

Fotovoltaik Güneş Panelleri için farklı MGNİ Teknikleri kullanılarak Bir Şarj Regülatörünün Performansının İncelenmesi ve Karşılaştırılması

Abdullah KARABAŞ^{1*}, Onur Özdal MENGİ²

¹Milli Eğitim Bakanlığı, Giresun Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Elektrik Elektronik Bölümü, Giresun, Türkiye

²Giresun Üniversitesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Giresun, Türkiye

*Sorumlu Yazar: akarabas28@gmail.com

Geliş Tarihi: 15.05.2019

Kabul Tarihi: 27.06.2019

Öz

Güneş enerjisi en önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından bir tanesidir. Güneşten elde edilen enerjinin verimli olması için Maksimum Güç Noktası İzleyici (MGNİ), kıyıcı gibi ara bağlantı güç elektroniği sistemlerinin kullanılması gerekmektedir. Yapılan çalışmada farklı MGNİ metotları kıyaslanırken aynı zamanda kıyıcıyı kontrol eden kontrolörlerde incelenmiştir. Sistemde Sabit Gerilim Yöntemi (SGY), Değiştir Gözle Yöntemi (DGY) ve Artan İletkenlik Yöntemleri (AİY) kullanılarak MGNİ yapılmaya çalışılmıştır. Kıyıcılar PI ve Kesir Dereceli PI yöntemleri kullanılarak kontrol edilmiştir. Farklı MGNİ teknikleri ve farklı kontrol tekniklerinin kullanıldığı bu çalışmada kullanılan yöntemler arasında en iyi sonucu verilen teknik belirlenmeye çalışılmıştır. Değişken ortam koşullarında test edilen sistem Matlab/Simulink ortamında benzetimi yapılmış ve sonuçları incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji, PI, Kesir Dereceli PI, Akü, Şarj.

Investigation and Comparison of the Performance of a Charge Regulator using Different MGNI Techniques for Photovoltaic Solar Panels

Abstract

Solar energy is one of the most important renewable energy sources. For efficient solar energy, the use of intermediate connection power electronics such as the Maximum Power Point Tracking (MPPT) and converter must be used. In the study, different MPPT methods were compared as well as examined controllers that control the converter. In the system, it has been tried to make MGNİ by using Constant Voltage Method (CV), Perturbation and observation Method (P&O) and Increased Conductivity Methods (IC). The converter are controlled using PI and Fractional PI methods. In this study, which uses different MPPT techniques and different control techniques, it is tried to determine the best results. The system, which is tested in variable ambient conditions, has been simulated in the Matlab/Simulink environment and the results are examined.

Keywords: Renewable energy, PI, Fractional PI, Battery, Charger.

1. Giriş

Teknolojinin gelişimi ve dünya nüfusundaki artış enerjiye olan ihtiyacı her geçen gün doğrusal olmayan bir biçimde artırmaktadır. Fosil yakıtların tükenmekte olması ve nükleer yakıtların olumsuz yönlerinin yanında, iletim kayıplarının azaltılması, enerji güvenliğinin sağlanması gibi amaçlarla enerjinin tüketildiği yerlerin yakınlarında üretilmesine yönelik oluşan eğilim yenilenebilir enerji kaynaklarına (YEK) olan ilgiyi artırmaktadır. Ancak YEK'lerden elde edilen enerjinin birim maliyetinin geleneksel yakıtlara göre daha fazla olması, araştırmacıları bu kaynakların yatırım ve işletme maliyetlerinin azaltılmasına yönelik çalışmalara yoğunlaştırmıştır.

Yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak güneş enerjisi ve bu enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesinde kullanılan güneş pilleri ile sistem bileşenleri araştırmalarda en çok ilgi çeken konulardandır. Günlük hayatta kullanılan alıcıların çoğunun besleme girişleri alternatif akım (AA) iken fotovoltaik (FV) paneller doğru akım (DA) üretmektedir. Kullanıcıların enerji talep miktarı ve zamanı ile güneş pilinden üretilen enerjinin zaman ve miktarının genellikle uyumlu olmaması PV ile beslenen lokal sistemlerin güvenilirliğini ve işletme verimini düşürmektedir. Enerjinin sürekliliğinin sağlanması için kullanılan aküler ise yatırım maliyetini arttırırken sistemin verimini de düşürmektedir. Bu sakıncaların giderilmesi ve güneş pillerinden üretilen enerjiden her zaman istifade edilebilmesi ise ancak şebeke etkileşimli sistemler ile mümkün olmaktadır.

Walker çalışmasında Shockley diyot denklemine dayanan bir fotovoltaik elektrik modeli sunmuştur (Walker, 2001). Bu model, bir foto-akım akımı kaynağına, tek bir diyot bağlantısına ve bir seri dirence sahiptir ve sıcaklık bağımlılığı içerir. Tipik 60W güneş paneli için Matlab'da parametre çıkarımı ve model değerlendirme yöntemi oluşturulmuştur. Bu model, MGNİ (maksimum güç noktasının) sıcaklık ve izolasyon seviyeleri ile değişimini araştırmak için kullanılmıştır.

Walker ve Sernia bu çalışmasında, basitleştirilmiş bir DA-AA eviriciye bağlı yüksek voltajlı bir bağlantı oluşturmak için seri halinde bağlanmış, izole edilmemiş DA-DA dönüştürücülerin alternatif bir topolojisini önermektedir (Walker ve Sernia 2004). Bu yöntem, her bir DA-AA şebekeye bağlı eviricilerin maliyet veya verimlilik sorunu olmadan panel başına dönüştürücü yaklaşımının avantajını sunar.

Jain ve Agarwal bu çalışmasında, şebekeye bağlı fotovoltaik sistemler için yüksek performanslı, tek aşamalı evirici topolojisi sunmuştur (Jain ve Agarwal, 2007). Önerilen konfigürasyon, sadece düşük fotovoltaik dizi voltajını arttırmakla kalmaz, aynı zamanda maksimum gücü takip ederken güneş enerjisi akımını şebekeye beslemek için yüksek kaliteli AA gücüne dönüştürebilir.

Sridhar ve ark. çalışmasında fotovoltaik modelin oluşturulmasını ve simülasyonunu yapmışlardır (Sridhar ve ark, 2010). Bir fotovoltaik dizisinin çıkış özelliklerinin çevresel faktörlerden

etkilenmesi ve dönüşüm verimliliğinin düşük olmasından dolayı üretilen enerjiyi en üst düzeye çıkarmak için en yüksek gücü izlemek için bir MGNİ tekniği kullanılmıştır. Güç voltajı grafiğindeki maksimum güç noktası, pertürbasyon ve gözlem yöntemi veya tepeye tırmanma adı verilen bir algoritma ile tanımlanır. Bu algoritma, güç çıkışını maksimuma çıkarmak için DA/DA dönüştürücünün kullanılması gereken uygun görev oranını belirler.

Ishaque ve Salam bu çalışmasında fotovoltaik sistem için kapsamlı bir MATLAB Simulink simülatörü kullanmıştır (Ishaque ve Salam, 2011). Simülatör, fotovoltaik hücrelerini temsil etmek için yeni bir iki diyot modelini kullanır. Bu model, fotovoltaik sistemin performansını daha doğru bir şekilde tahmin edilmesini sağlayan düşük ışık seviyesinde daha iyi bir doğruluğa sahiptir. Simülatör, MGNİ algoritmalarına ve güç elektroniği dönüştürücülerinin geniş bir dizi kombinasyonunu destekler.

Fotovoltaik güneş panellerinden elde edilen gücün akülerde depolanmasını konu alan bu makalede elde edilen gücün verimli kullanılabilmesi için MGNİ ile birlikte akü şarj cihazı tasarlanmıştır. Kullanılan kıyıcı farklı kontrol teknikleri ile kullanılarak etkinliği incelenmiştir. Makale dört bölümden oluşmaktadır. Literatür taraması ile birlikte esere giriş yapılan ilk bölümün ardından ikinci bölümde kullanılan materyal ve metotlar anlatılmıştır. Burada fotovoltaik güneş paneli ile ilgili temel bilgiler verildikten sonra MGNİ metotları anlatılmıştır. Akabinde kıyıcılar, aküler ve kullanılan kontrol teknikleri kısaca tarif edilmiştir. Bu bölümden sonra gelen üçüncü bölümde yapılan benzetim çalışmaları ve elde edilen bulgular grafiksel olarak gösterilmiştir. Son bölümde ise elde edilen sonuçlara kısaca değinilmiştir.

