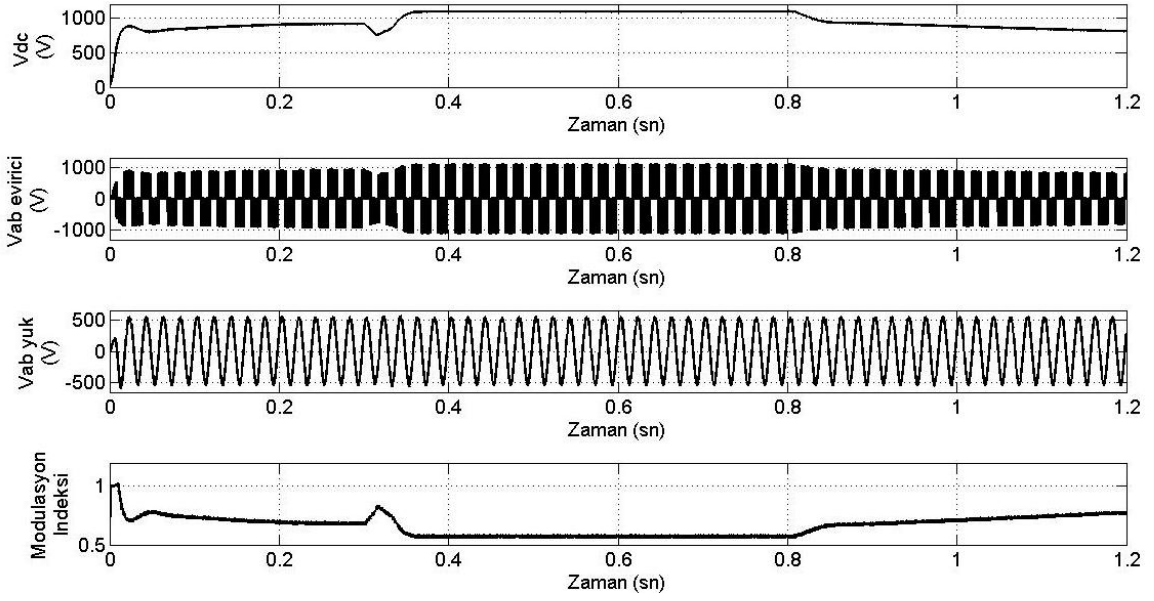
Şekil 5. Simülasyonu yapılan sistem.



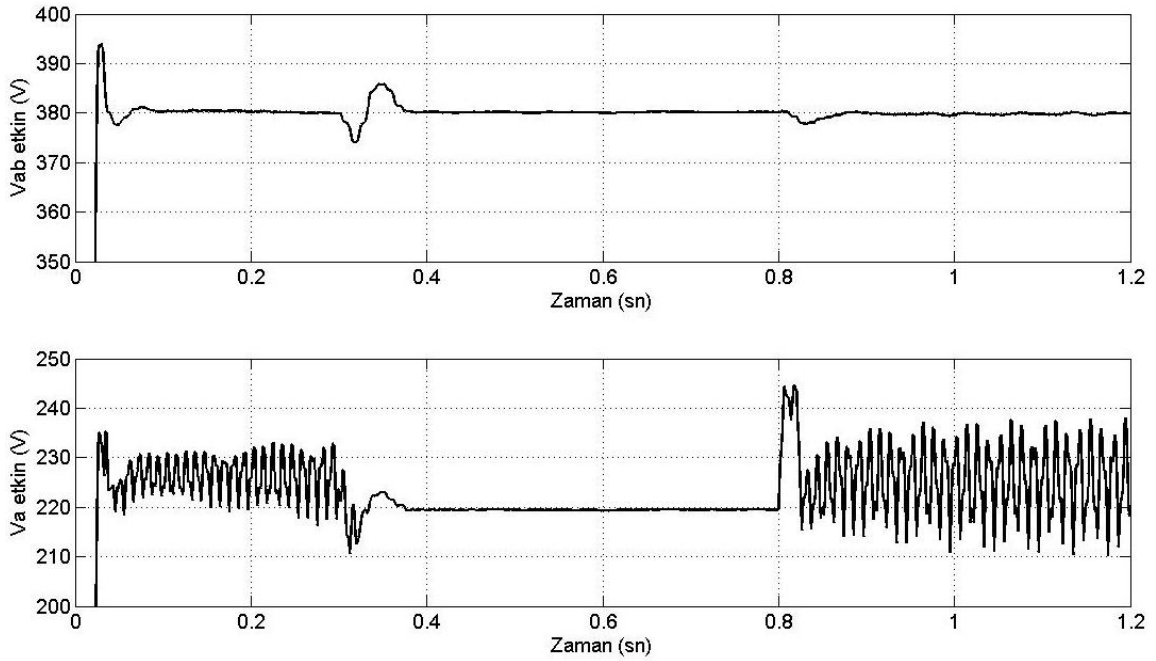
Şekil 6. 3 faz THB değişimi.



Şekil 7. Yük üzerindeki aktif ve reaktif gücün değişimi.



Şekil 8. Panellerde elde edilen doğru gerilim, a-b fazları arası evirici gerilimi, a-b fazları arası yük gerilimi ve modülasyon indeksinin değişimi.



Şekil 9. Yükler üzerindeki fazlar arası ve faz nötr gerilimlerinin değişimi.