

Doğrudan Fotovoltaik Pilinden Beslenen Anahtarlamalı Relüktans Motor-Pompa Sisteminin Matlab/Simulink Ortamında Modellenmesi

Modeling of PV Directly Fed by a Switched Reluctance Motor-Pump System Using Matlab/Simulink Software

Zeki Omaç¹, Akın Özel², Hasan Kürüm³

¹Elektrik-Elektronik Müh.
Tunceli Üniversitesi
zomac@tunceli.edu.tr

²TBMYO Elektrik Prog.
Bingöl Üniversitesi
akozel@bingol.edu.tr

³Elektrik-Elektronik Müh.
Fırat Üniversitesi
hkurum@firat.edu.tr

Özet

Bu çalışmada fotovoltaik pile bağlı DC-DC boost konvertörden beslenen bir Anahtarlamalı Relüktans Motor (ARM) ile tahrik edilen pompanın Matlab/Simulink ortamında simülasyonu yapılmıştır. Fotovoltaik pil gerilimini yükseltmek amacıyla DC-DC boost konvertör kullanılmıştır. DC-DC boost konvertör çıkış gerilimi kapalı çevrim PID gerilim kontrolörü ile kontrol edilmiştir. ARM'nin hız kontrolünde PID kontrolör kullanılmıştır. Simülasyon sonucunda DC-DC Boost Konvertör çıkış gerilimi, ARM-pompa sistemi hız, akım ve moment büyüklüklerinin zamana bağlı değişim sonuçları elde edilmiştir.

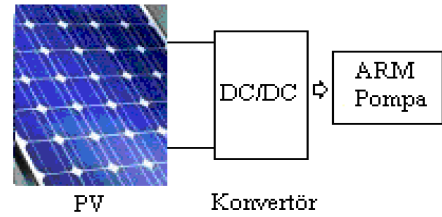
Abstract

In this paper, the simulation of a Switched Reluctance Motor (SRM), fed by DC-DC boost converter connected with photovoltaic array and a driven pump is done by using Matlab / Simulink platform. To increase photovoltaic battery voltage, DC-DC boost converter is used. Output voltage of DC-DC boost converter is controlled by closed-loop PID voltage controller. The PID controller is used in the speed control of SRM. At the end of the simulation, time-dependent conversion results of the output voltage of DC-DC boost converter, and the speed current and moment magnitudes of the SRM-Pump system are obtained

1. Giriş

Nükleer ve fosil enerji üretimine yenilenebilir enerji teknolojileri bir alternatif olarak ortaya çıkmaktadır. Enerji bütün kaynakların en temel ve en önemlisidir. Ayrıca üretilen elektriğin yaklaşık %22'si zirai amaçlı olarak

kullanılmaktadır. Bu nedenle bu alanda yapılan enerji tasarrufları önem kazanmaktadır[1]. Bu durumda PV sistemler de önem arz etmektedir. Hareketli parçalarının olmaması ve hafiflikten dolayı portatif olmaları fotovoltaik sistemin diğer avantajları olarak sayılabilir. Fotovoltaik kaynak dünyanın enerji portföyünde önemli rol oynamaktadır. Ayrıca 2040 yılına kadar bütün yenilenebilir enerjiler arasında en büyük katkıda bulunanlardan biri olacaktır[2]. Bu makalede DC/DC Konvertöre bağlı ARM'li sistemin performansını test etmek için simulinkte simülasyon yapılmıştır.



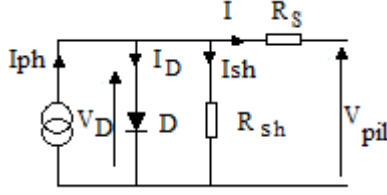
Şekil.1: Güneş pili, ARM ve pompa düzeneği.