2. Materyal ve Medot

2.1. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi sistemleri endüstrinin yanı sıra ısınma ihtiyaçlarına kadar birçok alanda yaygın kullanım alanları mevcuttur. Tüm dünya ülkeleri güneş enerji sistemlerinden her alanda faydalanırken ülkemizde 1960 yılından sonra alternatif enerji kaynağı olarak kullanılmaya ve bu konuda çalışma yapılmaya başlamıştır. 1970'li yılların ortalarında ise dünyadaki güneş enerjisi teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak güneş enerjisinden ısı uygulama konusunda çalışmalar yürütülmeye başlanmıştır (Deveci ve ark., 2014).

2.1.1. Fotovoltaik Etki

Fotovoltaik etki; güneş hücresi, güneşin yaydığı fotonları emerek yani fotonun sahip olduğu

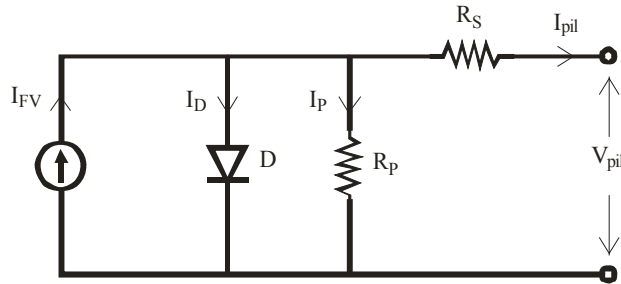
enerjiyi kendi yapısında bulunan serbest elektronlara kazandırarak elektrik akımı oluşturma yöntemidir. Üretilen bu elektrik DA bir gerilim olup akımının büyüklüğü güneş ışınım şiddeti, hücre ve çevresel sıcaklığa bağlı olarak değişkenlik gösterir.

2.1.2. Güneş Hücresi Elektriksel Eşdeğer Devre Modeli

Güneş hücreleri p-n katkılı diyot yapısındadır. Güneş hücresi akımı, Denklem 1'e göre diyot akımına çok benzer ve bu sebeple foto diyot olarak adlandırılabilir. Araştırmacılar güneş hücresi elektriksel eşdeğer devre modeli için tek diyotlu eşdeğer devreyi tercih etmiştir (Yanmaz, 2018). Bunun sebebi çift diyotlu yapının oldukça karmaşık olması ve çift diyotlu devrenin modelleme sonuçlarına kayda değer bir etkisinin olmamasıdır (King ve ark., 2007; Saetre ve ark., 2011).

2.1.2.1. Güneş Hücresi Modeli

Monokristal güneş hücresi, genel olarak tek diyotlu olarak modellenmektedir. Şekil 1'de elektriksel eş değer devresi verilen güneş hücresinde; I_{PH} , güneş ışınımı ile doğru orantılı olarak değişen ışınım akımını, D , güneş pili p-n diyot yapısında olduğu için diyotu, R_p ve R_s sırasıyla yarı iletken malzemeden dolayı yaşanan kayıpları ve kontak direncini temsil etmektedir. I_{PIL} ve V_{PIL} güneş pili akımı ve uç gerilimidir.



Şekil 1. Monokristal güneş hücresi elektriksel eşdeğer devresi

Güneş hücresi uçlarına yük bağlı iken akan I_{PV} akımı Şekil 1'e göre Denklem 1'deki gibi olacaktır.

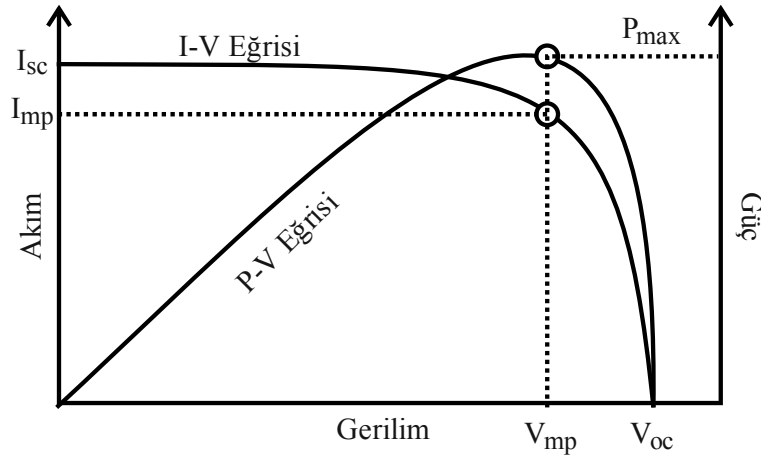
$$I_{PIL} = I_{FV} - I_D - I_P \quad (1)$$

I_{PIL} , güneş hücresinin ürettiği ışınım akımı olup, Denklem 1'deki gibi ifade edilir. Hava sıcaklığının ya da güneş ışınımının fazla olması güneş hücresi çalışma sıcaklığını olumsuz etkiler.

Sıcaklığın güneş hücresi çalışma performansına etkisi akım ve gerilim büyüklükleri için ayrı ayrı incelenmelidir (Mengi, 2018).

2.2. Maksimum Güç Noktası İzleyicileri (MGNI)

Fotovoltaik pillerden elde edilen enerjiyi depolamak amacıyla depo ile fotovoltaik arasına yerleştirilen **DA-DA dönüştürücülerdir**. Buradaki temel amaç fotovoltaik pilden, sisteme en büyük gücü aktarmaktır. (Larbes ve ark., 2009).



Sekil 2. FV Panelin Çalışma Egrileri ve Maksimum Güç Noktası

2.2.1. MGNI Yöntemleri

Kullanılacak MGNI yöntemlerini belirlemek için öncelikle sistemin yükü, sürekli değişen doğa koşulları ve sistemin çalışma koşulları dikkate alındığında birçok farklı yöntemin geliştirildiği görülmektedir (Deveci ve ark., 2014). Geliştirilen bu yöntemler sistemin daha verimli çalışması için yapılan çalışmalar olup en çok kullanılan yöntemler aşağıdaki gibidir.

Artan iletkenlik algoritması, I/V değişimini esas kabul eden, fotovoltaik sistem güç eğrisinin maksimum güç noktasının solunda pozitif, sağında negatif, maksimum güç noktasında ise sıfır değişim prensibine dayanmaktadır. Buna göre algoritmayı oluşturmadan önce aşağıdaki formülleri yazmak gerekir.

$$(\Delta I/\Delta V)+(I/V)=0 \quad (2)$$

MGNI'de,

$$\Delta I/\Delta V=-I/V \quad (3)$$

MGNI eğrisinin solunda;

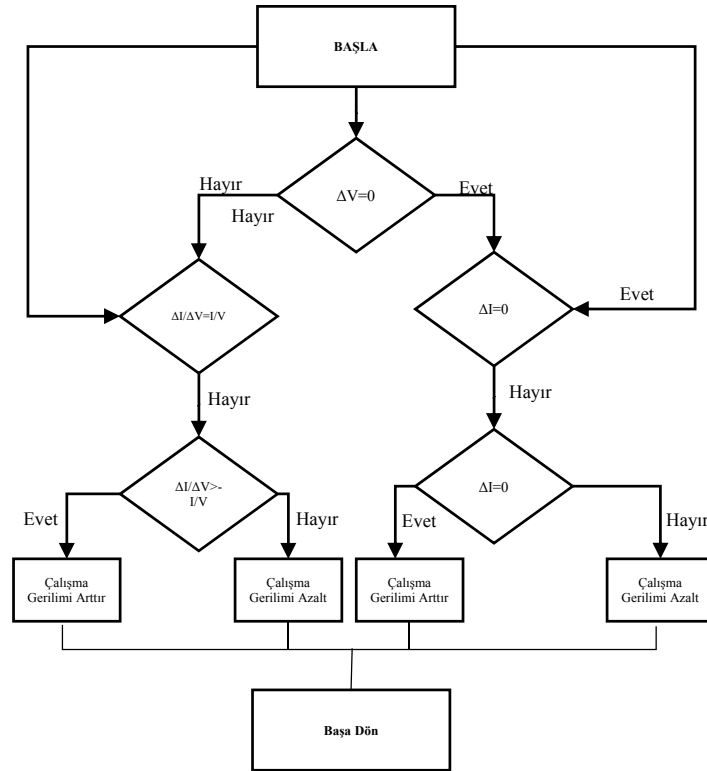
$$\Delta I/\Delta V < -I/V \quad (4)$$

MGNİ eğrisinin sağında;

$$\Delta I/\Delta V > -I/V$$

(5)

Anlık iletkenlik (I/V), artan iletkenlik değeri ($\Delta I/\Delta V$) değeri ile karşılaştırılır. Bu duruma ait algoritma akış diyagramı Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Artan iletkenlik algoritması akış diyagramı

2.2.1.1. Değiştir&Gözle Yöntemi(D&G)

MGNİ'nin maksimum noktasını bulmak için temel kriter fotovoltaik panelin gerilimini veya akımını değiştirerek gözlemlene yöntemidir. Gerilimde veya akımda yapılan değişiklik sebebiyle gücün arttığı gözlemleniyorsa gerilim veya akım artırılmaya devam edilir. Şayet bir azalma görülüyorsa tersi yönde işlem yapılır.

