SEPIC Dönüştürücü Gerilim Kararlılığı için WSO Optimizasyonlu PID Denetleyici Tasarımı

WSO-Optimized PID Controller Design for SEPIC Converter Voltage Stability

2024 8th International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium (IDAP) | 979-8-3315-3149-2/24/$31.00 ©2024 IEEE | DOI: 10.1109/IDAP64064.2024.10710743

Furkan Muhammed KIRIKCI
Electrical and Electronics Engineering
Karadeniz Technical University
Trabzon, Türkiye
mfurkankirikci@ktu.edu.tr

Ömür AKYAZI
Energy Systems Engineering
Karadeniz Technical University
Trabzon, Türkiye
oakyazi@ktu.edu.tr

Hakan KAHVECİ
Electrical and Electronics Engineering
Karadeniz Technical University
Trabzon, Türkiye
hknkahveci@ktu.edu.tr

***Özetçe*— Bu çalışmada, değişken güneş ışınımına (W/m²) sahip fotovoltaik panel kaynaklı veya sabit gerilim değerinde bir kaynağa sahip DA-DA dönüştürücünün PID denetleyicisinin performansı, Geliştirilmiş Ziegler-Nichols Yöntemi ve Beyaz Köpek Balığı Optimizasyonu (WSO) ile karşılaştırılmıştır. Fotovoltaik panellerin doğrusal olmayan V-I karakteristiğini aşarak sistem güvenilirliğini sağlamak amacıyla, gerilim yükseltme, düşürme, sabit tutma ve giriş gerilimi ile aynı kutupta bulunma özelliklerine sahip SEPIC dönüştürücü kullanılmıştır. Sistemin değişken koşulları, PID (Oransal-İntegral-Türevsel) denetleyici ile kontrol edilmiştir. Sistem performansını belirleyen denetleyici, zaman ve mutlak hatanın integrali (ITAE), yükselme süresi (Tr) ve aşım miktarı (Mp) gibi parametreleri optimize eden algoritma aracılığıyla değerlendirilmiştir. MATLAB/Simulink'te gerçekleştirilen benzetim sonuçları, optimizasyon algoritması ile elde edilen denetleyicinin performansının klasik yöntemlere göre daha üstün olduğunu göstermektedir. Bu çalışma, güneş enerjisi uygulamalarında SEPIC dönüştürücü ve PID denetleyicisinin birlikte kullanımının etkinliğini ve metasezgisel optimizasyon yöntemlerinin önemini vurgulamaktadır.**

Anahtar Kelimeler — SEPIC Dönüştürücü, Geliştirilmiş Ziegler-Nichols Yöntemi, Beyaz Köpek Balığı Optimizasyonu, Fotovoltaik Sistem, MATLAB.

Abstract— In this study, the performance of the PID controller of a DC-DC converter with a photovoltaic panel source with variable solar irradiance (W/m²) or a constant voltage source is compared with the Modified Ziegler-Nichols Method and White Shark Optimization (WSO). In order to overcome the nonlinear V-I characteristic of the photovoltaic panels and ensure system reliability, a SEPIC converter with voltage step-up, step-down, hold constant and same polarity with the input voltage is used. The variable conditions of the system are controlled by a PID (Proportional-Integral-Derivative) controller. The performance of the controller is evaluated by means of algorithms that optimize parameters such as integral of time and absolute error (ITAE), rise time (Tr) and overshoot amount (Mp). Simulation results in MATLAB/Simulink show that the performance of the controller obtained with the optimization algorithm is superior to the classical methods. This study highlights the importance of metaheuristic optimization methods and the importance of using SEPIC converter and PID controller together in solar energy applications.

Keywords — SEPIC Converter, Modified Ziegler-Nichols Method, White Shark Optimization, Photovoltaic System, MATLAB.

I. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ve artan enerji talebi, fosil yakıtların kullanımını sürdürmesine rağmen, temiz ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı olan fotovoltaik enerjinin önemini her geçen gün artırmaktadır. Fosil yakıtların yüksek kullanım oranı, doğanın yenilenme ve kendini koruma süreçlerini tehdit etmektedir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) yayınladığı rapora göre, 2018 yılı son 136 yılın en sıcak yılı olup, bu sıcaklık son 30 yılda 0.5 °C artmıştır [1]. Bu sıcaklık artışını azaltmak amacıyla fotovoltaik panellerden elde edilen enerji verimliliğinin artırılarak güneş enerjisinden maksimum verimlilikte faydalanılması gerekmektedir. Bu bağlamda, güç elektroniği devreleri, kontrol yapıları ve akıllı optimizasyon uygulamaları büyük önem taşımaktadır.

Güneşten elde edilen güç; güneş sıcaklığı, güneş ışınımı, seri ve paralel bağlı fotovoltaik (FV) panel sayısı, yük direnci ve güneşin geliş açısı gibi bazı faktörlere bağlı olduğundan, kararlı bir güç seviyesi elde etmek için DA-DA dönüştürücü ekipmanına ihtiyaç duyulmaktadır [2]. Fotovoltaik enerji uygulamalarında kullanılan birçok yükselten tip DA-DA dönüştürücü bulunmakta olup, bunlar izoleli ve izolesiz olmak üzere iki ana kategoriye ayrılabilir [3]. İzolesiz DA-DA topolojileri, yenilenebilir enerji sistemleri ile entegrasyon için daha avantajlı ve uygulanabilir seçenekler olarak kabul edilmektedir [4].