2. Fotovoltaik Pil

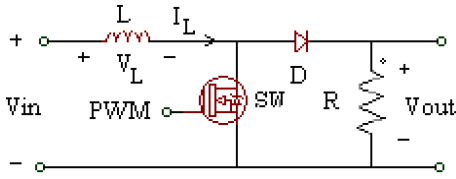
Bir fotovoltaik pil güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çeviren yarı iletken bir malzemeden oluşur. Güneş pilinin eşdeğer devresi şekil 2'de gösterilmiştir. Güneş pili eşdeğer devresi akımları (1) ve (2) nolu bağıntılardan hesaplanır.

$$I = I_{ph} - I_D - I_{sh} \quad (1)$$

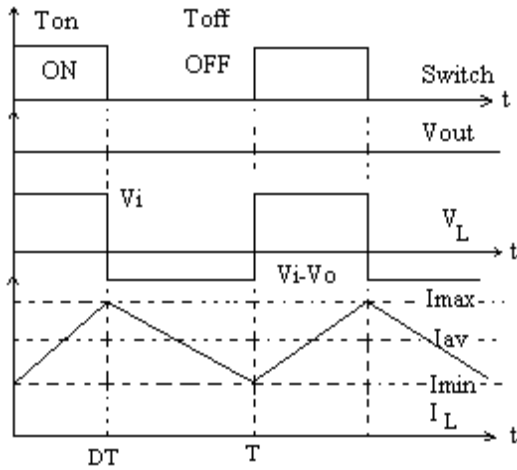
$$I = I_{ph} - I_s \left\{ e^{\left[\frac{q(V_{pil} + R_s I)}{BKT} \right]} - 1 \right\} - \frac{V_{pil} + R_s I}{R_{sh}} \quad (2)$$



Şekil 2: Fotovoltaik pilin eşdeğer devresi.



Şekil 3: Boost konvertör devresi.



Şekil 4: Boost konvertör devresi akım ve gerilim grafikleri.

3.Boost Konvertör

Anahtar kapalı olduğu zaman bobin kaynaktan enerjiyi alır ve saklar. Anahtarın kapalı olduğu zaman süresinde, bobin ve anahtardan geçen bobin akımı doğrusal olarak artar. Kaynak geriliminin tamamı bobine uygulanır[3].

$$v_i = L \frac{d}{dt} i_L \quad (3)$$

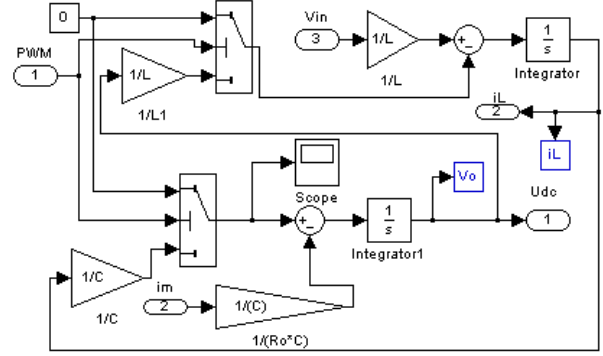
$$\frac{v_c}{R} = C \frac{d}{dt} v_c \quad (4)$$

Anahtar kapalı olduğu zaman bobin akımı kaynaktan yüke doğru akar. İndüktansın sakladığı enerji kapasite ve yüke aktarılır.

$$v_c = L \frac{d}{dt} i_L + v_c \quad (5)$$

$$i_L = C \frac{d}{dt} v_c + \frac{v_c}{R} \quad (6)$$

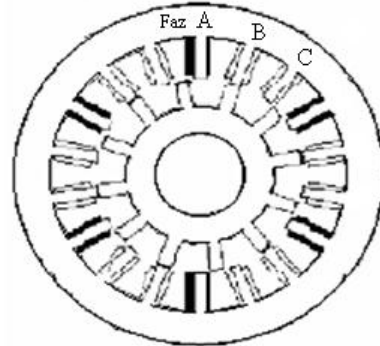
Boost konvertör devresi akım ve gerilim grafikleri şekil 4'teki gibi olur[3]. Boost konvertör simulink modeli şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5: Boost konvertörün simulink modeli.

4. Anahtarlamalı Relüktans Motorlar (ARM)

ARM son kırk yılda sürücü teknolojisindeki gelişmeler sayesinde klasik elektrik makinalarına alternatif olarak düşünülmektedir. ARM aynı güçteki klasik makinalardan daha ucuzdur. Rotoru sargısız ve basit yapılıdır[4]. ARM'de statorun ve rotorun her ikisi de çıkık şeklindedir. ARM'nin çalışma prensibi; manyetik alan içerisindeki bir manyetik malzemenin kendisini en küçük relüktans pozisyonuna getirmesi eğilimine dayanır. Simülasyonda kullanılan 18/12 kutuplu ARM'nin ön kesit görünüşü şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6: 18/12 kutuplu ARM'nin kesit görünüşü.