2.2.1.2. Artan İletkenlik Yöntemi

Güç-Gerilim (P-V) eğrisinin eğimi incelenerek sistemin maksimum noktasının neresinde olduğuna karar verilir. Daha sonra bu nokta fotovoltaik paneldeki gerilimin değişimine göre

ayarlanabilen bir yöntemdir.

2.2.1.3. Kısmi Açık-Devre Gerilim Yöntemi

Fotovoltaik panelin uçlarını anlık olarak devreden ayrılmasıyla elde edilen açık devre gerilimine bağlı olarak hesaplanan MGNİ yöntemidir (Esrām ve ark., 2007).

2.3. DA-DA Dönüştürücüler

Güç elektroniği devrelerinde doğru akım gerilim dönüştürücüsü olarak nitelendirilen bu dönüştürücüler herhangi bir DA gerilimi farklı değerde bir DA gerilime dönüştürmektedir. Farklı uygulama alanları bulunan bu dönüştürücüler daha çok anahtarlamalı güç kaynakları, kontrol ve haberleşme devrelerinin beslenmesi, Cosφ güç faktörünün düzeltilmesi, bilgisayar, gibi uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

DA-DA dönüştürücüleri tasarlarken kullanılan kondansatör, bobin ve transformatör önemi çoktur. Sınır değerler seçilerek hassas gerilim ve akım değerleri elde edilmektedir. Ayrıca yüksek frekans değerleri elde etmek için küçük kondansatör ve bobin kullanılarak transformatör boyutları küçültülmüş olunur.

DA-DA dönüştürücüler güç elektroniği devrelerinde yüksek frekansta çalıştırılarak boyutları küçültülmüş ve maliyeti azaltılmıştır. Ancak bu özelliğinden dolayı hızlı anahtarlama ve yüksek frekans nedeniyle Elektro Manyetik Girişim (EMG), akım gerilim yükselme hızları, akım ve gerilimin maksimum değerleri ile anahtarlama güç kayıpları artmaktadır (*Bodur, 2010*). DA-DA dönüştürücüler Darbe Genişlik Modülasyonu (DGM) yöntemi ile kontrol edilebilen bir devre elemanı olup DGM ile yarı iletken eleman için gereken kontrol sinyali üretirler. DA-DA dönüştürücülerin birçok devresi vardır. Bunlardan Düşürücü (azaltan), Yükseltici (artıran) ve Düşürücü-Yükseltici (artıran-azaltan) metotları kullanılarak devre tasarlanmıştır.

2.3.1. Düşürücü DA-DA dönüştürücüler

Düşürücü dönüştürücülerin çalışma prensibine bakıldığında girişteki DA gerilimini değerini düşük seviyeye yansıtan devrelerdir. Ayrıca bu dönüştürücülerde yarı iletkenin kapı (gate) ucuna uygulanan sinyali Lojik 1 durumunda iken yarı iletken iletim halindedir ve direnç özelliği gösterir.

2.3.2. Yükseltici DA-DA dönüştürücü

Yükseltici DA-DA dönüştürücü girişindeki DA gerilimini daha yüksek gerilim seviyelerine dönüştüren devrelerdir. Bu dönüştürücüler daha çok fotovoltaik sistemlerde, güç faktörünün düzeltilmesi amacıyla ve özellikle anahtarlamalı güç kaynaklarında kullanılmaktadır.

2.3.3. Düşürücü-Yükseltici DA-DA dönüştürücü

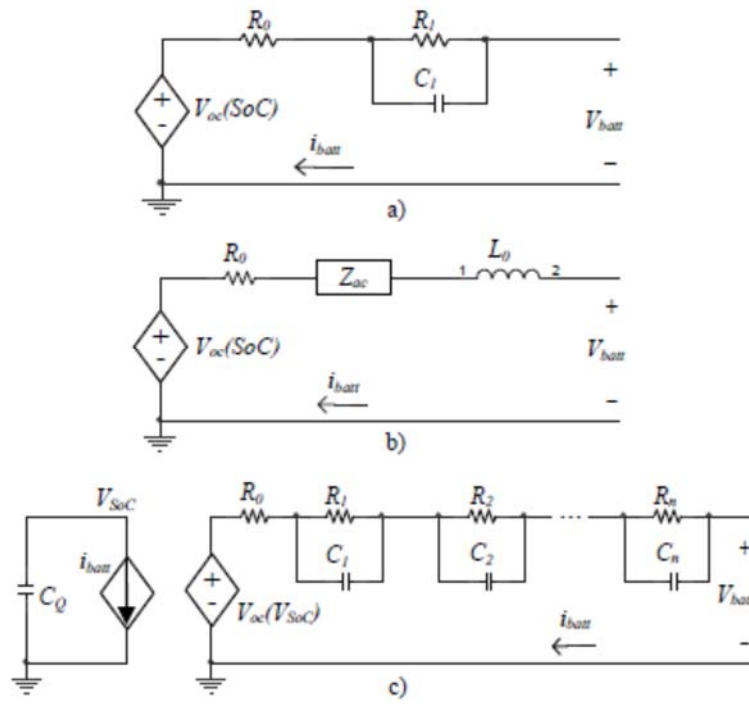
Doluluk oranının değerine göre düşüren veya yükselten olarak görev yapan bu devrenin çalışma prensibi daha önce bahsedilen düşürücü ve yükseltici devreler gibidir. Voltaj düşürücü-yükseltici dönüştürücüsü, çıkış voltajının giriş voltajından daha düşük, aynı ya da daha yüksek voltaj seviyesinde olmasını sağlar. Bu özelliği sayesinde değişken çıkışlı güç kaynakları ve şarjı bittikçe çıkış voltajı değişen pil destekli devre sistemleri için değişilmez bir devredir.

2.4. Akü Şarj Metotları

Aküler için çok çeşitli şarj yöntemleri mevcuttur. Bunlar ilk şarj, tampon şarj, hızlı şarj, sabit akımla şarj, sabit gerilimle şarj gibi birçok yöntem vardır. Bu yöntemlerin amacı aküyü tam kapasite doldurup en verimli bir şekilde kullanmaktır. Böylece akü deşarj olurken en verimli ve aksamadan enerji sağlaması amaçlanmıştır. Aküleri şarj edebilmek için, voltaj regülasyonu ve akım limitleme özellikleri olan redresöre ihtiyaç vardır (<https://www.mpoweruk.com/chargers.htm>).

En temel şekliyle, Şekil 4’de gösterilen Thevenin tabanlı bir model, sabit bir açık devre gerimi ile geçici yük olaylarına akü tepkisini öngörmek için bir direnç ile seri halinde bir gerilim kaynağından ve bir kondansatör ve direncin paralel bağlanmasından oluşur.

$$\begin{aligned}
 V_{dis} &= E_0 - K_{dr} \frac{Q}{Q-it} - R_0 i - K_{dv} \frac{Q}{Q-it} it + Exp(t) \\
 K_{cv} &= E_0 - K_{cr} \frac{Q}{i + \lambda Q} i - R_0 i - K_{cv} \frac{Q}{Q-it} it + Exp(t)
 \end{aligned}
 \tag{6}$$



Şekil 4. Akü sarj devresinin eşdeğer modeli

Denklemler, Shepherd ilişkisine ve MATLAB/Simulink/Simpower pil modeline dayanarak, sırasıyla kurşun-asit akülerin deşarj ve şarj edilmesi için modifiye edilmiş modelleri sunar. K_{dr} polarizasyon direnci katsayısıdır. λ in katsayısı, akünün şarjı sırasında polarizasyon direncinin kaymasını açıklar. İç direnç, şarj ve deşarj için farklı değerlere sahiptir (Li ve ark.,2011).