Klasik yükselten-düşürücü dönüştürücülerin kullanımı yaygındır. Ancak dalgalı çıkış enerjisi ve yüksek anahtarlama kayıpları gibi dezavantajları bulunmaktadır. Yüksek dalgalanma akımından dolayı giriş ve çıkış taraflarında büyük filtre indüktörü ve kapasitörüne ihtiyaç duyulmaktadır [5]. Bu nedenle, farklı güç elektroniği dönüştürücü topolojilerine olan ilgi artmaktadır. Özellikle çift indüktanslı dönüştürücüler, bu tür sorunlara alternatif çözümler sunabilmektedir [6,7]. Bu bağlamda SEPIC (Single-Ended Primary Inductor Converter) dönüştürücüler, giriş geriliminin alt, üst ve aynı değerlerinde polariteyi değiştirmeden çıkışa aktarma yeteneğiyle öne çıkmaktadır.

979-8-3315-3149-2/24/$31.00 ©2024 IEEE

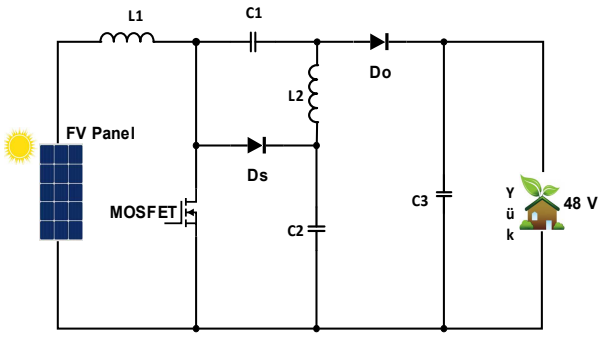
Authorized licensed use limited to: ULAKBIM UASL - KARADENIZ TECHNICAL UNIVERSITY. Downloaded on October 22,2024 at 07:31:05 UTC from IEEE Xplore. Restrictions apply.

SEPIC dönüştürücü, sürekli akım modunda tekrarlanan anahtarlama karakteristikleri nedeniyle doğrusal olmayan karmaşık bir dinamik davranış sergiler. SEPIC dönüştürücünün yüksek hız ve hassasiyetle yanıt verebilmesi için yarı iletken anahtarların etkin kontrolü gereklidir. Geleneksel kontrol yöntemleri (PI, PID, FOPI, FOPID) ve modern kontrol yöntemleri (Bulanık Mantık, Yapay Sinir Ağları, Kayma Modu, Adaptif Kontrol) üzerine yapılan araştırmalar, bu yöntemlerin maksimum verimde çalışması için metasezgisel algoritmaların kullanımını önermektedir. Klasik denetleyicilerin parametrelerinin belirlenmesinde Gri Kurt Optimizasyonu [8,9], Yusufçuk Algoritması [10,11], Genetik Algoritma [12,13] ve Tazmanya Canavarı Optimizasyonu [14] gibi metasezgisel optimizasyon yöntemleri etkili bir şekilde kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, Geliştirilmiş Ziegler-Nichols Yöntemi ve Beyaz Köpek Balığı Algoritması destekli denetleyicilerin performansları, sabit ve değişken giriş gerilimi koşulları altında karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, geleneksel yöntemlerle belirlenen katsayı aralıklarının metasezgisel optimizasyon yöntemleri kullanılarak iyileştirilmesinin denetleyici performansını artırdığını göstermektedir. Çalışmanın geri kalanı şu şekilde yapılandırılmıştır: Dönüştürücünün genel matematiksel modeli ve kullanılan denetleyici Bölüm II'de, Beyaz Köpek Balığı Algoritması Bölüm III'de, MATLAB / Simulink yazılım ortamında gerçekleştirilen sistem modeli ve benzetim sonuçları Bölüm IV'de, sonuçların değerlendirilmesi ise Bölüm V'de sunulmaktadır.

II. YÖNTEM

Optimizasyon çalışmasında, 24 ohm yük ile değişken güneş ışınımına sahip fotovoltaik kaynak arasında güç elektroniği dönüştürücüsü olarak SEPIC dönüştürücü tercih edilmiştir. Oluşturulan sistem modeli Şekil 1'de verilmiştir. Optimizasyon yöntemi sonucunda önerilen denetleyici parametreleri, değişken güneş ışınımına rağmen çıkış gerilimini 48 V olarak sabitlemeyi amaçlamaktadır.



Şekil 1. SEPIC dönüştürücü modeli

A. SEPIC-Yükseltici Dönüştürücü Modeli

SEPIC dönüştürücüler giriş geriliminin alt, üst ve aynı değerlerinde yönünü değiştirmeden çıkışa aktarabilen dönüştürücülerdir. Dönüştürücüdeki yarı iletken anahtarın doluluk oranı 0.5'in üzerinde olduğunda yükseltici modda; 0.5'in altında olduğunda ise alçaltıcı modda çalışır [15]. Çıkış geriliminin ortalaması, anahtarın açılma ve kapanma süresi arasındaki oran ile belirlenir. SEPIC dönüştürücüler, fotovoltaik panel uygulamalarında değişken giriş gerilimine uyum sağlayarak maksimum güç izleme modunda çalışabilir.

