ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/387423860

Yenilenebilir Enerji Uygulamaları için Fotovoltaik Panel Beslemeli Kademeli Yükselten Luo Dönüştürücü Tasarımı

Conference Paper · December 2024

CITATIONS
0

READS
3

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.

YENİLENEBİLİR ENERJİ UYGULAMALARI İÇİN FOTOVOLTAİK PANEL BESLEMELİ KADEMELİ YÜKSELTEN LUO 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

Doğru akım-doğru akım (DA-DA) güç dönüştürücüleri farklı güç uygulamaları için farklı gerilim seviyeleri sunabildikleri için yenilenebilir enerji üretim sistemlerinde önemli bir konuma sahiptir. Güneş enerjisi santrallerinde fotovoltaik (FV) panellerden elde edilen gücün yüke aktarımı için DA-DA güç dönüştürücüleri kullanılır. Genel olarak azaltan, yükselten veya azaltan-yükselten gibi klasik DA-DA güç dönüştürücüleri basit yapıları nedeniyle tercih edilir. Ancak, parazitik bileşenlerin varlığı, bobin manyetik doygunluğu, diyotlar ve güç anahtarları nedeniyle sınırlı gerilim transfer kazancı gibi çeşitli sorunlara da neden olabilirler. Dahası, klasik güç dönüştürücülerindeki görev oranı, istenen çıkış gerilimi artışı nedeniyle önemli ölçüde artar ve bu da dönüştürücü için daha yüksek anahtarlama kaybına neden olur. Kademeli yükselten Luo güç dönüştürücüleri klasik güç dönüştürücülerinin dezavantajlarının üstesinden gelmek için kullanılabilir. Modifiye edilmiş pozitif gerilim yükseltmeli Luo güç dönüştürücüsü yenilenebilir enerji uygulamaları için kademeli şekilde yüksek gerilim kazancı sağlar. Modifiye edilmiş pozitif gerilim yükseltmeli Luo güç dönüştürücüsü, akım ve gerilim dalgalanmalarını azaltır ve diğer klasik DA-DA güç dönüştürücülerine kıyasla düşük anahtarlama elemanı kaybı, yüksek çıkış gerilimi ve yüksek güç dönüştürme verimliliği sağlar. FV panellerin çıkış gerilimleri düşüktür. FV panellerin çıkış gerilimlerini artırmak için seri bağlanmaları gerekir. Seri bağlama maliyeti artırmaktadır. Bu çalışmada, düşük çıkış gerilimine sahip bir FV panelin çıkış gerilimini daha yüksek gerilim seviyelerine çıkarmak için modifiye edilmiş pozitif gerilim yükseltmeli bir Luo güç dönüştürücü tasarlanması amaçlanmıştır. Bu amaçla, FV panel beslemeli modifiye edilmiş pozitif gerilim yükseltmeli Luo güç dönüştürücüsü Matlab/Simulink benzetim ortamında modellenmiştir. FV panel beslemeli modifiye edilmiş pozitif gerilim yükseltmeli Luo güç dönüştürücüsü standart test koşulları altında (1000 W/m^2 güneş ışınımı ve 25 ^{O}C panel sıcaklığı) sabit görev oranı ve yük ile analiz edilmiştir. Benzetim çalışmasının bulguları, FV panel beslemeli modifiye edilmiş pozitif gerilim yükseltmeli Luo güç dönüştürücü topolojisinin yenilenebilir enerji uygulamaları için uygun olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Fotovoltaik panel, modifiye edilmiş pozitif gerilim yükseltmeli Luo dönüştürücü, yenilenebilir enerji uygulamaları

DESIGN OF PHOTOVOLTAIC PANEL-FED STEP-UP LUO CONVERTER FOR RENEWABLE ENERGY APPLICATIONS

Abstract

Direct current-direct current (DC-DC) power converters have an important position in renewable energy production systems because they can provide different voltage levels for different power applications. DC-DC power converters are used to transfer the power obtained from photovoltaic (PV) panels to the load in solar power plants. In general, classical DC-DC power converters such as step-down, step-up or step-down-step-up are preferred due to their simple structures. However, they can also cause various problems such as limited voltage transfer gain due to the presence of parasitic components, coil magnetic saturation, diodes and power switches. Moreover, the duty ratio in classical power converters increases significantly due to the desired output voltage increase, which results in higher switching loss for the converter. Step-up Luo power converters can be used to overcome the disadvantages of classical power converters. The modified positive voltage-lift Luo power converter provides high voltage gain in a step-up manner for renewable energy applications. The modified positive voltage-lift Luo power converter reduces current and voltage ripple and provides low switching element loss, high output voltage and high power conversion efficiency compared to other classical