2.5. Batarya Çeşitleri

Elektro-kimyasal bataryalar elektriksel olarak şarj olabilme özelliklerine göre birincil veya ikincil (şarj edilebilen – şarj edilemeyen) olmak üzere iki ana modeli bulunmaktadır. Şarj edilebilen modeller yüksek güç yoğunluğu, yüksek deşarj hızı, tam deşarj profilleri ve düşük sıcaklıktaki iyi performansları ile karakterize edilebilirler. İçyapısı olarak en önce ve en çok kullanılan modelleri Kurşun-asit ve Nikel-demir alkaline bataryalardır. Daha sonra kapalı tip nikel-kadmiyum bataryanın geliştirilmesi taşınabilir cihazlarda kullanılmaya başlanmıştır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte Lityum-İyon bataryalar öncülüğü elde etmiştir (Linden,1995).

2.6. Kesir Dereceli Sistemler

Kesir dereceli sistemleri klasik kontrol sistemlerine göre türev ve integral kavramlarının tam sayı olmayan kompleks, irrasyonel ve reel sayılarda işlem yapılabilme imkanı bulunmasıdır. Bu sayede doğadaki sistemleri daha gerçekçi bir modelleme olanağı sunmaktadır (Das, 2008). Bu

sistemlerin hesaplanması için birçok farklı yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerden en çok kullanılanları Riemann-Liouville, Grünwald-Letnikov ve Caputo tanımlarıdır (Monje ve ark., 2010).

2.6.1. Riemann-Liouville tanımı

Riemann-Liouville tanımına göre integral ifadesi (7) denkleminde ifade edilmektedir.

$${}_a D_x^\alpha f(x) = \frac{1}{-\alpha} \int_a^x (x - \tau)^{-\alpha-1} f(\tau) d(\tau), \quad \alpha < 0 \tag{7}$$

${}_a D_x^\alpha$: Kesir Dereceli PID Operatörü, τ : zaman sabiti; α : Kesir derecesi

$(n - 1) \leq \alpha < n$ olmak kaydıyla denklem (8) nin n. Dereceden türevi alınırsa;

$${}_a D_x^\alpha f(x) = \frac{1}{\Gamma(n-\alpha)} \frac{d^n}{dx^n} \int_a^x (x - \tau)^{n-\alpha-1} f(\tau) d\tau, \quad n > 0 \tag{8}$$

elde edilmiş olur. Denklem (8) ile $f(x)$ fonksiyonunun $(n - \alpha)$ ncı dereceden kesir dereceli türevi ifade edilmektedir.

2.6.2. Grünwald-Letnikov tanımı

Grünwald-Letnikov tanımında ise, α reel sayı dereceli sistemi (9) denkleminde vermektedir.

$${}_a D_x^\alpha f(x) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{1}{h^\alpha} \sum_{j=0}^{\lfloor \frac{x-a}{h} \rfloor} (-1)^j \binom{\alpha}{j} f(x - jh) \tag{9}$$

Denklem (9)'de h adım sayısını göstermektedir. Denklem (10)'da yer alan toplam ifadesi ise

$$\sum_{j=0}^r (-1)^j \binom{\alpha}{j} = \frac{1}{\Gamma(1-\alpha)} \frac{\Gamma(r+1-\alpha)}{\Gamma(r+1)} \tag{10}$$

olarak verilmektedir.

Denklem (10)'te kullanılan ve $\Gamma(x)$ ile ifade edilen Euler-Gama fonksiyonu

$$x^\alpha = \underbrace{x \cdot x \cdot x \cdot x \dots \dots \dots x}_\alpha, \quad \alpha \text{ Tamsayı} \tag{11}$$

$$x^\alpha = e^{\alpha \ln x} \tag{12}$$

$$\alpha ! = 1.2.3. \dots (\alpha - 1). \alpha, \quad \alpha \text{ Tamsayı} \tag{13}$$

$$\alpha ! = \Gamma(\alpha + 1), \quad \alpha \text{ Reel Sayı} \tag{14}$$

$$\Gamma(x) = \int_0^\infty e^{-t} t^{x-1} dt \tag{15}$$

Γ : Euler Gama Fonksiyonu

formülasyonu ile elde edilir. Denklem (16)'de, $x \geq 0$ olup bir tamsayıdır. Denklem (16)'de, $\binom{\alpha}{j}$ binom katsayısını göstermektedir. Binom açılımından;

$$\binom{\alpha}{j} = \frac{\alpha(\alpha-1)(\alpha-2)\dots(\alpha-j+1)}{j!} \quad (16)$$

ile ifade edilir.

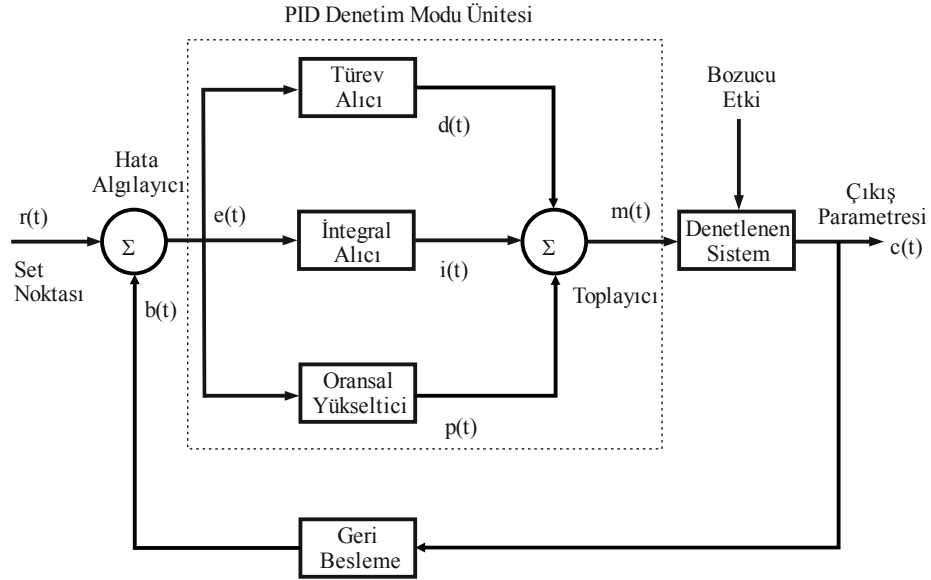
2.6.3. Caputo tanımı

Caputo tanımı (17) denklemi ile ifade edilir. Bu denklemde, n tamsayı, α ise reel sayı olarak verilmiştir.

$${}_a D_x^\alpha f(x) = \frac{1}{\Gamma(n-\alpha)} \int_a^x \frac{f^n(\tau)}{(x-\tau)^{\alpha+1-n}} d\tau, \quad (n-1) \leq \alpha < n \quad (17)$$

2.6.4. PID Kontrolör

PID Kontrolör sistemin oransal (P), integral (I) ve türevsel (D) işlemlerinden geçirilerek çıkışa aktaran blok diyagramlarından oluşmaktadır. Kapalı çevrim kontrol sisteminde oransal (P) band parametresi kontrol cihazının içinde bulunan denetim mekanizması sayesinde kazanç miktarı ile ters orantılı bir etki göstererek kazanç değeri ile çarpımının sonucunu verir. İntegral (I) etkisi kontrol çıkışını integral işlemi uygulayarak sönümlmeyi azaltmaktır. Bu işlemi yaparak band genişliğini daraltır ve frekans cevabını kısa sürede oturtur. Türevsel (D) etki ise kontrol çıkışını türev işleminden geçirerek hataya da doğru oranda etki göstererek yükselme zamanını ve oturma zamanını azaltır. Klasik PID nin üstel katsayıları tam sayı olduğundan kesir dereceli sistemlere nazaran cevabı daha yaklaşık sonuç vermektedir (Ogata, 2019). Klasik bir PID nin eşdeğer şeması Şekil 5'te verilmiştir.