Yükseltici modda yer alan SEPIC Yükseltici Dönüştürücü (SYD) hem SEPIC hem de Boost topolojilerinin özelliklerini birleştirerek giriş seviyesine göre çıkış seviyesini artırabilen bir melez yapıdır [16]. C_1 kondansatörü güneş ışınımına bağlı gerilim dalgalanmalarının çıkış gerilimine etkisini azaltmak ve dönüştürücüde oluşabilecek ısı birikimini önlemek için düşük eşdeğer seri dirençlerle kullanılarak sistem güvenilirliğini artırmaktadır. C_3 kondansatörü ise çıkış tarafında meydana gelen gerilim dalgalanmalarını azaltmaktadır. C_2 kondansatörü SYD topolojisinde klasik gerilim yükseltme görevini üstlenirken, tek uçlu birincil indüktörlü dönüştürücülerde yer alan L_1 ve L_2 bobinleri SYD topolojisinde gerilim yükseltme işlevini gerçekleştiren ana bileşenlerdir.

SYD'nin gerilim kazancını dört katına çıkaran görev döngüsü (D) (1)'de verilmiştir [17].

$$D \cong \frac{V_{çıkış}}{V_{çıkış}+V_{giriş}} \tag{1}$$

Giriş indüktörü L_1 ve yükselten SEPIC indüktörü L_2'nin değeri eşit kabul edilmekte olup bu değer (2)'de belirtilmiştir [18]. İlgili parametreler (2)'de yerine konulduğunda, indüktans değerleri 20.2 µH alınmıştır. Dönüştürücünün anahtarlama frekansı (fmosfet) 100 kHz alınmıştır. SYD'de bulunan girişteki dalgalanmayı bastıran C_1 kondansatörü ile gerilim yükseltmeye yardımcı olan C_2 kondansatörünün değerleri eşit alınmıştır [16]. C_1 ve C_2 kondansatörlerinin değerleri (3)'ten bulunmuştur. Güneş ışınımına bağlı olarak dalgalanmayı bastırabilen kondansatör değeri, (3)'den 13.3 µF olarak alınmıştır.

$$L_1=L_2=\frac{V_{giriş}\times D}{\Delta I_L \times f_{mosfet}} \tag{2}$$

$$C_1=C_2=\frac{I_{çıkış}\times D}{\Delta V_{C1} \times f_{mosfet}} \tag{3}$$

C_3 kondansatörünün değeri, çıkış geriliminde meydana gelen dalgalanmaları azaltmak için (4)'ten hesaplanmıştır. İdeal DA-DA yükselten tip bir dönüştürücü tasarımında, çıkış gerilimindeki dalgalanma miktarı genellikle %7 veya daha az olarak kabul edilir. (4)'e göre, çıkış kondansatörünün en az 100 µF olması gerekmektedir. Kondansatörün değeri, dalgalanma miktarının istenilen seviyelerde tutulması için maliyet ve fiziksel boyut gibi faktörler göz önünde bulundurularak artırılabilir.

$$C_3=\frac{I_{çıkış}\times D}{V_{dalgalanma}\times f_{mosfet}\times 0.5} \tag{4}$$

B. PID Denetleyici Modeli

Güneş ışınımına bağlı olarak değişen giriş geriliminin çıkış gerilimine etkisini azaltmak için dönüştürücünün kontrol edilmesi gerekmektedir. Kapalı döngü geri besleme sistemi kullanan PID (Oransal-İntegral-Türev) denetleyici, değişken giriş koşullarına sahip bir yenilenebilir enerji sistemi için ideal bir kontrol mekanizmasıdır. PID denetleyiciler, ölçülen bir

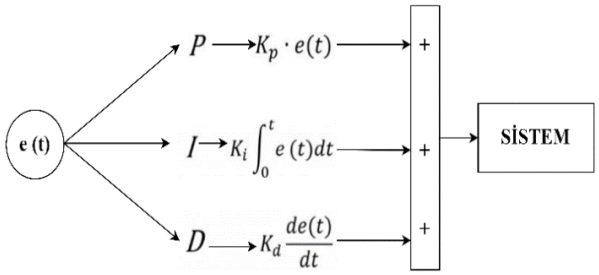
Authorized licensed use limited to: ULAKBIM UASL - KARADENIZ TECHNICAL UNIVERSITY. Downloaded on October 22,2024 at 07:31:05 UTC from IEEE Xplore. Restrictions apply.

sistem değişkeni ile istenen bir ayar noktası arasındaki farkı hata değeri olarak hesaplamaktadır [19]. Oransal bileşen kontrol edilen değişkenin anlık hatasını dikkate alırken; integral bileşen hatanın zaman içerisindeki toplamını hesaba katar ve bu sayede sistemin kalıcı hatalarını düzeltir. Türev bileşen ise hatanın değişim hızını analiz ederek sistemin tepkisini hızlandırır ve aşırı tepkileri önler. Bu üç bileşen birleştirilerek elde edilen PID denetleyiciler hem hızlı hem de kararlı bir şekilde sistem yanıtını optimize etmektedir.