Herhangi bir stator fazı uyarıldığı zaman rotor kutbu, enerjili stator kutbu ile çakışık hale gelir. Böylece manyetik devrede relüktans minimum olur. Sürekli hareket üretmek için fazlar rotorun doğru pozisyonunda uygun sıra ile uyarılmalıdır. ARM'nin dinamik davranışını tanımlayan formüller aşağıdaki gibidir.

$$\theta_s = 2\pi \left(\frac{1}{N_r} - \frac{1}{N_s} \right) \quad (7)$$

$$\theta_x = 2\pi \left(\frac{\pi}{N_r} - \beta_r \right) \quad (8)$$

$$\theta_y = \frac{\pi}{N_r} \quad (9)$$

$$V = \frac{d\psi_i(\theta, I_i)}{dt} + Ri \quad (10)$$

$$\psi(\theta, I_i) = L(\theta)I_i \quad (11)$$

$$T = \frac{1}{2} \frac{dL}{d\theta} I_i^2 \quad (12)$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{J} (T - T_l - b\omega) \quad (13)$$

$$\frac{d\theta}{dt} = \omega \quad (14)$$

$$T_l = 0.00004166\omega^2 \quad (15)$$

Burada i indisi $i=1, 2, 3$ değerlerini almaktadır. θ_x çakışık olmayan rotor konumunu, θ_y ise çakışık rotor konumu ifade etmektedir[5]. Simülasyonda kullanılan boost konvertör ve ARM parametreleri tablo 1'de verilmiştir.

TABLO 1: Simülasyon Parametreleri.

Büyüklik	Değeri
Stator kutup sayısı(N_s)	18
Rotor kutup sayısı(N_r)	12
Bir faz sargısı direnci(R)	2.6 Ω
Sürtünme katsayısı (B)	0.00018Nm/rad/s
Eylemsizlik momenti (J)	0.000695 kgm ²
Çakışık konum indüktans(L_{max})	7.29 mH
Çakışık olmayan konum indüktans(L_{min})	2.36 mH
Boost konvertör indüktans değeri(L)	200 μ H
Boost konvertör anahtarlama frekansı	50 kHz
Boost konvertör kondansatör değeri(C)	1000 μ F
ARM konvertör anahtarlama frekansı	10 kHz
Orantı katsayısı (K_p)	10
İntegral katsayısı (K_i)	0.5
Türev katsayısı (K_d)	0.00001

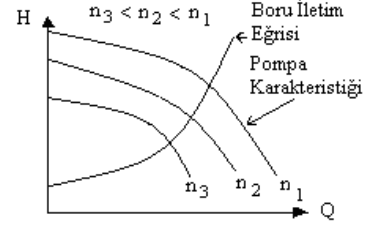
5. Santrifüj Pompalar

Santrifüj pompalar döner çark içinden geçen akışkanın momentumunun momentini artırmak için kullanılırlar. Basma yüksekliklerine göre pompaları gruplara ayırmak mümkündür. Pompada radyal kuvvet; emme yüksekliği ile debiye bağlıdır[6].

Bir merkezkaç pompanın yükseklik debi grafiği şekil 7'de verilmiştir. Merkezkaç pompanın çalışma noktası; belirli bir dönme hızı ile çalışırken boru eğrisi ile kesiştiği noktadır. Santrifüj pompanın yükseklik debi karakteristiği de aşağıdaki gibi formüle edilebilir.

$$H(Q) = p_1 Q^2 + p_2 Q + p_3 \quad (14)$$

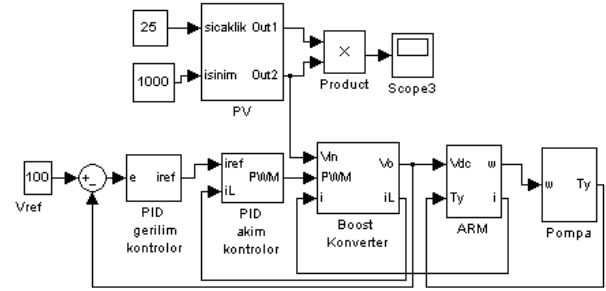
Burada p_1, p_2, p_3 eğri uydurma katsayılarıdır. H (m) pompa emme yüksekliği, Q (m³/h) debidir[7].