DC-DC power converters. The output voltages of PV panels are low. PV panels need to be connected in series to increase their output voltage. Series connection increases the cost. In this study, it is aimed to design a modified positive voltage-lift Luo power converter to increase the output voltage of a PV panel with low output voltage to higher voltage levels. For this purpose, the PV panel fed modified positive voltage-lift Luo power converter is modelled in MATLAB/Simulink simulation environment. The PV panel fed modified positive voltage-lift Luo power converter is analysed under standard test conditions (1000 W/m^2 solar irradiance and 25 ^{O}C panel temperature) with fixed duty ratio and load. The findings of the simulation study showed that the PV panel fed modified positive voltage-lift Luo power converter topology is suitable for renewable energy applications.

Keywords: Photovoltaic panel, the modified positive voltage-lift Luo converter, renewable energy applications

Giriş

Güç elektroniğinde büyük öneme sahip DA-DA dönüştürücüler yenilenebilir enerji kaynakları ve yük arasında enerji dönüşüm elemanı olarak kullanılırlar. (Özdemir, 2018). Literatürde çeşitli DA-DA dönüştürücü topolojileri bulunmaktadır. En yaygın kullanılan dönüştürücü topolojileri arasında geleneksel DA-DA dönüştürücüler yer almaktadır (Yılmaz ve ark., 2018) Geleneksel DA-DA dönüştürücüler genellikle devre modellerindeki parazitik elemanlar nedeniyle sınırlı bir çıkış gerilimi ve güç dönüşüm verimliliği sağlarlar. Bu nedenle, bu sorunu ortadan kaldırmak için yüksek gerilim kazançlı DA-DA dönüştürücüler kullanılır (He ve Luo, 2005). Daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde yenilenebilir enerji uygulamaları için tasarlanan fotovoltaik panel beslemeli kademeli gerilim yükselten Luo dönüştürücüler ile ilgili çalışmalar mevcuttur. Bunlardan bazıları tablo 1 ‘de verilmiştir.

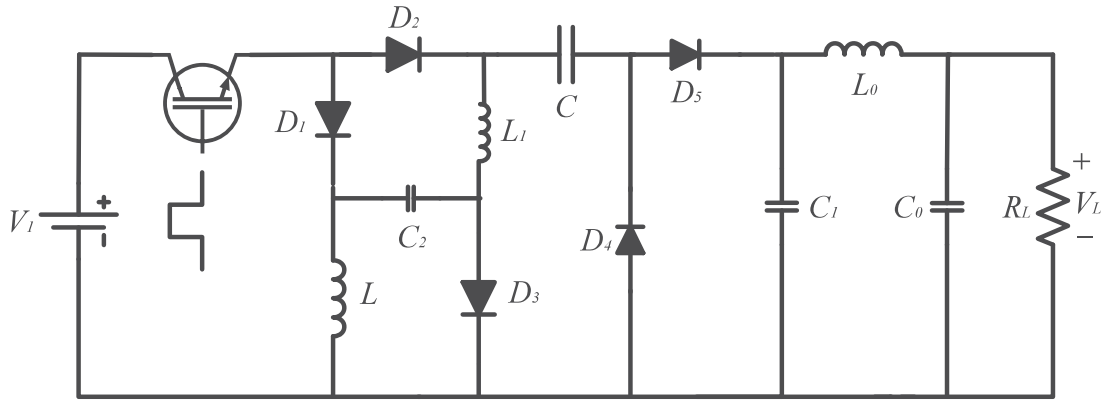
Tablo 1. Fotovoltaik panel beslemeli kademeli gerilim yükselten Luo dönüştürücüler ile ilgili çalışmalar

Çalışmalar	Dönüştürücü Tipi	Gerilim Kazancı
(Keçecioğlu ve ark., 2021)	Modifiye Edilmiş Pozitif Gerilim Yükseltmeli Luo	5.02
(Hussein ve ark., 2022)	Modifiye Edilmiş Süper Gerilim Yükseltmeli Luo	8
(Pansare, 2017)	Modifiye Edilmiş Pozitif Gerilim Yükseltmeli Luo	5.55