PID denetleyicisinin katsayılarını belirlemek için Ziegler-Nichols ve Cohen-Coon ayar yöntemleri endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak tercih edilmektedir [20]. Ayrıca genetik algoritmalar, yapay sinir ağları ve bulanık mantık gibi modern hesaplama yöntemleri de PID parametrelerinin optimize edilmesinde kullanılmaktadır. Özellikle SEPIC dönüştürücüler gibi enerji dönüşüm sistemlerinde, doğru şekilde ayarlanmış bir PID denetleyici gerilim düzenlemesi ve güç verimliliğinin artırılması için etkili bir çözüm sunmaktadır.

Optimizasyon sürecinde, arama parametrelerinin sınırlarının olabildiğince daraltılması, optimizasyonun başarı oranını artırmaktadır. Bu nedenle, PID parametrelerinin yaklaşık değerlerini belirlemek için yukarıda belirtilen Geliştirilmiş Ziegler-Nichols Yöntemi kullanılmıştır [21,22].

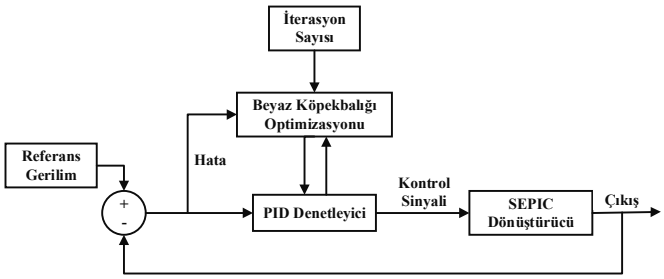
Bu yöntemde, öncelikle kritik kazanç (Ku) değerinin belirlenmesi gerekmektedir. Denetleyici yalnızca oransal (P) modunda çalıştırılır ve sistemin istenilen çıkış geriliminde kararlı bir salınım değeri elde edilene kadar oransal kazanç artırılır. Elde edilen bu değer, kritik kazanç olarak kabul edilir. Kritik kazanç değerinde salınım süresi ölçülür; bu süre Pcr olarak tanımlanır. Ku ve Pcr değerlerine dayanarak denetleyici parametreleri literatürde belirtildiği şekilde hesaplanmaktadır [16]. Önerilen denetleyiciye ait blok şeması Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. PID denetleyici blok şeması

III. METASEZGİSEL ALGORİTMA

Metasezgisel algoritmalar, karmaşık ve geniş arama uzaylarında optimum veya yaklaşık optimum çözümler bulmak için kullanılan gelişmiş arama ve optimizasyon tekniklerdir. Denetleyici parametrelerinin sınırlarının doğruluk oranı ile optimizasyonun başarı oranı doğru orantılıdır. Algoritma-sistem ilişkisi Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Algoritma-sistem blok diyagramı

A. Beyaz Köpek Balığı Optimizasyonu

Braik ve arkadaşları 2022 yılında sürekli arama alanlarındaki optimizasyon problemlerini çözmek amacıyla Beyaz Köpek Balığı Optimizasyonu (WSO) adını verdikleri yeni bir metasezgisel algoritma geliştirmiştir [23]. WSO, büyük beyaz köpek balıklarının av ararken gösterdikleri koku ve işitme duyularını içeren üstün yeteneklerinden ilham alınmıştır. Bu davranış özellikleri, algoritmanın arama uzayının tüm potansiyel bölgelerini keşfetmesine ve kullanmasına, keşif ve sömürü arasında etkili bir denge kurmasına yardımcı olacak şekilde matematiksel olarak modellenmiştir [24].

WSO'da arama ajanları, en iyi sonuca ulaşmak için daha önceki en iyi çözümlere dayanarak kendi konumlarını rastgele güncellerler. Popülasyon tabanlı dağılım (5)'den hesaplanmıştır [25].

$$w_j^i = l_j + r \times (u_j - l_j) \quad (5)$$

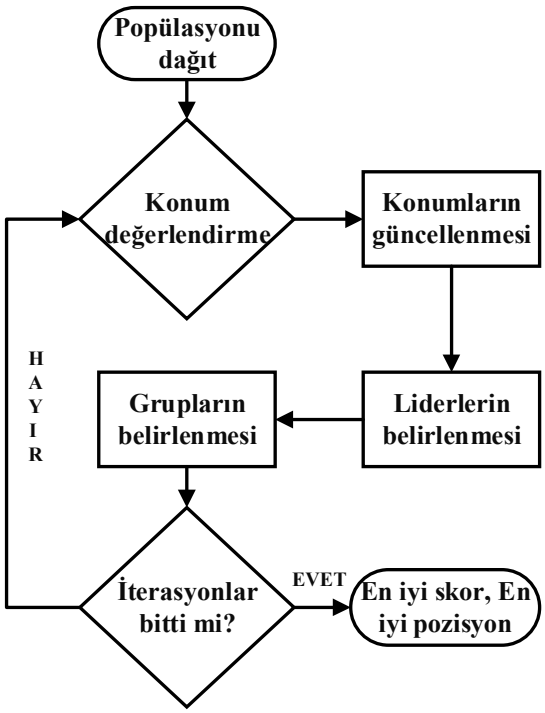
Denklem 5'de verilen w_j^i rastgelelik vektörü; u_j ve l_j sırasıyla üst ve alt sınırlar; r ise 0 ile 1 arasında yer alan rastgelelik katsayısıdır. Bir sonraki adımda rastgelelik vektörünün değerinin iyileştirilmesiyle [r] katsayısı artırılmaktadır. Algoritmaya ait işleyiş adımları aşağıda sırasıyla verilmiştir.

