ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/387423863

Sürdürülebilir Enerji Uygulamaları için Yükselten Dönüştürücü Tasarımı

Conference Paper · December 2024

CITATIONS
0

1 author:



Ahmet Gani
Kayseri University
131 PUBLICATIONS **417** CITATIONS

SEE PROFILE

All content following this page was uploaded by Ahmet Gani on 26 December 2024.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

SÜRDÜRÜLEBİLİR ENERJİ UYGULAMALARI İÇİN YÜKSELTEN DÖNÜŞTÜRÜCÜ TASARIMI

Ahmet GANİ[1]

[1]Kayseri Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Kayseri, Türkiye.
[1]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-6487-6066

Özet

Güneş panelleri güne ve mevsimlere göre değişiklik gösteren ışınım miktarına bağlı olarak elektrik enerjisi üretirler. Aynı şekilde bir rüzgâr türbininin üretebileceği elektrik enerjisi de rüzgâr durumuna dolayısıyla da ortam şartlarına bağlıdır. Yakıt hücreleri ihtiyaç olan her yerde sürekli biçimde ortam koşullarına bağlı olmadan enerji üretimine katkı sağlayabilmektedirler. Dolayısıyla sürdürülebilir enerji uygulamaları için önemlidirler. Ortam şartlarına bağlı olmadan ve sürekli biçimde enerji üretimi yapan yakıt hücreleri, dünyada olduğu gibi ülkemizde de giderek önemli hale gelecek ve geniş uygulama alanlarına sahip olacaktır. Yakıt hücreleri elektro-kimyasal olaylar ile hidrojeni kullanarak elektrik enerjisi üretirler. Hidrojen endüstriyel uygulamalarda kullanılabilen, elektrik enerjisi üretilebilen ve çevre dostu bir yakıt türüdür. Hidrojenin yakıt olarak kullanılmasının sonucunda ortaya çıkan ürün sadece su ve su buharı olmaktadır. Yakıt hücrelerinde kimyasal enerji doğrudan elektrik enerjisine dönüştürülür. Yakıt hücreleri içinde proton değişim zarlı (PEM) yakıt hücreleri ön plana çıkmaktadır. PEM yakıt hücreleri düşük çalışma sıcaklıkları, yüksek güçte çalıştırılabilmeleri ve yüksek enerji verimliliklerinden dolayı özellikle elektrikli/hibrit araçlarda potansiyel bir güç kaynağı olarak ortaya çıkmaktadır. Yakıt hücrelerinin tek hücresinden elde edilen gerilimin düşük olması nedeniyle seri bağlantı yapıları geliştirilmiştir ve bu sayede istenilen çıkış gerilim değerlerine ulaşılmaktadır. Ancak bu durum hem boyutu hem de maliyeti arttırdığından yakıt hücresinin çıkışından istenilen gerilimin elde edilmesi için çeşitli doğru akım (DA) dönüştürücü devreleri geliştirilmiştir. Bu çalışmada sürdürülebilir enerji kaynaklarından olan 6kW nominal güçte çalışan PEM yakıt hücresi için yükselten bir DA-DA dönüştürücüsü Matlab/Simulink benzetim ortamında tasarlanmıştır. Benzetim çalışmaları PEM yakıt hücresi için nominal çalışma şartlarında sabit görev oranı ve yük ile gerçekleştirilmiştir. Benzetim çalışmasından elde edilen sonuçlar PEM yakıt hücresinin nominal çalışma şartları için tasarlanan yükselten DA-DA dönüştürücüsünün düşük çıkış gerilimine sahip PEM yakıt hücresi ile sürdürülebilir enerji uygulamalarında birlikte etkin bir şekilde kullanılabileceğini doğrulamıştır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir enerji, PEM yakıt hücresi, Yükselten dönüştürücü

DESIGN OF BOOST CONVERTER FOR SUSTAINABLE ENERGY APPLICATIONS

Abstract

Solar panels produce electrical energy depending on the amount of radiation that varies according to the day and season. Similarly, the electrical energy that a wind turbine can produce depends on the wind conditions and therefore the ambient conditions. Fuel cells can contribute to energy production wherever needed, continuously, without being dependent on ambient conditions. Therefore, they are important for sustainable energy applications. Fuel cells, which produce energy continuously and without being dependent on ambient conditions, will become increasingly important in our country as well as in the world and will have wide application areas. Fuel cells produce electrical energy using hydrogen through electrochemical events. Hydrogen is an environmentally friendly fuel type that can be used in industrial applications, can produce electrical energy. The product that emerges as a result of using hydrogen as fuel is only water and water vapor. Chemical energy is directly converted into electrical energy in fuel cells. Proton exchange membrane (PEM) fuel cells stand out among fuel cells. PEM fuel cells emerge as a potential power source especially in electric/hybrid vehicles due to their low operating temperatures, high power operation and high energy efficiency. Due to the low voltage obtained from a single cell of fuel cells, serial connection structures have been developed and thus the desired output voltage values can be achieved. However, since this situation