Yukarıda bahsedilen çalışmalar genel olarak özetlenecek olursa farklı gerilim kazançlarında maksimum güç noktası takipçili fotovoltaik panel beslemeli kademeli gerilim yükselten Luo dönüştürücüler tasarlanmıştır. Bu çalışmada ise daha önceki çalışmalardan farklı olarak tasarlanan modifiye edilmiş pozitif gerilim yükseltmeli Luo dönüştürücü ile sabit görev oranında daha yüksek gerilim kazancı elde edilmiştir. Çalışmanın geri kalan bölümleri şu şekilde ifade edilebilir. İkinci bölüm materyal ve metot kısmında modifiye edilmiş pozitif gerilim yükseltmeli Luo dönüştürücü tasarımı 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

Modifiye edilmiş pozitif gerilim yükseltmeli Luo dönüştürücü sürekli iletim modunda çalışırken analiz edilmektedir. Sürekli iletim modunda analiz yapılırken devre elemanlarının ideal olduğu düşünülmüştür. Sürekli iletim modu analizi devrede anahtarlama devre elemanının kapalı ve açık durumu için gerçekleştirilmektedir. Devre şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Modifiye edilmiş pozitif gerilim yükseltmeli Luo dönüştürücü

Modifiye edilmiş pozitif gerilim yükseltmeli Luo dönüştürücü sürekli iletim modunda çalışırken indüktörlerdeki akım değişimleri ve kapasitörlerdeki gerilim değişimleri esas alınarak eleman sınır değerleri denklem (1-8) kullanılarak hesaplanmaktadır.

L indüktöründen geçen akımın değişim oranı şu şekilde hesaplanabilir:

$$\zeta = \frac{\Delta I_L / 2}{I_L} = \frac{R_L k}{M^2 f L} \tag{1}$$

Benzer şekilde L_1 indüktörü için değişim oranı şu şekilde verilir:

$$\zeta_1 = \frac{\Delta I_{L1} / 2}{I_{L1}} = \frac{R_L k}{M^2 f L_1} \tag{2}$$

C kondansatörü üzerindeki gerilimin değişim oranı şu şekilde hesaplanır:

$$\sigma = \frac{\Delta V_C / 2}{V_C} = \frac{1}{f C R_L (1+k)} \tag{3}$$

Benzer şekilde C_1 kondansatörü için değişim oranı şu şekilde hesaplanır:

$$\sigma_1 = \frac{\Delta V_{C_1} / 2}{V_{C_1}} = \frac{1}{f C_1 R_L M} \tag{4}$$

C_2 kondansatörü için değişim oranı şu şekilde hesaplanır:

$$\sigma_2 = \frac{\Delta V_{C_2} / 2}{V_{C_2}} = \frac{M}{2 f C_2 R_L} \tag{5}$$

L_0 indüktöründen geçen akımın değişim oranı şu şekilde verilir:

$$\zeta_0 = \frac{\Delta I_{L_0} / 2}{I_{L_0}} = \frac{1}{8 f^2 C_1 M L_0} \tag{6}$$

C_0 kondansatörü üzerindeki gerilimin değişim oranı şu şekilde ifade edilebilir:

$$\sigma_0 = \frac{\Delta V_{C_0} / 2}{V_{C_0}} = \frac{1}{64 R_L M f^3 L_0 C_0 C_1} \tag{7}$$

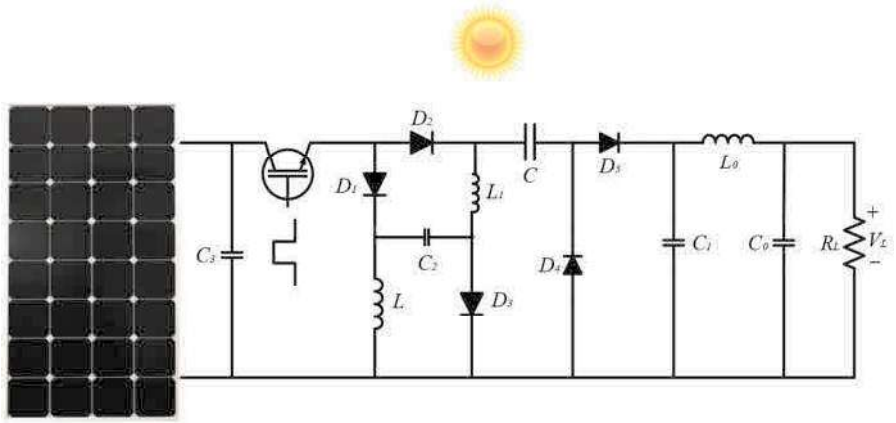
Ve son olarak da dönüştürücünün gerilim kazancı aşağıdaki gibi verilebilir:

$$M = \frac{V_L}{V_1} = \frac{2}{1-k} \tag{8}$$

Burada k dönüştürücü görev oranını temsil etmektedir (Keçecioğlu,2019).