Giriş Parametreleri: Algoritma; popülasyon sayısı(npop), maksimum iterasyon sayısı(itemax), arama parametrelerinin sınırları(lb ve ub), problem boyutu(dim) ve amaç fonksiyonundan(fobj) meydana gelmektedir. Aynı zamanda amaç fonksiyonunun değerlendirilmesi için "ccurve" adında skaler dizi meydana getirilmektedir.

Algoritmanın İşleyişi: Popülasyonda yer alan beyaz köpek balıklarının alana rastgele dağılımı "initialization" fonksiyonu ile gerçekleştirilir. Başlangıç hızları sıfır belirlenir. İlk fitness değerleri hesaplandıktan sonra bir sonraki rastgelelik eşitliğine geçilir. Avlanma sürü halinde gerçekleştirildiğinden sürekli olarak bir önceki popülasyon üyesinin konumu güncellenir. Böylelikle uygulama süresi azaltılmış ve başarı oranı artırılmıştır. İterasyon sayısı tamamlandığında, en iyi global pozisyon güncellenir ve en iyi konum verilir.

WSO algoritmasını tanımlayan akış diyagramı Şekil 4'te verilmiştir.

Authorized licensed use limited to: ULAKBIM UASL - KARADENIZ TECHNICAL UNIVERSITY. Downloaded on October 22,2024 at 07:31:05 UTC from IEEE Xplore. Restrictions apply.



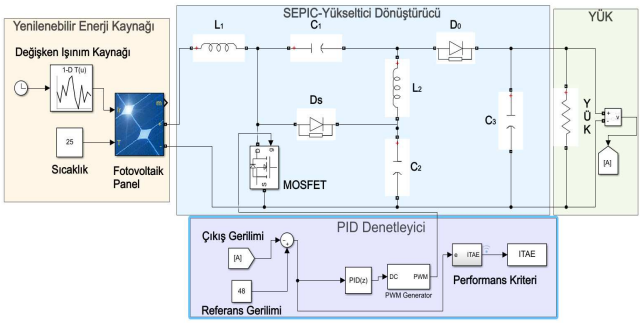
Şekil 4. Beyaz köpek balığı optimizasyonu

Algoritmada kullanılan amaç fonksiyonu, performans kriterlerinden biri olan ITAE (Zaman Ağırlıklı Mutlak Hata İntegrali)'dir. ITAE, sistemin hata sinyalinin zamanla ağırlıklandırılmış integralinin mutlak değerini ifade eder ve (6)'da verilmiştir. Burada t zaman değişkenini; e(t) ise hata sinyalini belirtmektedir.

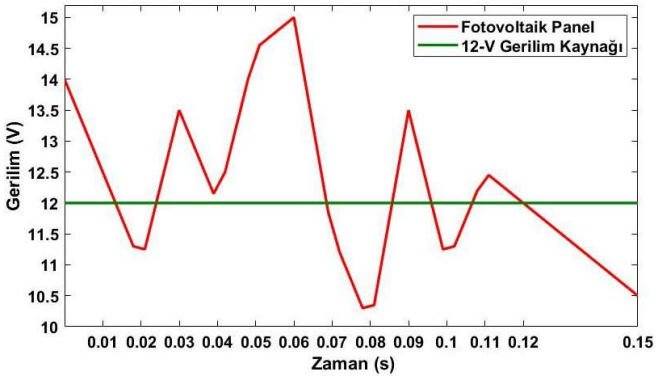
$$\text{ITAE}= \int_0^{\infty} t.|e(t)| \, .dt \qquad (6)$$

IV. BENZETİM SONUÇLARI

Benzetimi yapılan MATLAB/Simulink modeli Şekil 5'de; değişken giriş gerilimine sahip fotovoltaik kaynak gerilimi Şekil 6'da ve benzetim modelinin parametreleri Tablo I'de verilmiştir.



Şekil 5. MATLAB/Simulink benzetim modeli

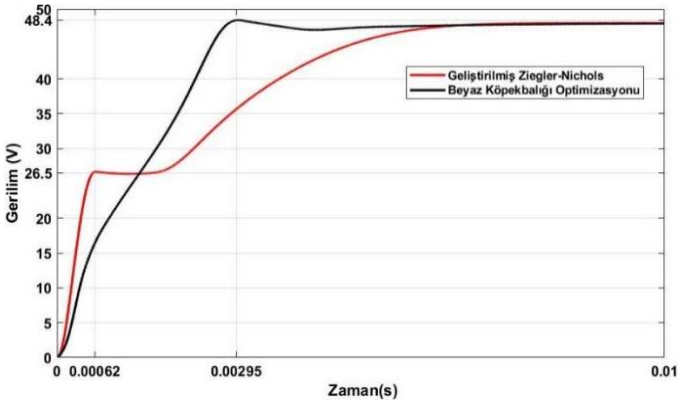


Şekil 6. Giriş gerilim koşulları

Tablo I. Benzetim modeli parametreleri

Parametreler	Benzetim Modeli Değerler
İterasyon Sayısı	100
Popülasyon Sayısı	50
Kp Aralık Değeri	0≤Kp≤0.02
Ki Aralık Değeri	0≤Ki≤10
Kd Aralık Değeri	0≤Kd≤1.7e-6
Simülasyon Zamanı	0.15 sn
Yük	24 Ohm
L_1 ve L_2	20.2 µH
C_1, C_2 ve C_3	13.6 µF, 13.6 µF, 500 µF
$V_{giriş}$ - $V_{çıkış}$	9≤ $V_{giriş}$ ≤16; 47< $V_{çıkış}$ <49
Anahtarlama Frekansı	100 kHz

Sabit 12 Volt gerilim altında çıkış gerilimlerinin karşılaştırmalı sonuçları Şekil 7'de verilmiştir.