increases both the size and the cost, various direct current (DC) converter circuits have been developed to obtain the desired voltage from the output of the fuel cell. In this study, a DC-DC boost converter for a PEM fuel cell operating at a nominal power of 6 kW, which is one of the sustainable energy sources, was designed in the Matlab/Simulink simulation environment. Simulation studies were carried out with a fixed duty ratio and load under nominal operating conditions for the PEM fuel cell. The results obtained from the simulation study confirmed that the DC-DC boost converter designed for the nominal operating conditions of the PEM fuel cell can be effectively used together with the PEM fuel cell with low output voltage in sustainable energy applications.

Keywords: Sustainable energy, PEM fuel cell, Boost converter

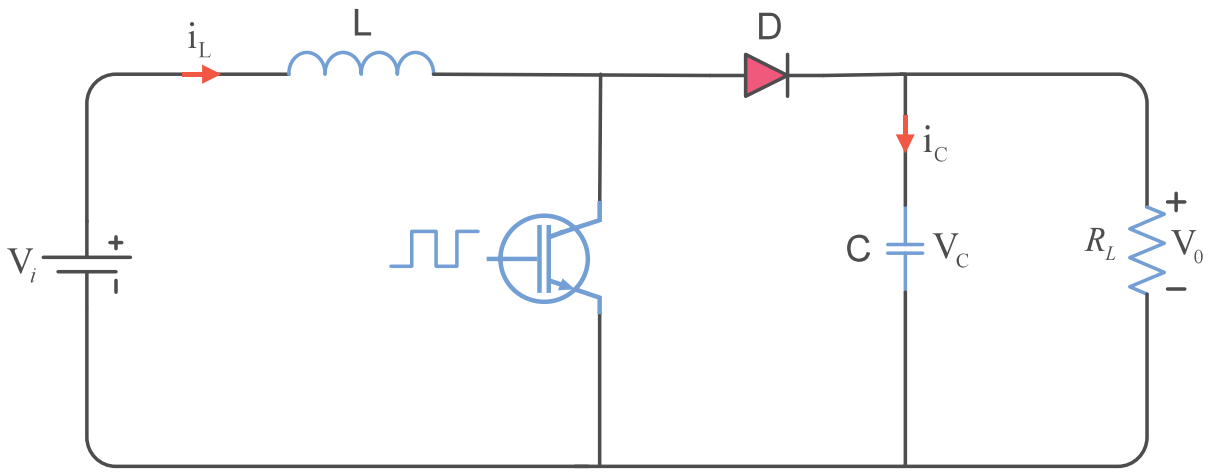
Giriş

Günümüzdeki sürdürülebilir enerji kaynaklarının en önemli dezavantajı, çıkış gerilimlerinin düşük seviyelerde olmasıdır. Bu sürdürülebilir enerji kaynaklarından biri de PEM yakıt hücresidir (Kart, 2021). Bu çalışmada PEM yakıt hücresinin çıkış gerilimini yükseltmek için yükselten doğru akım (DA) dönüştürücü önerilmiştir. Çalışma literatürü incelendiğinde sürdürülebilir enerji uygulamalarında kullanılan PEM yakıt hücresi için tasarlanan DA dönüştürücüler ile ilgili çalışmalar mevcuttur. Karaarslan ve Doğan yaptıkları çalışmada PEM yakıt hücresi için bir azaltan dönüştürücü tasarlamışlardır. (Karaaslan ve Doğan, 2017). Özkara ve ark. yaptıkları çalışmada PEM yakıt hücresiyle beslenen izoleli geri dönüşlü dönüştürücünün tasarımını gerçekleştirmişlerdir (Özkara ve ark., 2017). Bilhan yaptığı çalışmada yakıt hücresi uygulamaları için kademeli DA dönüştürücü ve klasik yükselten DA dönüştürücü devre yapılarını önermiştir (Bilhan, 2020). Gani yaptığı çalışmada PEM yakıt hücresinin ömrünü uzatmak için süper gerilim yükseltmeli Luo dönüştürücü önermiştir (Gani,2023). Yıldız yaptığı çalışmada PEM yakıt hücresi için paralel yapılı çift anahtarlı düşürücü yükseltici DA dönüştürücü tasarlamıştır (Yıldız,2016). Özdemir ve ark. yaptığı çalışmada elektrikli araçlarda kullanılmak üzere PEM yakıt hücresi beslemeli modifiye edilmiş pozitif gerilim yükseltmeli Luo dönüştürücü önermişlerdir. (Özdemir ve ark., 2019). Kocaarslan ve ark. yaptıkları çalışmada PEM yakıt hücresi için kademeli yükselten dönüştürücü tasarlamışlardır (Kocaarslan ve ark., 2019). Kart ve ark. yaptıkları çalışmada PEM yakıt hücresi için tek anahtarlı kademeli yükselten dönüştürücü tasarlamışlardır. (Kart ve ark.,2024).