Bulgular

Benzetim çalışmalarında Matlab/Simulink programının 2024b lisanslı versiyonu kullanılmıştır. Çalışmanın benzetim süresi 1s olup örnekleme zamanı 100µs seçilmiştir. Fotovoltaik panel beslemeli modifiye edilmiş pozitif gerilim yükseltmeli Luo dönüştürücü şekil 2'de verilmiştir.



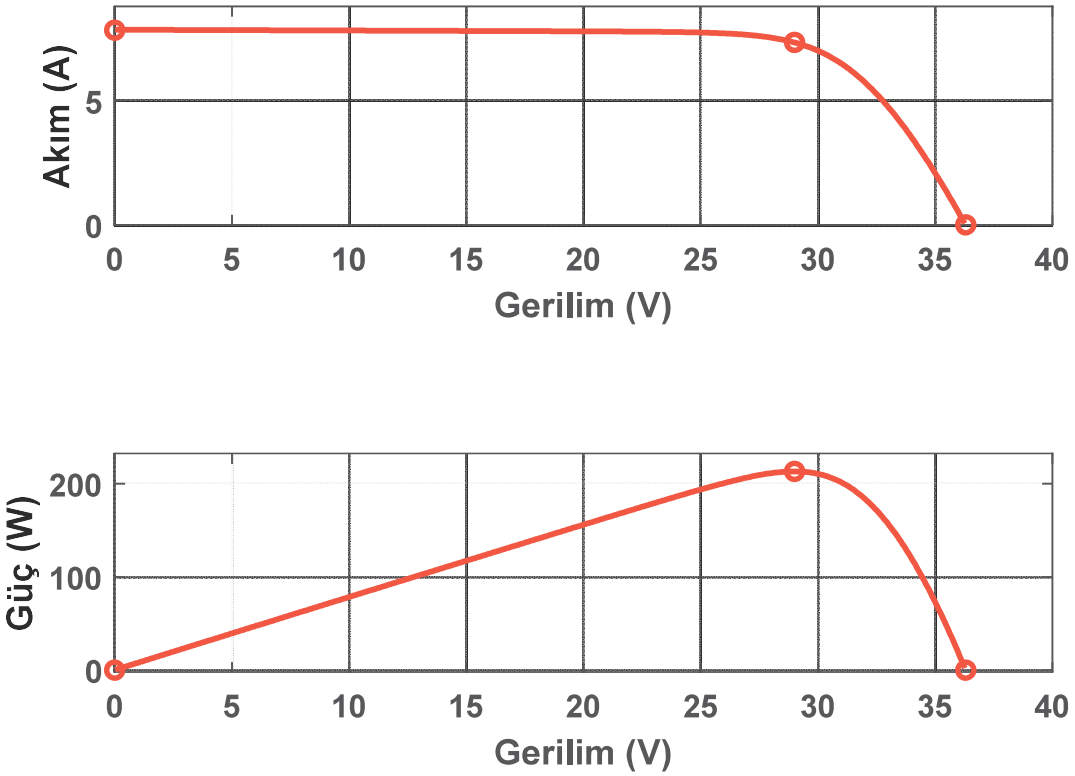
Şekil 2. Fotovoltaik panel beslemeli modifiye edilmiş pozitif gerilim yükseltmeli Luo dönüştürücü

Benzetim çalışmaları için belirlenen ve seçilen modifiye edilmiş pozitif gerilim yükseltmeli Luo dönüştürücü eleman değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Modifiye edilmiş pozitif gerilim yükseltmeli Luo dönüştürücü için belirlenen ve seçilen değerler

Belirlenen değerler		
Giriş Gerilimi	V_{FV}	35.8V
Çıkış Gerilimi	V_L	400V
Çıkış Akımı	I_0	0.052A
Yük Direnci	R_L	7.5kΩ
Güç	P	21.33W
Anahtarlama Frekansı	f	40Khz
C_0, C, C_1, C_2 kondansatörleri üzerindeki gerilimlerin dalgalılık oranları	$\sigma_0, \sigma, \sigma_1, \sigma_2$	%1
L_0, L, L_1 indüktörlerinden akan akımların dalgalılık oranları	ζ_0, ζ, ζ_1	%20
Verim	η	%75.39
Gerilim Kazancı	M	11.17
Seçilen Değerler		
İndüktör	L	10mH
İndüktör	L_0	10mH
İndüktör	L_1	10mH
Kapasitör	C_0	10µF
Kapasitör	C	100µF
Kapasitör	C_1	10µF
Kapasitör	C_2	470µF
Kapasitör	C_3	150µF