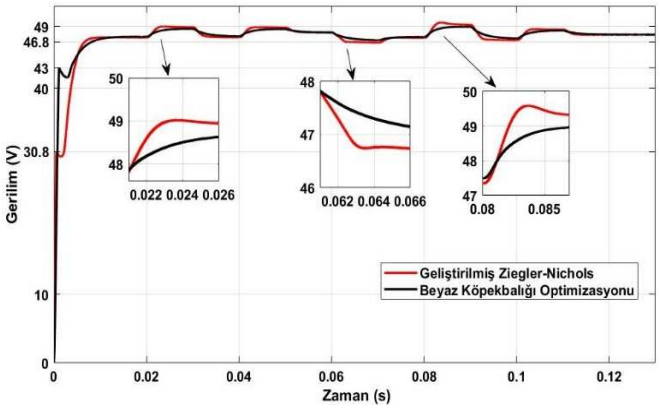


Şekil 7. Sabit gerilim altında çıkış gerilimi

12 V sabit giriş gerilimi koşulunda, WSO kullanılarak elde edilen denetleyici sayesinde çıkış gerilimi hızlı ve doğrusal bir şekilde referans gerilimine ulaşmaktadır. Sabit gerilim koşullarında WSO'nun ele alınan yönteme göre daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Güneş ışınımına bağlı olarak

Authorized licensed use limited to: ULAKBIM UASL - KARADENIZ TECHNICAL UNIVERSITY. Downloaded on October 22,2024 at 07:31:05 UTC from IEEE Xplore. Restrictions apply.

değişken gerilim altında çıkış gerilimlerinin karşılaştırmalı sonuçları Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 8. Değişken gerilim altında çıkış gerilimi

Değişken giriş gerilimi koşulunda, WSO kullanılarak optimize edilen denetleyici sayesinde çıkış gerilimi hızlı, doğrusal ve daha yaklaşık değerlerde referans gerilimine ulaşmaktadır. Değişken gerilim koşullarında WSO'nun ele alınan yönteme göre daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Ancak farklı koşullar altında denetleyicinin performansını incelemek için Tablo II ve III'de yer alan performans sonuçlarının incelenmesi gerekmektedir.

Tablo II. Sabit gerilim performans sonuçları

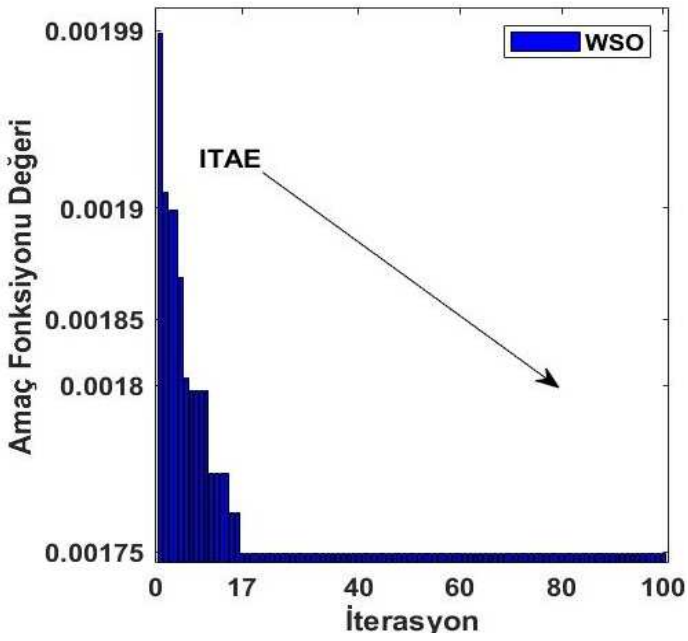
Denetleyici Parametreleri [Kp Ki Kd]	Yöntem	Tepe Değer (V)	Yükselme Zamanı (ms)	Aşım Miktarı (%)
[0.0044 7.7 1.66e-06]	**GZN**	**48.03**	4.2	**0.0709**
[0.0193 10 1.3374e-6]	WSO	48.29	**2.2**	0.6275

Tablo III. Değişken gerilim performans sonuçları

Denetleyici Parametreleri [Kp Ki Kd]	Yöntem	Tepe Değer (V)	Yükselme Zamanı (ms)	Aşım Miktarı (%)
[0.0044 7.7 1.66e-06]	GZN	49.61	4.3	3.8288
[0.0193 10 1.3374e-6]	**WSO**	**48.99**	**3.5**	**2.4248**

Tablo II'deki sonuçlara bakıldığında, GZN ile elde edilen denetleyicinin daha düşük bir tepe gerilim değerine sahip olması ve aşım miktarının az olması nedeniyle performans olarak daha iyi olduğu görülmektedir. Ancak sistemin referans gerilimine ulaşma süresi daha fazladır. GZN sisteminin daha stabil ama geç bir kontrol sağladığı anlaşılmaktadır.