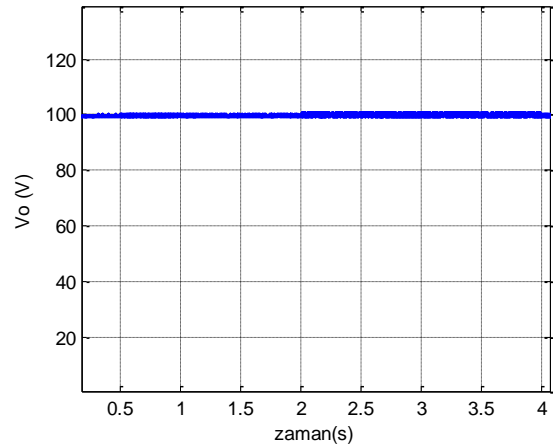
Şekil 7: Pompa ve boru H-Q eğrisi.

6. Simülasyon Sonuçları

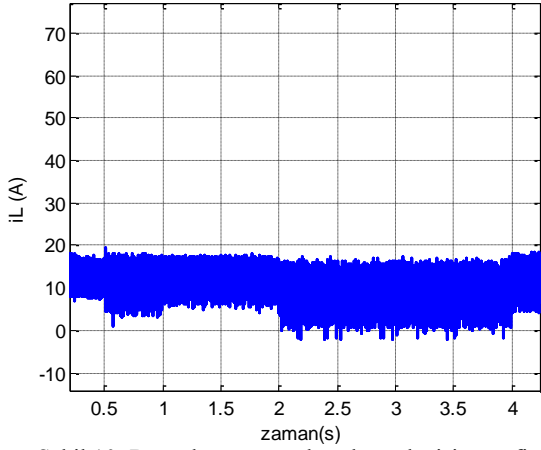
Aküden beslenen, ARM ve pompa sisteminin blok şeması şekil 8'de verilmiştir. Bu çalışmada 18/12 kutuplu 3 fazlı bir ARM kullanılmıştır. 50 kHz anahtarlama frekansında 100 V referans gerilimi için simülasyon sonucu elde edilen boost konvertör çıkış geriliminin zamana bağlı değişim grafiği şekil 9'da ve çıkış akımının zamana bağlı değişim grafiği şekil 10'da verilmiştir. $n=600$ d/d referans hız için ARM hızının değişim grafiği şekil 11'de gösterilmiştir. Yük momentini ile ARM momentinin değişimi şekil 12'de, ARM üç faz akımının zamana bağlı değişimleri şekil 13'te verilmiştir.



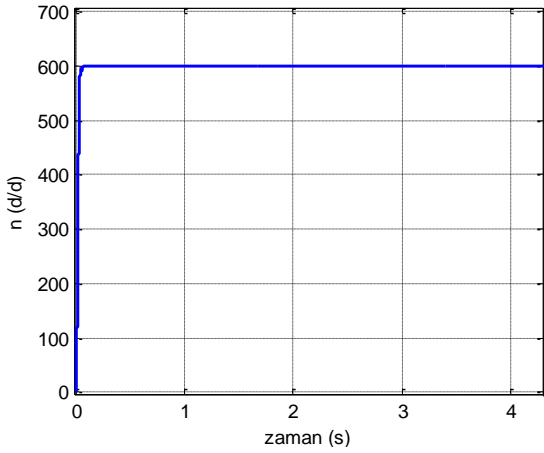
Şekil 8: ARM-pompa sistemi blok şeması.