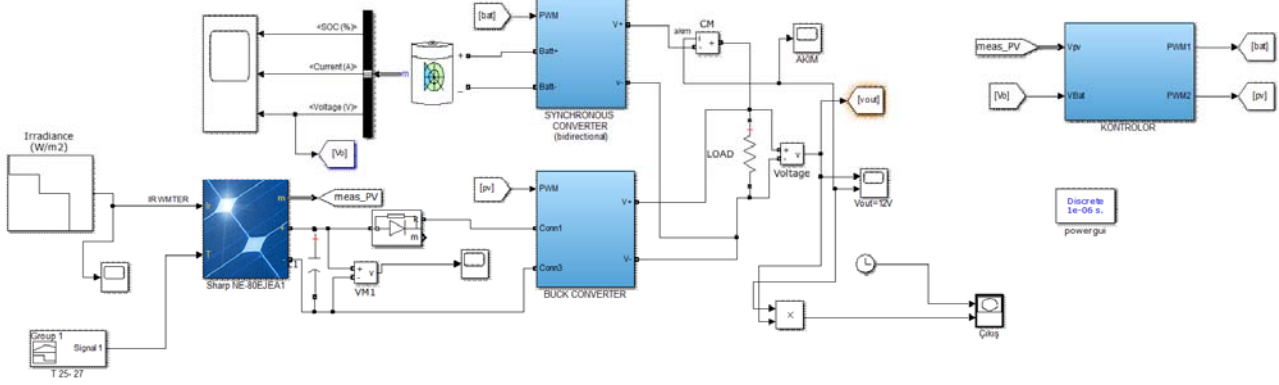


Şekil 5. Klasik PID eşdeğer şeması

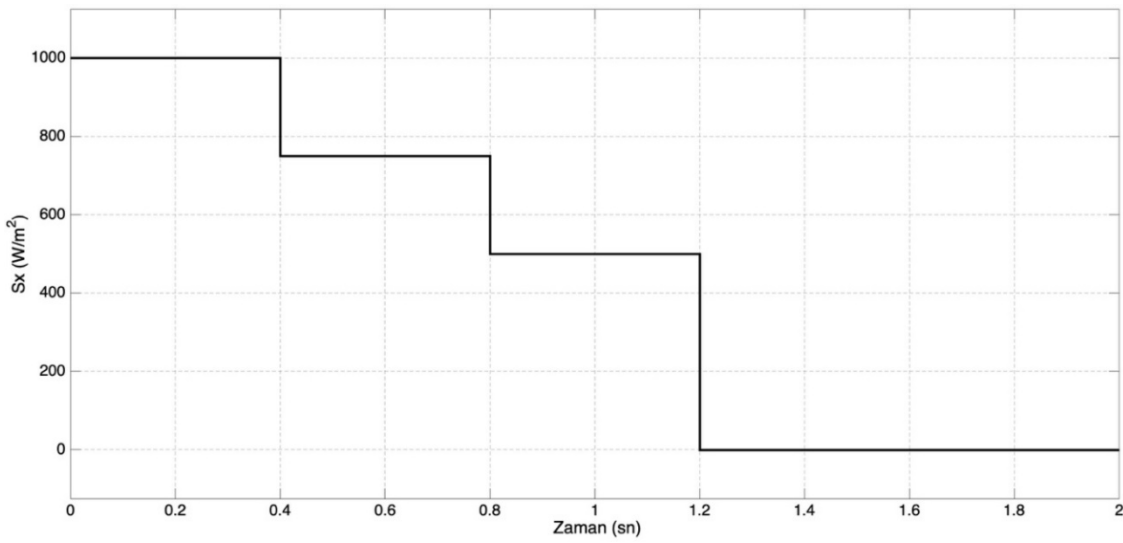
$$m(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} + V_0 \quad (18)$$

3. Bulgular ve Tartışma

Tüm veriler incelenirken ortam sıcaklık değeri $t=25$ °C olarak alınmış, güneş ışınım değeri ise 4 farklı değer seçilerek benzetimi yapılmıştır. Bu değerler $S_x=1000\text{w/m}^2$, $S_x=750\text{w/m}^2$, $S_x=500\text{w/m}^2$ ve $S_x=0$ olarak seçilmiştir. Güneş ışınım seviyesi 0,4sn, 0,8sn ve 1,2sn değişim göstermektedir. Yük olarak 25Ω 'luk bir DA yük kullanılmıştır. Bu veriler Şekil 7'de grafik olarak verilmiştir. Ayrıca sistemde kullanılan dönüştürücüler fotovoltaik panel ile yük arasında azaltan (düşürücü) dönüştürücü, yük ile batarya arasında yükselten-düşüren (artıran-azaltan) dönüştürücü kullanılmıştır. Sistemde kullanılan denetleyicilerin oranları simülasyon üzerinden MATLAB PID TUNING üzerinden otomatik hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar $K_p=2$, $K_i=9$, $\lambda=0,5$ ve $\mu=0,5$ alınmıştır. Klasik kontrolör PI değerleri ile kesir dereceli PI kontrolörün katsayı değerleri aynıdır. Kontrol tekniğinde ise kesir dereceli PI'da Caputo yaklaşımı kullanılmıştır. Sistemde anahtarlama frekansı 10kHz seçilmiştir.

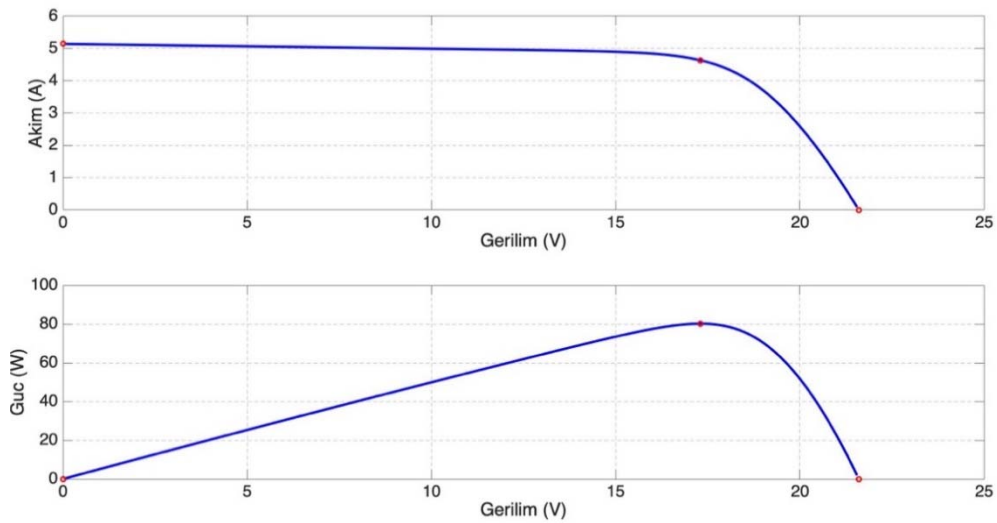


Şekil 6. Sistemin tek hat diyagramı



Şekil 7. Sx'in zamana göre değişimi

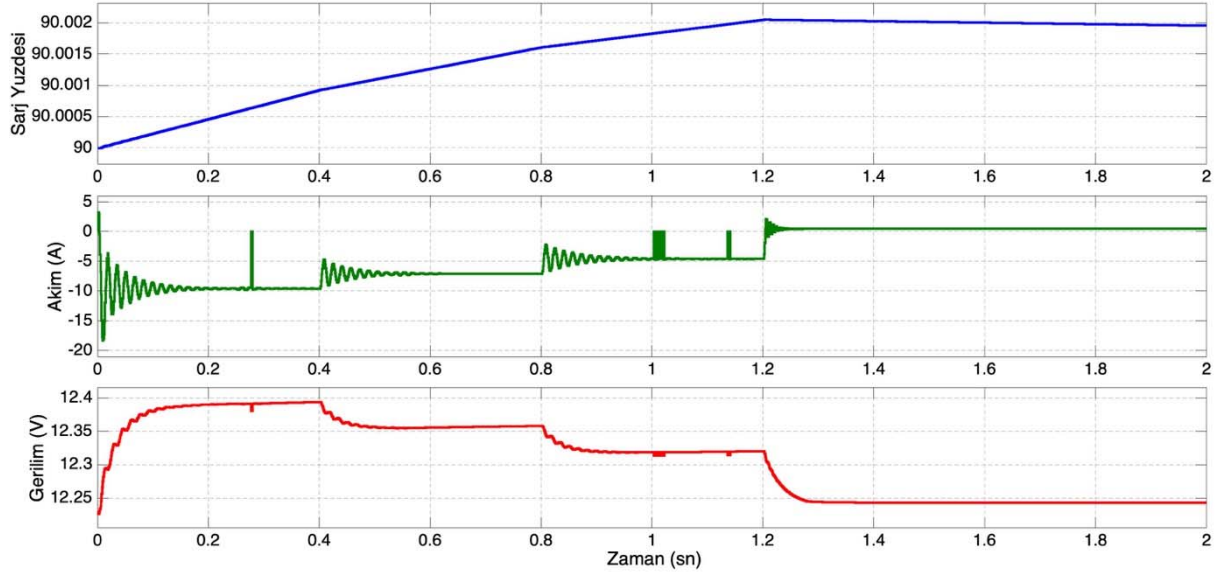
Şekil 8'te ise kullanılan güneş panelinin akım-gerilim ve gerilim-güç grafiği verilmiştir.