Yukarıda bahsedilen çalışmalar genel olarak özetlenecek olursa yakıt hücreleri için farklı DA dönüştürücü yapıları tasarlanmıştır. Bu çalışmada ise araştırma literatüründeki çalışmalardan farklı olarak basit tasarım yapısı ve uygulanabilirliğinden dolayı klasik yükselten DA dönüştürücü tasarımına odaklanılmıştır. Çalışmanın geri kalan bölümleri şu şekilde ifade edilebilir. İkinci bölüm materyal ve metot kısmında klasik yükselten dönüştürücünün analizi verilmiştir. Üçüncü bölüm bulgular kısmında benzetim çalışmaları verilmiştir. Dördüncü bölüm sonuçlar kısmında ise benzetim çalışmasından elde edilen sonuçlara göre genel bir değerlendirme yapılmıştır.

Materyal ve Metot

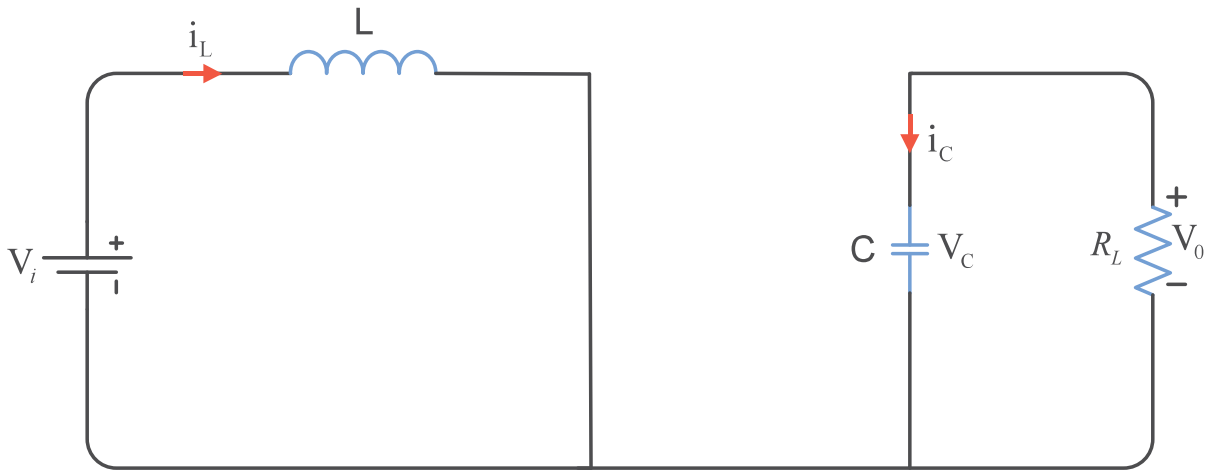
Yükselten DA dönüştürücü devre yapısı, girişindeki gerilim değerini çıkışında daha yüksek bir gerilim değerine getiren devre yapılarıdır (Rashid, 2011). Devre yapısı yarı iletken anahtarlama elemanı, indüktör, kondansatör, diyot ve yük direncinden oluşmaktadır (Keçecioğlu ve ark. 2019). Yükselten DA dönüştürücü devresinin analizi, yarı iletken anahtarlama elemanının iletim ve kesim durumları dikkate alınarak yapılmaktadır (Gani ve Şekkeli 2023). Şekil 1'de yükselten DA dönüştürücünün temel devre modeli verilmiştir.



Şekil 1. Yükselten DA dönüştürücünün temel devre modeli

2.1 Yarı İletken Anahtarın İletimde Olma Durumu

Yarı iletken anahtarın iletim durumu için yükselten DA dönüştürücünün eşdeğer devresi şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Yarı iletken anahtarın iletimde olma durumu

İlk olarak Şekil 2'de verilen yarı iletken anahtarın iletim durumu analiz edildiğinde; dönüştürücünün giriş gerilimi ile indüktör üzerindeki gerilim birbirine eşit olur ve denklem (1) ile ifade edilebilir:

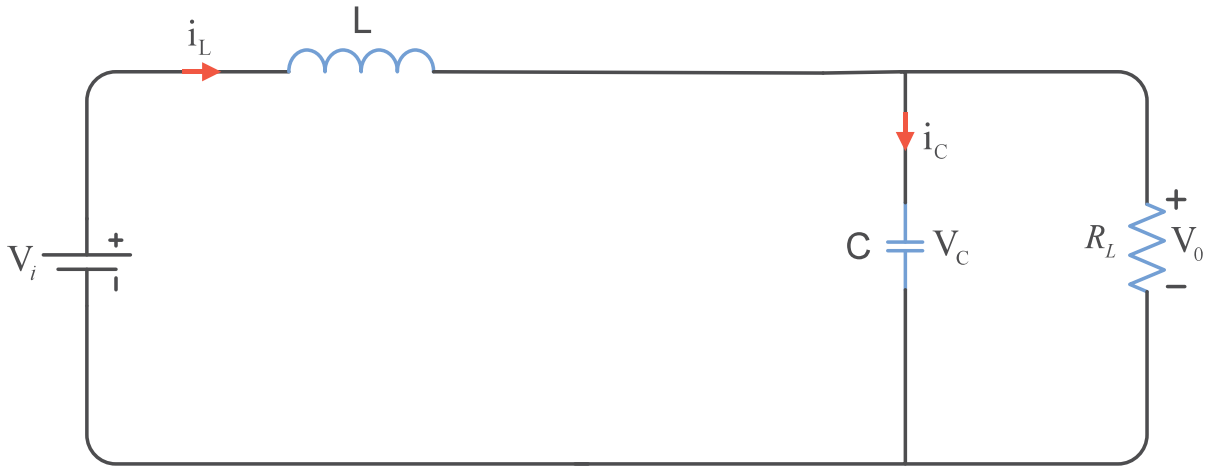
$$v_L = L\frac{di_L}{dt} = V_i \tag{1}$$

Burada; V_i, giriş gerilimi ve di_L/dt, ise indüktör üzerinden geçen akımın değişimidir. İndüktör akımı değişimi denklem 2'de verilmiştir.

$$\Delta i_L = \frac{V_i dT}{L} \tag{2}$$

2.2 Yarı İletken Anahtarın Kesimde Olma Durumu

Yarı iletken anahtarın kesimde olma durumunun eşdeğer devresi şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Yarı iletken anahtarın kesimde olma durumu

Şekil 3'de verilen yarı iletken anahtarın kesim durumu için ilk olarak gerilimler arasındaki ifade aşağıdaki gibidir:

$$V_L = L\frac{di_L}{dt} = V_i - V_0 \tag{3}$$

Burada; V_L, indüktör üzerindeki gerilimi, V_i giriş gerilimini ve V_0 ise çıkış gerilimini göstermektedir. İndüktör üzerinden geçen akımın değişimi ise aşağıdaki denklem ile elde edilebilir:

$$\Delta i_L = \frac{(V_i - V_0)(1-d)T}{L} \tag{4}$$

Burada; d dönüştürücünün görev oranıdır. Yükselten DA dönüştürücü yapısının kararlı çalışma durumu düşünülürse iletim ve kesim durumlarında indüktör üzerinden geçen akımların değişimleri birbirine eşit olmalıdır.

$$\frac{V_i dT}{L} = \frac{(V_i - V_0)(1-d)T}{L} \tag{5}$$

Denklem 5'de V_0 çekilirse;

$$V_0 = \frac{V_i}{1-d} \tag{6}$$

2.3. Yükselten DA Dönüştürücü Eleman Değerleri Seçimi

Sürekli iletim modu indüktör akımının devamlı akmaya devam ettiği dolayısıyla yük üzerinde devamlı yük akımının aktığı çalışma durumudur. Sürekli iletim modunda çalışma için tasarlanmış bir yükselten DA dönüştürücünün minimum sınır indüktör ve çıkış kondansatör değerleri sırasıyla denklem 7-8'de verilmiştir.