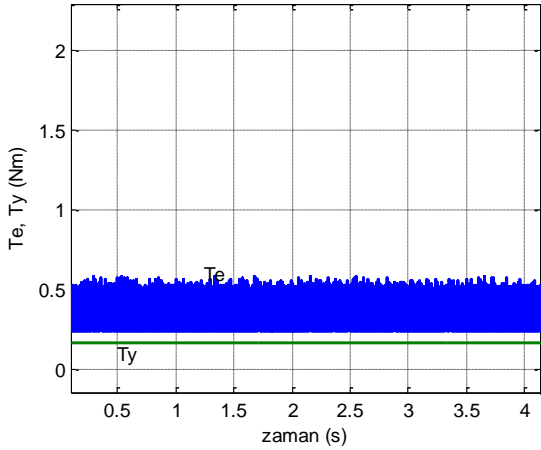
Şekil 9: Boost konvertör çıkış gerilimi değişim grafiği.



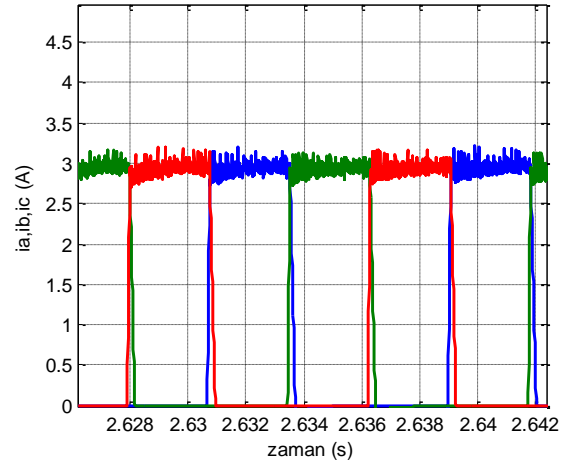
Şekil 10: Boost konverter çıkış akımı değişim grafiği.



Şekil 11: Rotor hızının zamana bağlı değişim grafiği.



Şekil 12: Yük momenti ile ARM momentinin zamana bağlı değişim grafiği.



Şekil 13: ARM üç faz akımının zamana bağlı değişim grafiği.

7. Sonuç

Bu çalışmada, doğrudan PV'den beslenen boost konvertöre bağlı ARM'li bir su pompası sisteminin simülasyonu yapılmıştır. Bu simülasyon sonucunda boost konvertör çıkış geriliminin referans gerilim değerini yakaladığı görülmüştür. Ayrıca konvertöre bağlı çalışan ARM'nin referans hızı yakaladığı görülmüştür. Bu çalışmanın mikrokontrolör tabanlı olarak gerçekleştirilmesi çalışmaları sürmektedir.

8. Kaynaklar

- [1] Arun, E., Sekar, K., "Automation of Pv Farmers Pump", Chennai and Dr.MGR University Second International Conference on Sustainable Energy and Intelligent System ,(SEISCON 2011), p. 163-166.
- [2] Li W., He X., "Review of Nonisolated High-Step-Up DC/DC Converters in Photovoltaic Grid-Connected Applications", IEEE Transaction on Industrial Electronics, Vol. 58, No. 4, p. 1239-1250, 2011.
- [3] Mohan, N., Undeland, M., T., William P., R., Power Electronic: Converters, Applications And Design, Ocak 2002.
- [4] Keunsoo H., Rae-Young K., R. Krishnan, "Position Estimation in Switched Reluctance Motor Drives Using The First Switching Harmonics Through Fourier Series, Transactions On Industrial Electronics", Vol. 58, No. 12, p. 5352-5360, 2011.
- [5] Sweta B., Aravind C. , A. B. Raju "Mathematical Modelling and Simulation of Directly Coupled PV Water Pumping System Employing Switched Reluctance Motor ", IEEE Pes Innovative Smart Grid Technologies-India, p. 386-390, 2011.
- [6] Chi Nan P., Tadahiko S., Akira S. "Sensorless Measurement of the Pulsatile Flow Through an Implantable Maglev Centrifugal Blood Pump During Ventricular Assistance", ICROS-SICE International Joint Conference , p. 3335-3338, 2009.
- [7] Lei X., Shijie Y., Fei W., Liming M., "The Experimental and Simulation Research on System Efficiency of Photovoltaic Pumping System", Institute of Power Electronics & Control Technology ICIEA, p. 2335-2339, 2009.