Tablo III'deki sonuçlara bakıldığında, WSO ile elde edilen denetleyicinin daha düşük bir tepe gerilim değerine, daha az aşım miktarı ve daha kısa yükselme süresine sahip olması nedeniyle performans olarak daha iyi olduğu görülmektedir. WSO ile belirlenen denetleyici parametreleri sistem performansını değişken koşullar altında iyileştirmiştir. Beyaz köpek balığı optimizasyonuna ait amaç fonksiyonunun değişimi Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 9. WSO Amaç fonksiyonu değeri

V. SONUÇ

Bu çalışmada, Şekil 5'te sunulan fotovoltaik enerji sistemi için GZN yöntemi kullanılarak, WSO algoritması aracılığıyla PID denetleyici parametreleri optimal şekilde belirlenmiş ve karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. MATLAB/Simulink yazılım ortamında oluşturulan benzetim modeline sabit (12 Volt) ve değişken giriş gerilimi (10.5-15 Volt) uygulayarak sonuçlar elde edilmiştir. Sabit gerilim altında GZN yönteminin daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir. Ancak giriş geriliminde meydana gelen değişikliklerde WSO'nun daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Çalışmanın temel amacı değişken giriş gerilim koşullarına uyum sağlayan denetleyicinin optimal parametrelerini belirlemektir. Metasezgisel optimizasyon yöntemlerinin güç elektroniği dönüştürücülerinin performansını artırmada etkili olabilmesi için uygun arama parametre aralıklarının seçimi büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda iyi bir literatür taraması gerekmektedir. Ancak klasik denetleyicilerde bu parametre aralıkları, sabit giriş gerilimi altında matematiksel yöntemlerle yaklaşık olarak belirlenebilir.

Bu çalışma, geleneksel yöntemleri metasezgisel optimizasyon yöntemleriyle ilişkilendirmekte ve bu yaklaşımların birlikte kullanımını önermektedir. Özellikle değişken giriş gerilimi koşullarında yapılan optimizasyonun, sabit gerilim altında GZN ile belirlenen parametre aralıkları temel alınarak yapılması, WSO'nun sabit koşullar altında GZN'ye yakın performans sergilemesine olanak sağlamıştır. Sonuç olarak sabit veya değişken giriş geriliminde, sistem denetimi istenilen referans değerler için gerçekleştirilmiştir.

Authorized licensed use limited to: ULAKBIM UASL - KARADENIZ TECHNICAL UNIVERSITY. Downloaded on October 22,2024 at 07:31:05 UTC from IEEE Xplore. Restrictions apply.

KAYNAKÇA

[1] IPCC, "Global Warming of 1.5 °C," Geneva, pp. 395-398, 2018. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/07/SR15_SPM_version_stand_alone_LR.pdf. [Erişim: 25 Haziran 2024].

[2] E. Sahin, M. S. Ayas and I. H. Altas, "A PSO optimized fractional-order PID controller for a PV system with DC-DC boost converter," 2014 16th International Power Electronics and Motion Control Conference and Exposition, Antalya, Turkey, 2014, pp. 477-481, doi: 10.1109/EPEPEMC.2014.6980539.

[3] K. Osmani, A. Haddad, T. Lemenand, B. Castanier and M. Ramadan, "An investigation on maximum power extraction algorithms from PV systems with corresponding DC-DC converters," Energy, vol. 224, p. 120092, 2021. doi: 10.1016/j.energy.2021.120092.

[4] F. Mumtaz, N. Zaihar, S. Tanzim, B. Singh, R. Kannan ve O. Ibrahim, "Review on non-isolated DC-DC converters and their control techniques for renewable energy applications," Ain Shams Eng. J., cilt 12, ss. 3747–3763, 2021. doi: 10.1016/j.asej.2021.05.009.

[5] B. Soedibyo, B. Amri, and M. Ashari, "The comparative study of Buck-boost, Cuk, Sepic and Zeta converters for maximum power point tracking photovoltaic using P&O method," in 2015 2nd International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE), Semarang, Indonesia, 2015, pp. 327-332, doi: 10.1109/ICITACEE.2015.7437823.

[6] H. Liu and F. Li, "A Novel High Step-up Converter With a Quasi-active Switched-Inductor Structure for Renewable Energy Systems," in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 31, no. 7, pp. 5030-5039, July 2016, doi: 10.1109/TPEL.2015.2480115.

[7] V. Balasubramanian, V. S. Nayagam, and J. Pradeep, "Alleviate the voltage gain of high step-up DC to DC converter using quasi active switched inductor structure for renewable energy," in 2017 International Conference on Computation of Power, Energy Information and Communication (ICCPEIC), Melmaruvathur, 2017, pp. 835-841, doi: 10.1109/ICCPEIC.2017.8290482.

[8] K. Atici, I. Sefa and N. Altin, "Grey Wolf Optimization Based MPPT Algorithm for Solar PV System with SEPIC Converter," 2019 4th International Conference on Power Electronics and their Applications (ICPEA), Elazig, Turkey, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICPEA1.2019.8911159.

[9] N. Muthukumaran, C. Kumar, R. J. S. Raj and A. A. Roobert, "Grey Wolf Optimized Pi Controller for High Gain SEPIC Converter for PV Application," 2023 International Conference on Sustainable Communication Networks and Application (ICSCNA), Theni, India, 2023, pp. 1032-1035, doi: 10.1109/ICSCNA58489.2023.10370322.