$$L_{\min} = \frac{\mathrm{d}(1-d)^2 R}{2f} \tag{7}$$

$$C_{\min} = \frac{V_0 dT}{R\Delta V_C} \tag{8}$$

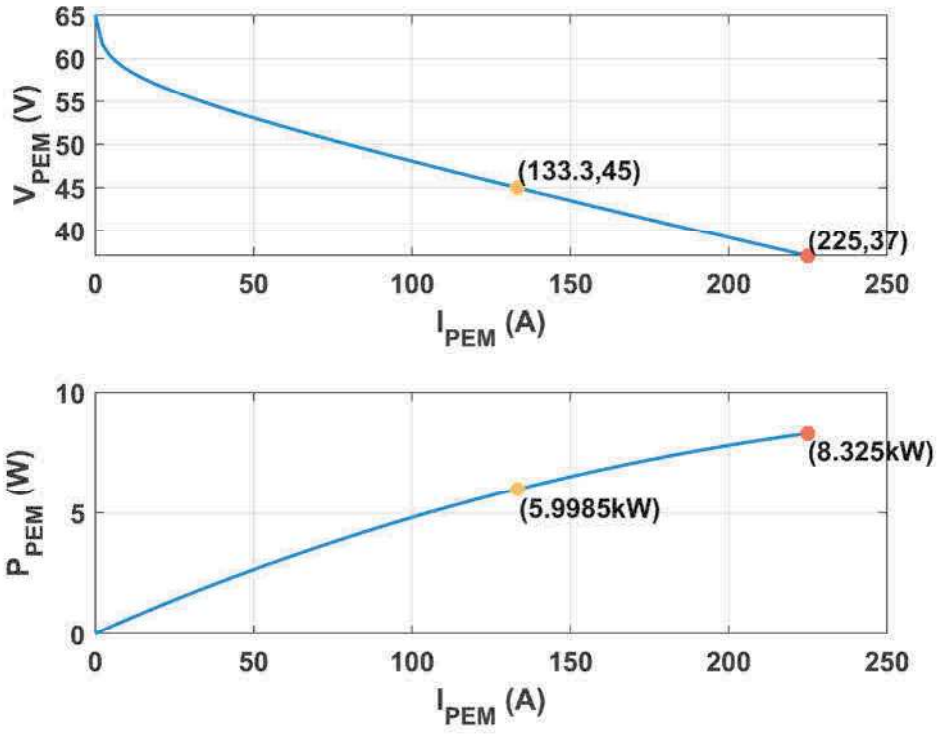
Sürekli iletim modunda çalışma için indüktör ve çıkış kondansatör değerleri hesaplanan sınır değerlerinden daha yüksek seçilmelidir (Açıkgöz ve Keçecioğlu, 2020). Benzetim çalışmaları için belirlenen, hesaplanan ve seçilen yükselten DA dönüştürücü eleman değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Benzetim çalışması için belirlenen, hesaplanan ve seçilen yükselten DA dönüştürücü eleman değerleri

Belirlenen değerler		
Giriş Gerilimi	V_i	45V
Çıkış Gerilimi	V_0	100V
Çıkış Akımı	I_0	60A
Yük Direnci	R	2Ω
Güç	P	6kW
Anahtarlama Frekansı	f	20Khz
C kondansatörü üzerindeki gerilimin dalgalılık oranı	£	0.05
Verim	η	%99.54
Hesaplanan Sınır Değerler		
İndüktör	L_s	4.62µH
Kapasitör	C_s	33.1mF
Seçilen Değerler		
İndüktör	L	500µH
Kapasitör	C	75mF

2.4. PEM Yakıt Hücresi

PEM yakıt hücresinde, akıma bağlı olarak gerilim ve güç değişimleri doğrusal olmamaktadır. Şekil 4'te 6 kW nominal güçte çalışan bir PEM yakıt hücresinin akım-gerilim (I-V) ve akım-güç (I-kW) karakteristiği verilmiştir.

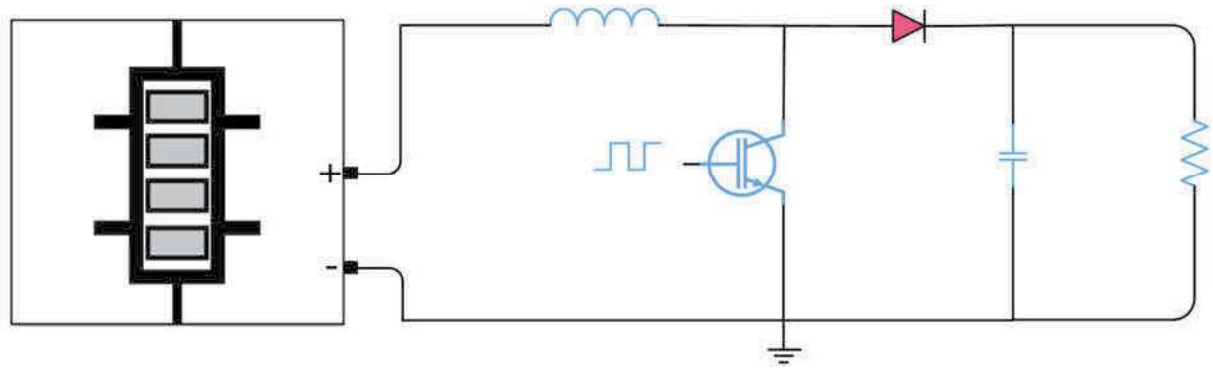


Şekil 4. 6kW nominal güçte çalışan bir PEM yakıt hücresinin (I-V) ve (I-kW) karakteristiği

Şekil 4'te yakıt hücresinin I-V karakteristiği incelendiğinde yakıt hücresinden çekilen akım arttıkça hücre geriliminin düştüğü görülmektedir. Yakıt hücresi I-kW karakteristiği incelendiğinde ise maksimum güç değerine (6kW) ulaşılana kadar yakıt hücresinden çekilen akım arttıkça yakıt hücresinden çekilen güç değerinin de arttığı gözlemlenmiştir (Gani ve Uçar ,2011).