Fotovoltaik panelden çekilen akım ve alınan gerilim ortam şartlarına bağlıdır. Bu çalışmada fotovoltaik panel standart test koşullarında (1000 W/m^2 ışınım ve 25^{o}C sıcaklık) çalıştırılmıştır. Fotovoltaik panelin standart test koşullarındaki akım-gerilim ve güç gerilim karakteristikleri şekil 3'te verilmiştir.



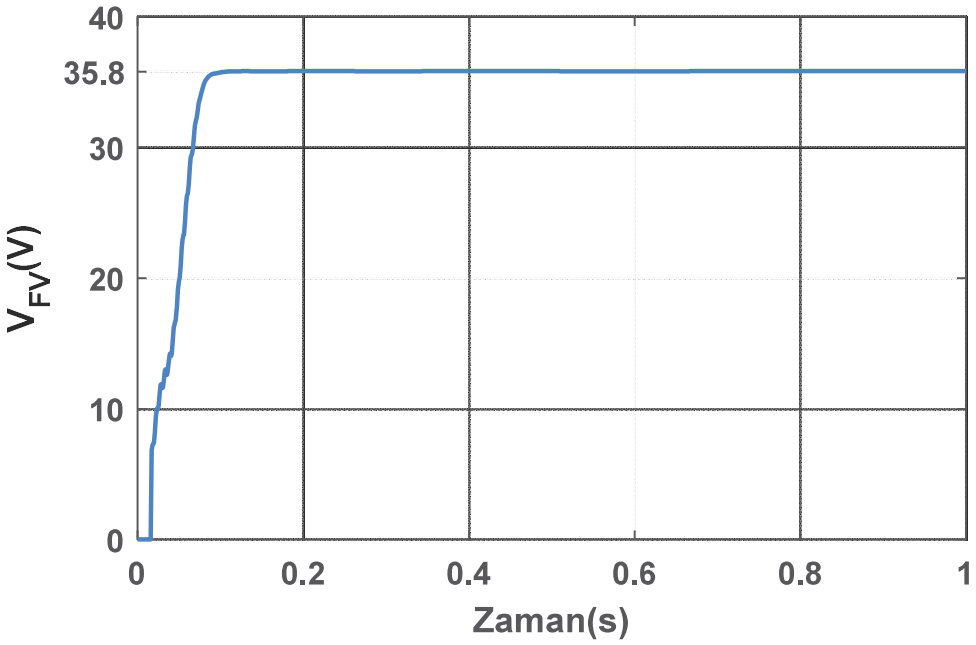
Şekil 3. Fotovoltaik panelin standart test koşullarındaki akım-gerilim ve güç gerilim karakteristikleri

Şekil 3'te görüldüğü gibi fotovoltaik panelin akım-gerilim ve güç-gerilim karakteristikleri doğrusal değildir ve farklı çalışma noktaları vardır. Çalışmada kullanılan fotovoltaik panelin etiket değerleri tablo 3'te verilmiştir.

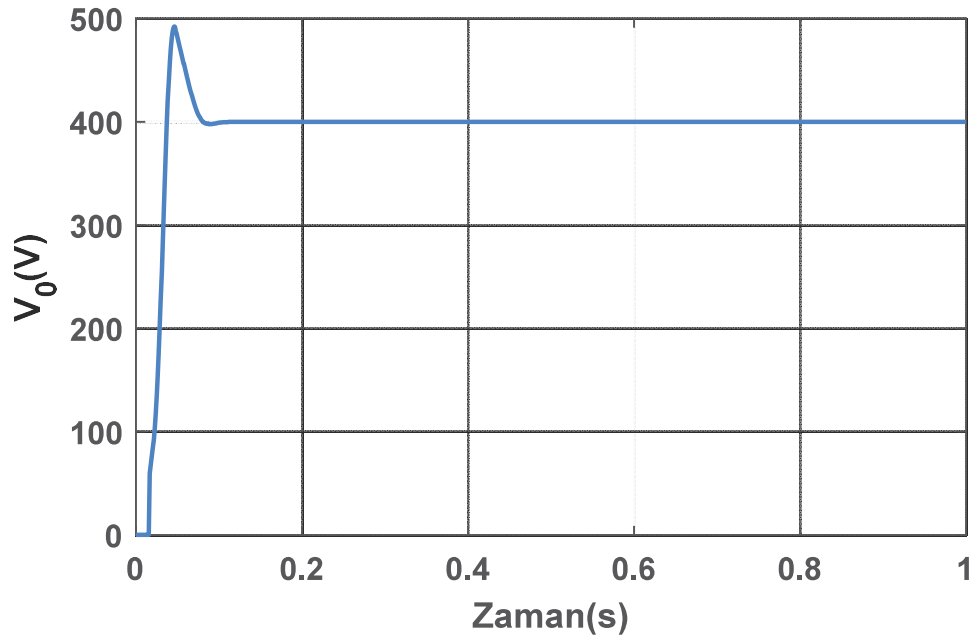
Tablo 3. Fotovoltaik panelin etiket değerleri