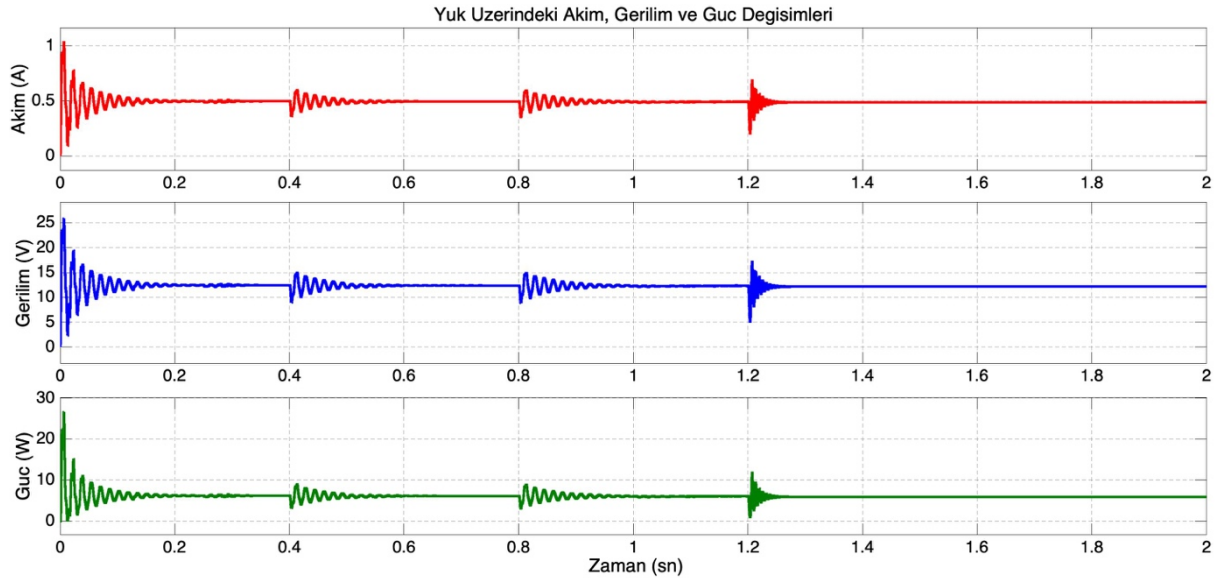
Şekil 8. Bir güneş paneline ait gerilim-akım ve gerilim-güç değişimleri

3.1. MGNİ Devrede Olmadan PI Kontrolör ile Alınan Sonuçlar

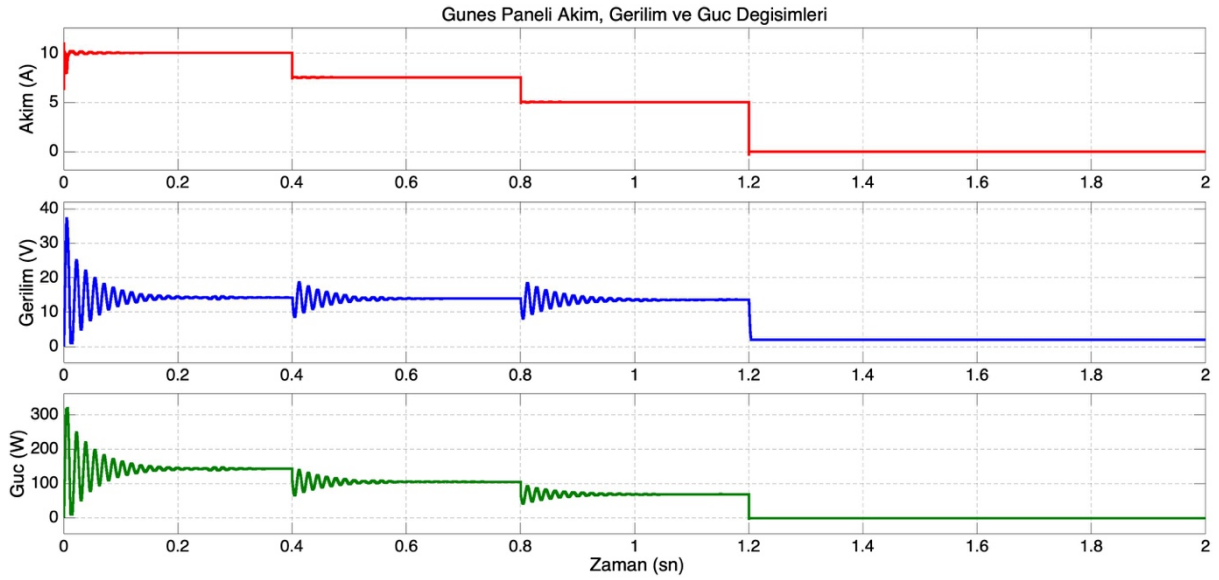
Sistemi MGNİ olmadan devreye alınması durumunda şarj yüzdesi % 90 civarında olup, akım ve gerilim dalgalanması oldukça fazladır. FV üzerinden bakıldığında maksimum güç elde edilememektedir. Dolayısıyla yük üzerindeki güç oldukça düşük değerdedir. Bu verilerle ilgili grafikler Şekil 9, Şekil 10 ve Şekil 11’de verilmiştir.



Şekil 9. Akü akım, gerilim ve şarj yüzdesinin değişimi



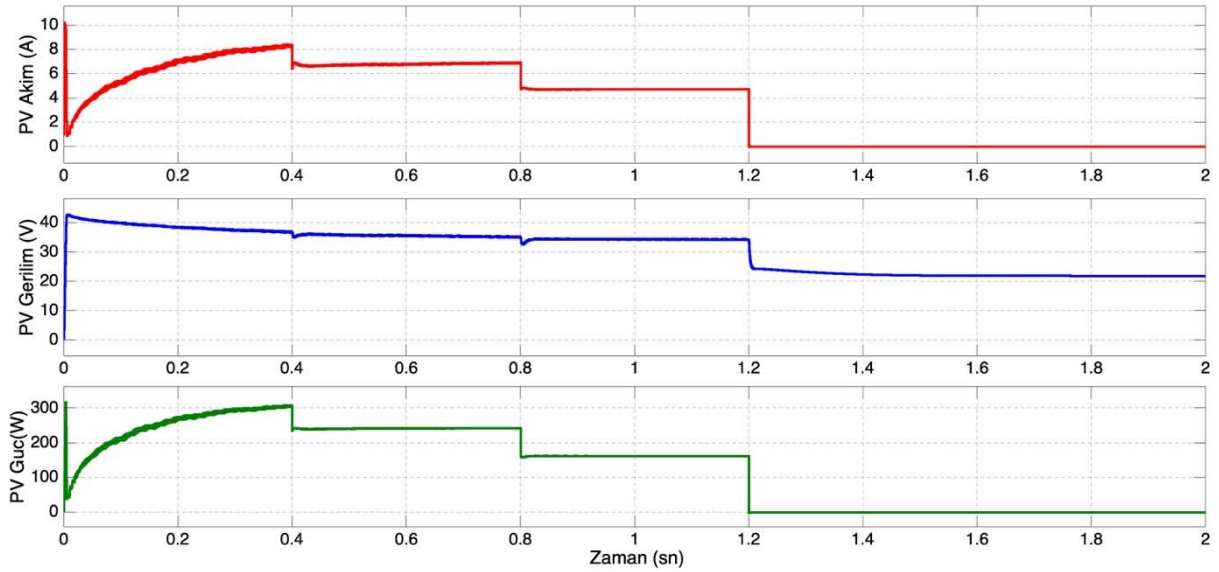
Şekil 10. Yük üzerindeki akım, gerilim ve gücün değişimi