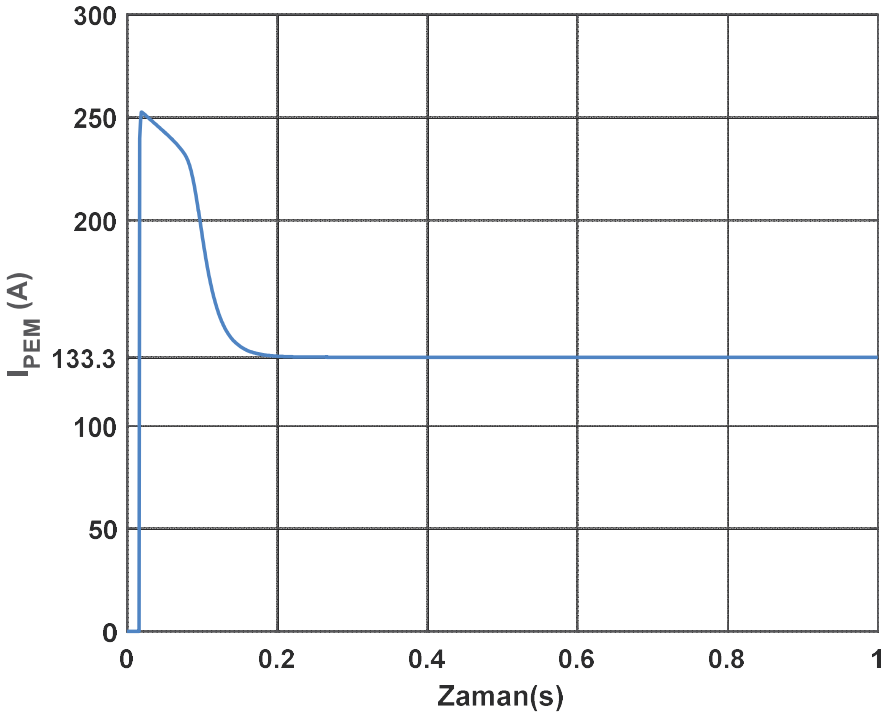
3. Bulgular

Benzetim çalışmalarında Matlab/Simulink programının 2019a lisanslı versiyonu kullanılmıştır. Çalışmanın benzetim süresi 1s olup örnekleme zamanı 100µs seçilmiştir. Benzetim çalışmalarında kullanılan PEM yakıt hücresi nominal çalışma şartlarında çalıştırılmıştır. PEM yakıt hücresi beslemeli yükselten DA dönüştürücü şekil 6'da verilmiştir.

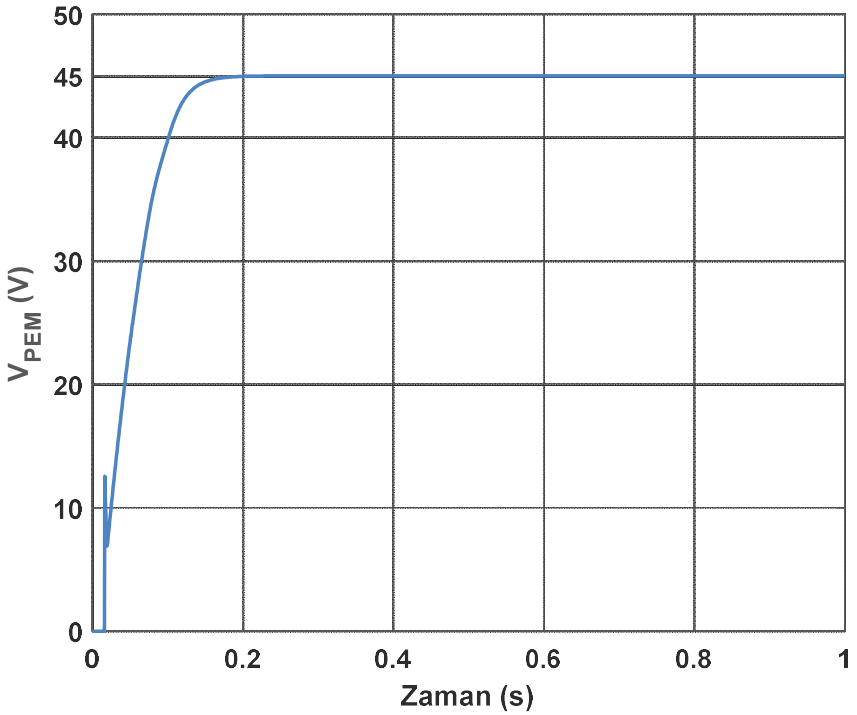


Şekil 6. PEM yakıt hücresi beslemeli yükselten DA dönüştürücü

Sabit görev oranı (0.55) ile çalıştırılan yükselten DA dönüştürücünün nominal çalışma şartlarına sahip PEM yakıt hücresinden çektiği akım ve hücre gerilimi sırasıyla şekil 7-8'de verilmiştir.