Panel Tipi	Polikristal
Panel Model	1STH-215-P
Maksimum Çalışma Noktası Gerilimi	29V
Maksimum Çalışma Noktası Akımı	7.35A
Açık Devre Gerilimi	36.3V
Kısa Devre Akımı	7.84A
STK için Maksimum Güç	213.15W
Panel Verimi	%13.7
Bağlantı Tipi	1seri- 1paralel

Şekil 4 ve 5'te ise sabit görev oranında (0.822) fotovoltaik panel beslemeli modifiye edilmiş pozitif gerilim yükseltmeli Luo dönüştürücünün giriş ve çıkış gerilimi sırasıyla verilmiştir.



Şekil 4. Sabit görev oranında (0.822) fotovoltaik panel beslemeli modifiye edilmiş pozitif gerilim yükseltmeli Luo dönüştürücünün giriş gerilimi



Şekil 5. Sabit görev oranında (0.822) fotovoltaik panel beslemeli modifiye edilmiş pozitif gerilim yükseltmeli Luo dönüştürücünün çıkış gerilimi

Şekil 4-5 incelendiğinde standart test koşullarında sabit görev oranında çalışan fotovoltaik panel beslemeli modifiye edilmiş pozitif gerilim yükseltmeli Luo dönüştürücünün giriş ve çıkış geriliminin tasarım için belirlenen değerler ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Sonuçlar

Bu çalışmada düşük çıkış gerilimine sahip fotovoltaik panel için standart test koşullarında modifiye edilmiş pozitif gerilim yükseltmeli Luo dönüştürücü tasarlanmıştır. Tasarlanan dönüştürücü standart test koşullarında

11.17 kat yüksek gerilim kazancıyla sabit görev oranında kararlı ve dayanıklı sonuçlar vermiştir. Gelecek çalışmalarda çift yönlü yüksek kazançlı dönüştürücü devrelerinin tasarımı hedeflenmektedir.

Kaynaklar

Hussein, H.A.K & Motlak, H.J. (2022). Improving the design of super-lift Luo converter using hybrid switching capacitor-inductor cell for PV system. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 25(2), 710-720. DOI:10.11591/ijeecs.v25.i2.pp710-720.

He, Y & Luo, F.L. (2005). Analysis of Luo converters with voltage-lift circuit. *IEE Proceedings-Electric Power Applications*, 152(5), 1239-1252.

Kececioglu, O.F. Gani, A. & Şekkeli, M. (2021). Improved hybrid intelligent controller design for MPPT of stand-alone PV System. *Turkish Journal of Engineering*, *5*(1), 20-28.DOI: 10.31127/tuje.652229.

Kececioglu, O. F. (2019). Robust control of high gain DC-DC converter using Type-2 fuzzy neural network controller for MPPT. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 37(1),941-951.DOI: 10.3233/JIFS-181770.

Özdemir L. (2018). PEM tipi yakıt pili için yüksek kazançlı DA-DA dönüştürücü tasarımı ve benzetimi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi,78s, Kahramanmaraş.

Pansare, C. Sharma, S. K. Jain, C. & Saxena, R. (2017). Analysis of a modified positive output Luo converter and its application to solar PV system. *IEEE Industry Applications Society Annual Meeting,* pp. 1-6.

Yilmaz, U. Kircay, A. Borekci, S. (2018). PV system fuzzy logic MPPT method and PI control as a charge controller, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 81(1), pp.994-1001.DOI: 10.1016/j.rser.2017.08.048.