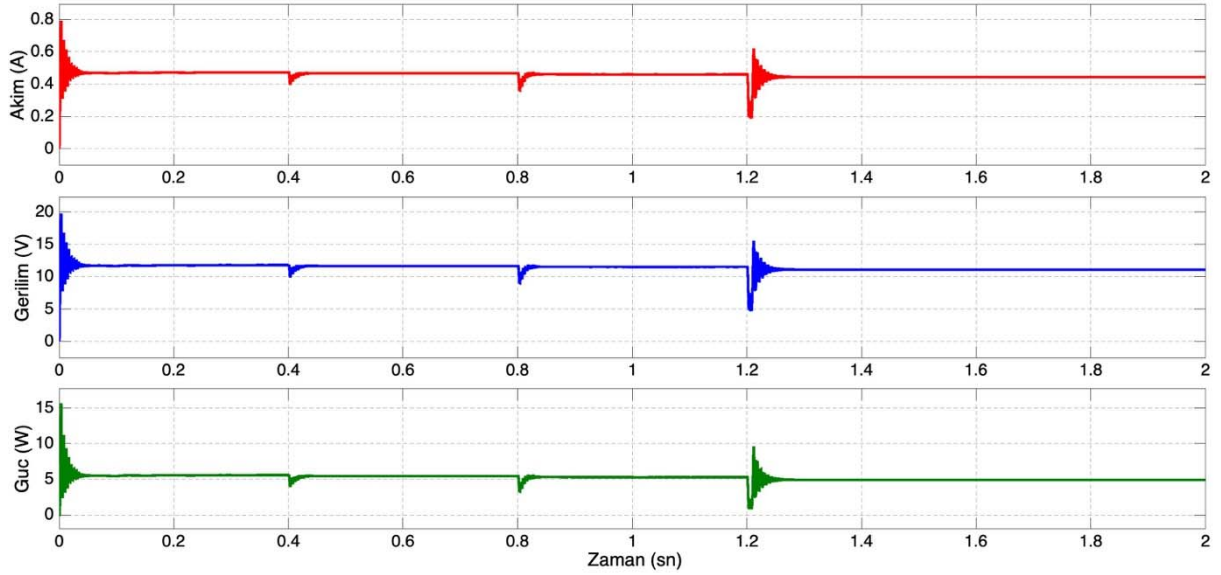
Şekil 11. Gunes panelinden çekilen akım, gerilim ve güç değerleri

3.2. MGNI ve PI Kontrolör Devrede İken Elde Edilen Sonuçlar (Açık Devre Gerilimi Yöntemi)

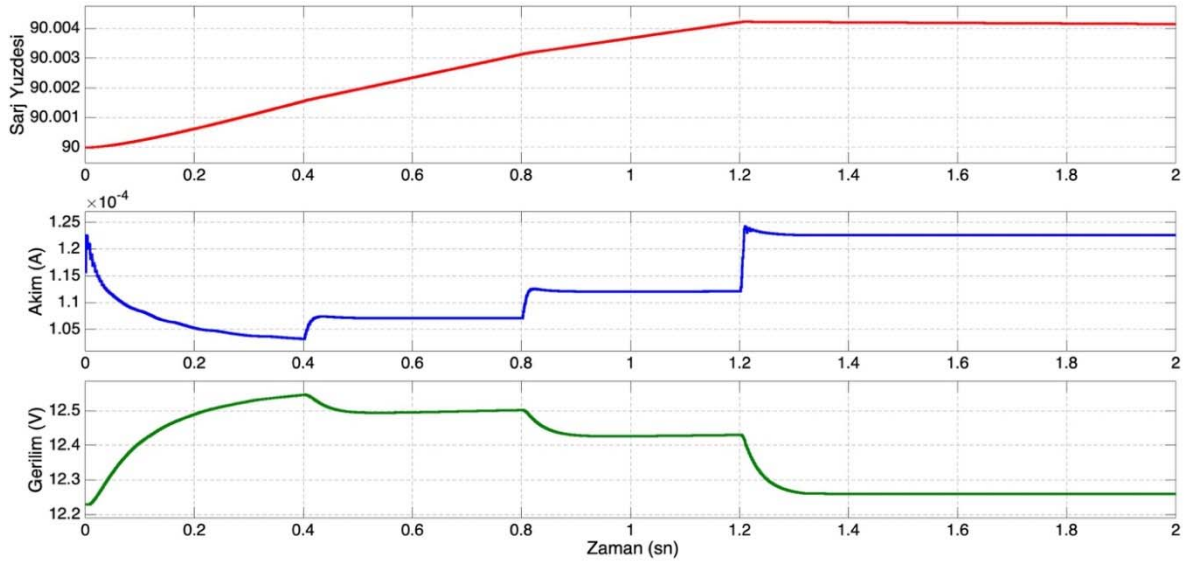
Sisteme Açık devre gerilimi yöntemiyle MGNI uygulandığında şarj yüzdesi % 90 civarında olup, akım ve gerilim dalgalanması oldukça azdır. FV üzerinden bakıldığında maksimum güç elde edilmektedir. Dolayısıyla yük üzerindeki güç oldukça yüksek değerdedir. Bu devreye PI kontrolör uygulandığında dalgalanmalar minimum seviyeye çekilmiştir. Bu verilerle ilgili grafikler Şekil 12, Şekil 13 ve Şekil 14'te verilmiştir.



Şekil 12. FV akım, gerilim ve güç değerleri



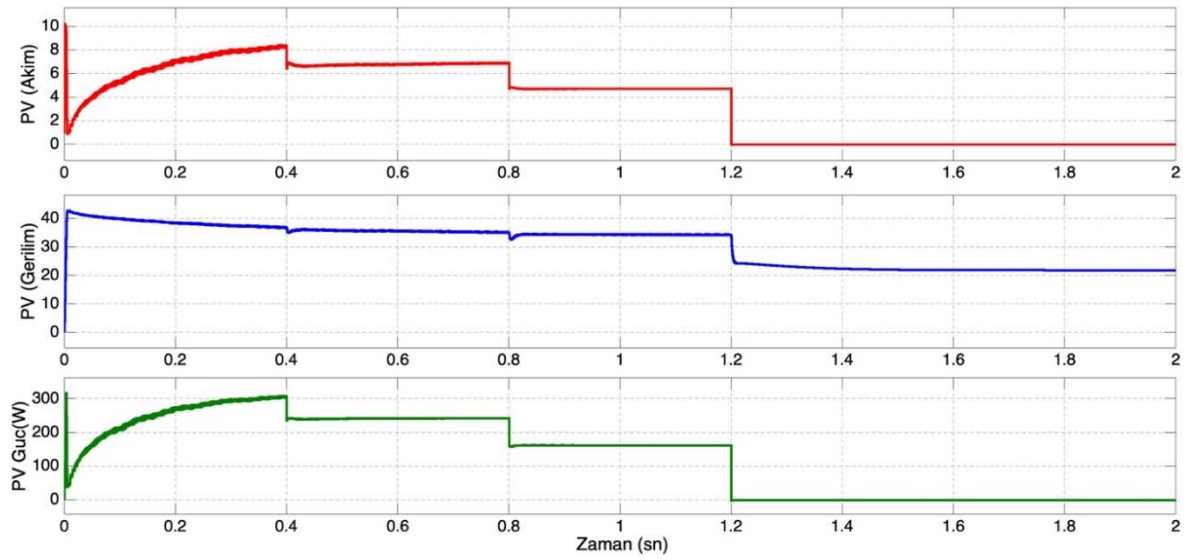
Şekil13. Yük üzerindeki akım, gerilim ve güç değişimi.



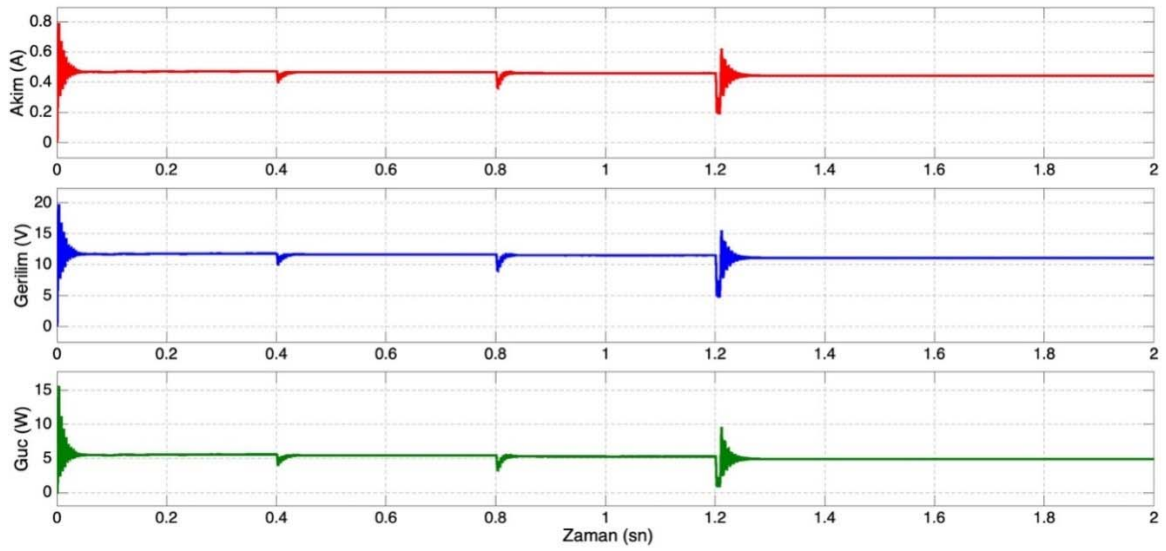
Şekil 14. Akü ye ait şarj yüzdesi, akım ve gerilim değerlerinin zamana göre değişimi