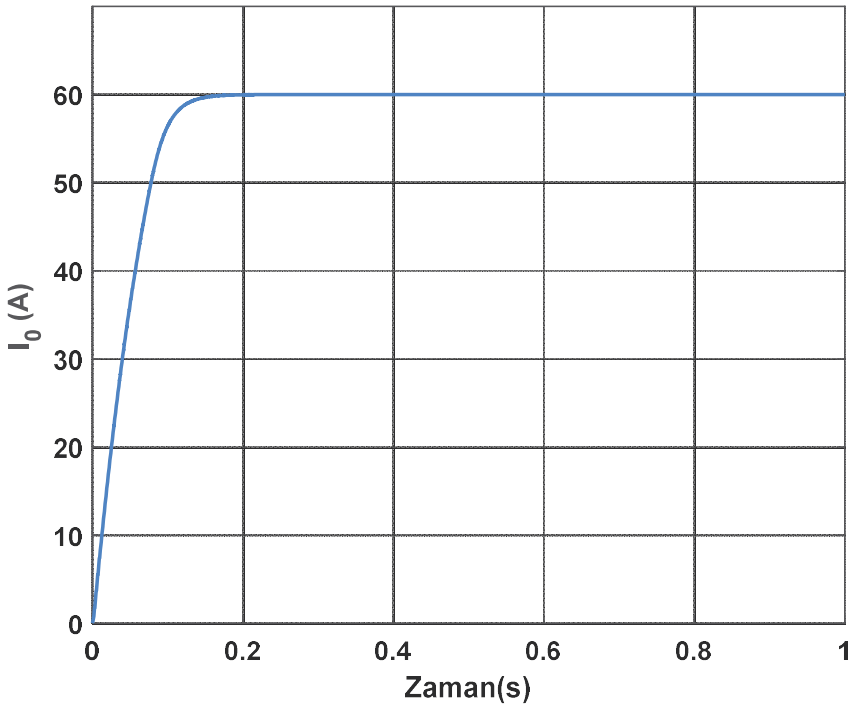


Şekil 7. PEM yakıt hücresinden çekilen akım

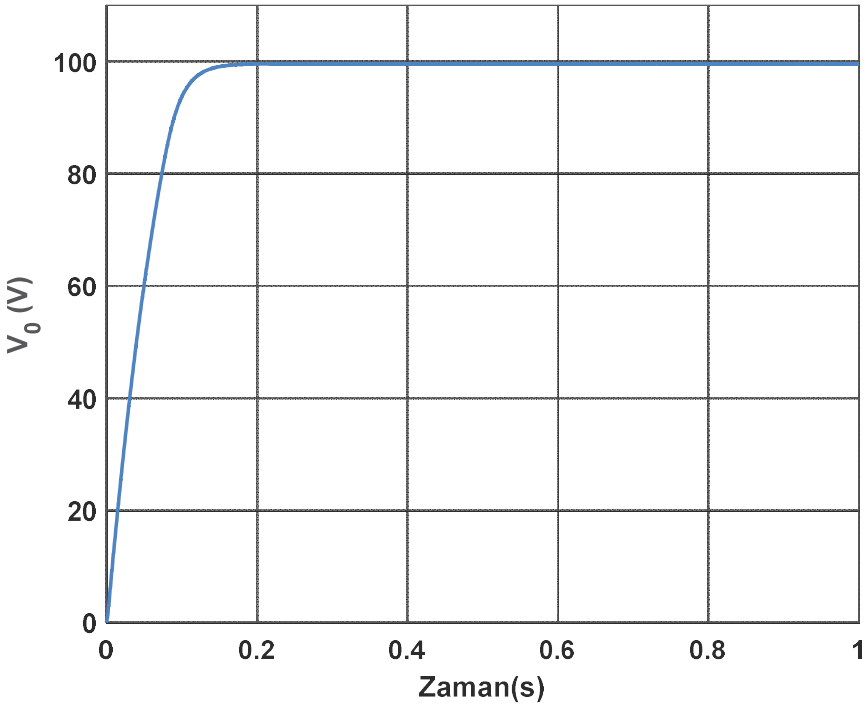


Şekil 8 PEM yakıt hücre gerilimi

Şekil 7-8 incelendiğinde PEM yakıt hücresinin nominal şartlardaki akım ve hücre gerilimi değerlerine ulaştığı görülmüştür. Şekil 9 ve 10'da ise sabit görev oranında (0.55) yükselten DA dönüştürücüsünün çıkış akımı ve gerilimi verilmiştir.