[10] M. R. K. Shagor, A. J. Mahmud, M. M. Nishat, F. Faisal, M. H. Mithun and M. A. Khan, "Firefly Algorithm Based Optimized PID Controller for Stability Analysis of DC-DC SEPIC Converter," 2021 IEEE 12th Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON), New York, NY, USA, 2021, pp. 0957-0963, doi: 10.1109/UEMCON53757.2021.9666555.

[11] A. J. Mahmud, M. H. Mithun, M. A. Khan, F. Faisal, M. M. Nishat and M. A. Hoque, "Optimal Control and Performance Enhancement of DC-DC Bidirectional SEPIC Converter," 2022 IEEE 13th Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON), New York, NY, NY, USA, 2022, pp. 0437-0443, doi: 10.1109/UEMCON54665.2022.9965670.

[12] M. O. Ali and A. H. Ahmad, "Design, modelling and simulation of controlled SEPIC DC-DC converter-based genetic algorithm," International Journal of Power Electronics and Drive Systems, vol. 11, no. 4, pp. 2116, Dec. 2020.

[13] L. Selvaraj, M. Vaigundamoorthi and M. S. Ramkumar, "Improved Energy Harvesting in Photovoltaic Systems using SEPIC Converter," 2024 International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT), Lalitpur, Nepal, 2024, pp. 1905-1910, doi: 10.1109/ICICT60155.2024.10544864.

[14] F. A. Thlathini and A. Marzoughi, "Tuning of PID Controller Based on Tasmanian Devil Optimization for Unmanned Vehicles," 2023 IEEE 14th Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC), Shah Alam, Malaysia, 2023, pp. 16-21, doi: 10.1109/ICSGRC57744.2023.10215429.

[15] S. Soedibyo, F. A. Pamuji, and M. Ashari, "Control Design of Photovoltaic BPSX-60 Using Fuzzy Logic Controller for Low Voltage Grid," in Proc. Int. Seminar Intelligent Technol. Its Applicat. (ISITIA), 2015.

[16] M. N. Mamat, M. N. Abdullah, S. Kaharuddin and D. Ishak, "Evaluation of SEPIC-Boost Converter's Stability Under Constant and Chaotic Input Conditions," 2023 International Conference on Energy, Power, Environment, Control, and Computing (ICEPECC), Gujrat, Pakistan, 2023, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICEPECC57281.2023.10209468.

[17] M. R. K. Shagor, A. J. Mahmud, M. M. Nishat, F. Faisal, M. H. Mithun and M. A. Khan, "Firefly Algorithm Based Optimized PID Controller for Stability Analysis of DC-DC SEPIC Converter," in 2021 IEEE 12th Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON), New York, NY, USA, 2021, pp. 0957-0963, doi: 10.1109/UEMCON53757.2021.9666555.

[18] W. Gu, "Designing a SEPIC Converter," National Semiconductor, Application Note 1484, Jun. 2007.

[19] E. Yusubov and L. Bakirova, "A Self-Tuning Fuzzy PID Controller for SEPIC Based on Takagi-Sugeno Inference System," in *2021 International Conference Automatics and Informatics (ICAI)*, Varna, Bulgaria, 2021, pp. 54-57, doi: 10.1109/ICAI52893.2021.9639804.

[20] Aidan O'Dwyer, 'Handbook of PI and PID Controller Tuning Rules', 2nd Edition, Imperial College Press, London, 2006.

[21] E. T. Hegedus et al., "Optimal Fractional Order PID based on a Modified Ziegler-Nichols method," 2022 International Conference on Electrical, Computer, Communications and Mechatronics Engineering (ICECCME), Maldives, Maldives, 2022, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICECCME55909.2022.9988639.

[22] M. N. Mamat and D. Ishak, "Analysis of SEPIC-Boost Converter Using Several PID Feedback Tuning Methods for Renewable Energy Applications," J. Adv. Res. Appl. Sci. Eng. Technol., vol. 26, no. 1, pp. 105–117, 2022, doi: 10.37934/araset.26.1.105117.

[23] M. Braik, A. Hammouri, J. Atwan, M. A. Al-Betar, and M. A. Awadallah, "White Shark Optimizer: A novel bio-inspired meta-heuristic algorithm for global optimization problems," *Knowledge-Based Systems*, vol. 243, p. 108457, 2022.

[24] S. N. Makhadmeh, M. A. Al-Betar, K. Assaleh, ve S. Kassaymeh, "A hybrid white shark equilibrium optimizer for power scheduling problem based IoT," IEEE Access, cilt 10, sayfa 132212-132231, 2022.

[25] D. El-Hassanein, A. A. R. Amin, E. Gouda and M. F. Kotb, "Estimation of Optimal Control Parameters of Doubly-Fed Wind Turbine using Intelligent White Shark Optimizer," 2023 24th International Middle East Power System Conference (MEPCON), Mansoura, Egypt, 2023, pp. 1-8, doi: 10.1109/MEPCON58725.2023.10462471.

Authorized licensed use limited to: ULAKBIM UASL - KARADENIZ TECHNICAL UNIVERSITY. Downloaded on October 22,2024 at 07:31:05 UTC from IEEE Xplore. Restrictions apply.