Şekil 9. Sabit görev oranında (0.55) yükselten DA dönüştürücüsünün çıkış akımı



Şekil 10. Sabit görev oranında (0.55) yükselten DA dönüştürücüsünün çıkış gerilimi

Şekil 9-10 incelendiğinde nominal şartlarda çalışan PEM yakıt hücresinin çıkış akım ve geriliminin belirlenen tasarım değerleri ile uyumlu olduğu görülmüştür.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada düşük çıkış gerilimine sahip PEM yakıt hücresinin nominal çalışma şartları için yükselten DA dönüştürücü tasarlanmıştır. Tasarlanan yükselten DA dönüştürücü %99.54 yüksek çalışma verimiyle nominal çalışma şartlarında kararlı ve oldukça tatmin edici sonuçlar vermiştir. Gelecek çalışmalarda farklı dönüştürücü devreleri kullanılarak çıkış akımı denetimli benzetim ve gerçek zamanlı çalışmalar yapılması hedeflenmektedir.

Kaynaklar

Açıkgöz, H. & Keçecioğlu, Ö.F. (2020). Aralıklı tip-2 bulanık mantık denetleyici tabanlı yükselten tip DA-DA çevirici yapısının denetimi ve deneysel analizi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2), 1061-1074. DOI: 10.35193/bseufbd.735757.

Bilhan, A. (2020). Yakıt pili uygulamaları için kademeli yükseltici DA/DA dönüştürücü devresinin tasarımı, *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 11(1), 29-37. DOI: 10.24012/dumf.527601.

Gani, A. (2023). PEM yakıt hücresi ömrünü uzatmaya yönelik temel seri pozitif süper gerilim yükseltmeli Luo çevirici tasarımı. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 39(3), 403-416.

Gani, A. & Şekkeli, M. (2023). Fotovoltaik panel beslemeli yükselten çeviricinin açık çevrim denetimi. *5. Uluslararası Türk Dünyası Fen Bilimleri ve Mühendislik Kongresi* 15-17 Eylül 2023, Bişkek-Kırgızistan.

Gani, A. & Uçar, I. (2024). Enhanced control of polymer electrolyte membrane fuel cell fed basic series positive super voltage lift Luo converter using interval type-2 fuzzy logic. *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology*, 12(2), 457-467. DOI: 10.29109/gujsc.1433379.

Karaarslan, A. & Doğan, R. (2017). Modeling and control of DC-DC buck converter using PEM fuel cell. *Gaziosmanpasa Journal of Scientific Research*. 6: 94-105.

Kocaarslan, I. Kart, S. Genc, N. & Uzmus, H. (2019). Design and application of PEM fuel cell-based cascade boost converter. *Electrical Engineering*, 101, 1323-1332. DOI: 10.1007/s00202-019-00871-0.

Kart, S. (2021). Yakıt hücre sistemleri için çift katlı yükselten DA-DA dönüştürücünün kontrolü.114s, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.

Kart, S. Demir, F. Kocaarslan, I. & Genc, N. (2024). Increasing PEM fuel cell performance via fuzzy-logic controlled cascaded DC-DC boost converter. *International Journal of Hydrogen Energy*, *54*, 84-95. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2023.05.130.

Keçecioğlu, Ö.F. Kılıç, E. Gani, A. & Şekkeli, M. (2019). Yükselten DA-DA dönüştürücünün LQR denetleyici kullanılarak optimal denetimi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(1), 83-88.

Rakhtala, S. M. Ghaderi, R. & Ranjbar, N.A. (2011). Prolong the stack life of PEM fuel cell system via higher order sliding mode control. In the *2nd International Conference on Control, Instrumentation and Automation*. pp. 13-18.

Rashid, M.H. (2011). Power Electronics Handbook, Butterworth-Heinemann.

Yıldız, E. (2016). PEM tipi yakıt pillerinde çıkış akımının dalgalanmasını azaltmaya yönelik bir DC/DC dönüştürücü tasarımı ve uygulaması. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi,80s, İstanbul.

Ozdemir, L. Gani, A. & Kececioglu, O.F. (2019). Design of high gain Luo converter for fuel cells in electrical vehicles. *International Symposium on Advanced Engineering Technologies*, 02-04 May 2019, Kahramanmaras.

Ozkara O, Tokgoz N, Dogan R, & Karaarslan A. (2017).The analysis of OCC and PI control method for isolated fly-back converter using PEM fuel cells. *Gaziosmanpasa Journal of Scientific Research*. 6: 40-49.