3.3. MGNİ ve Kesir Dereceli PI Kontrolör Devrede İken Elde Edilen Sonuçlar (Açık Devre Gerilimi Yöntemi)

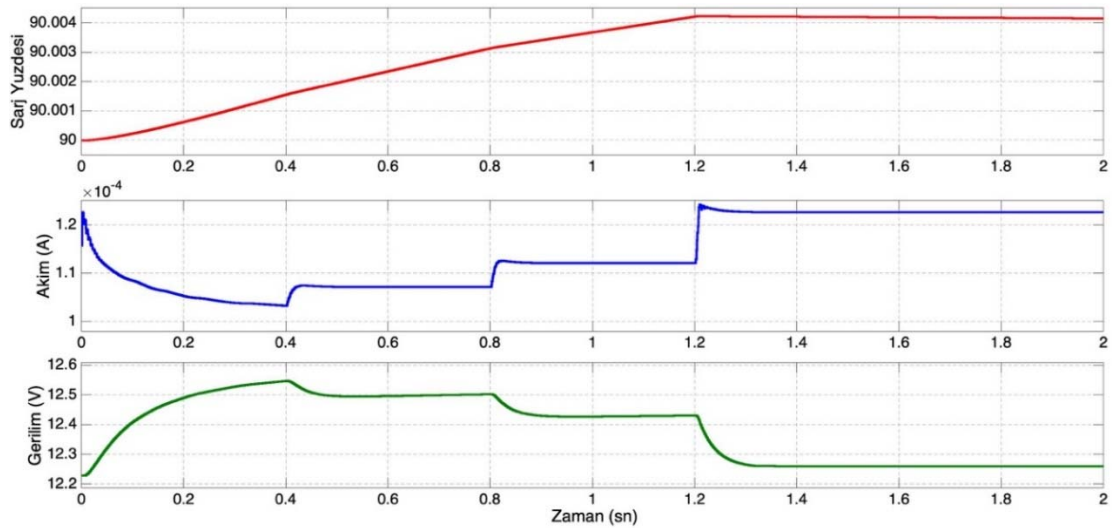
Sisteme Açık devre gerilimi yöntemiyle MGNİ uygulandığında şarj yüzdesi % 90 civarında olup, akım ve gerilim dalgalanması oldukça azdır. FV üzerinden bakıldığında maksimum güç elde edilmektedir. Dolayısıyla yük üzerindeki güç oldukça yüksek değerdedir. Bu devreye Kesir Dereceli PI kontrolör uygulandığında dalgalanmalar klasik PI kontrolöre göre daha azdır. Bu verilerle ilgili grafikler Şekil 15, Şekil 16 ve Şekil 17’de verilmiştir.



Şekil 15. Kesir Dereceli PI denetleyicili PV akım, gerilim ve güç değerleri



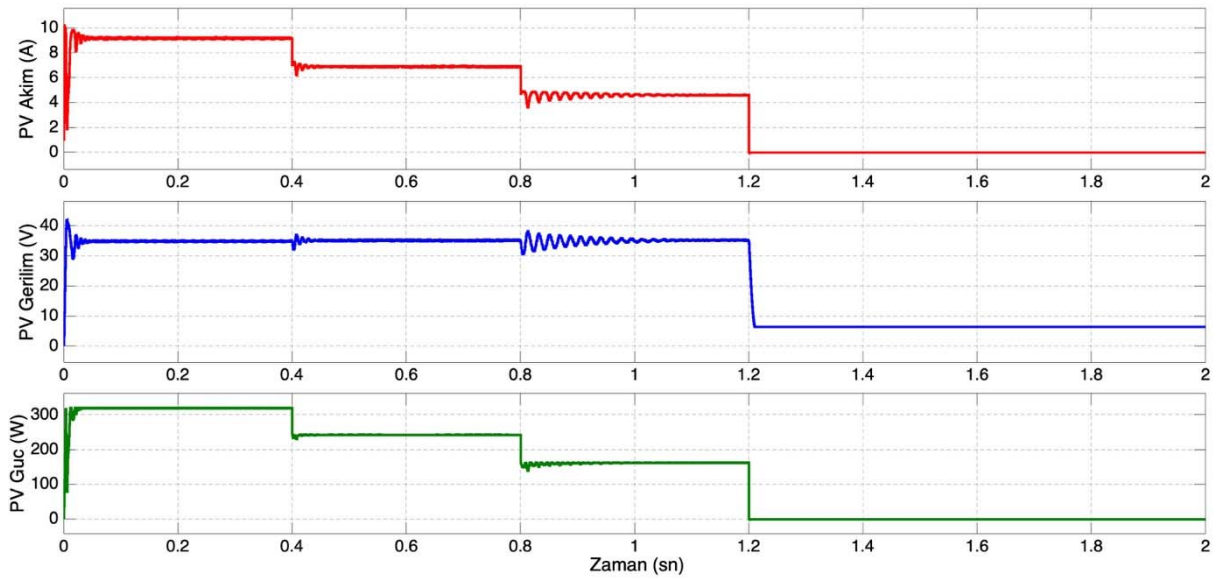
Şekil 16. Kesir Dereceli PI denetleyicili yük üzerindeki akım, gerilim ve güç değişimi.



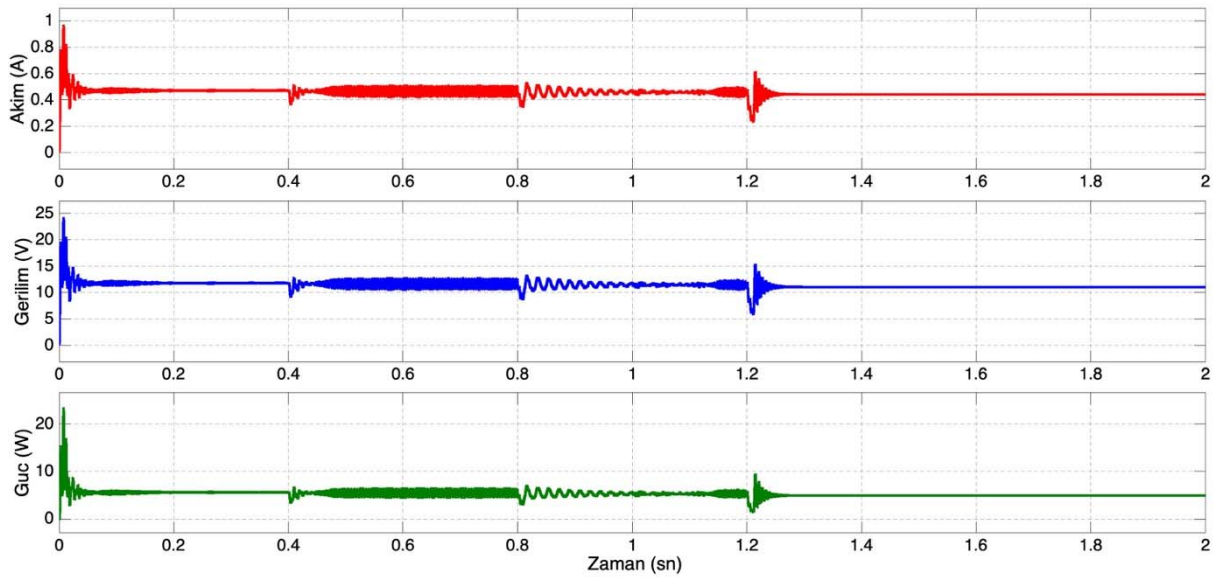
Şekil 17. Kesir Dereceli PI akü ye ait şarj yüzdesi, akım ve gerilim değerlerinin zamana göre değişimi

3.4. MGNI ve PI Kontrolör Devrede İken Elde Edilen Sonuçlar (Artan İletkenlik Yöntemi)

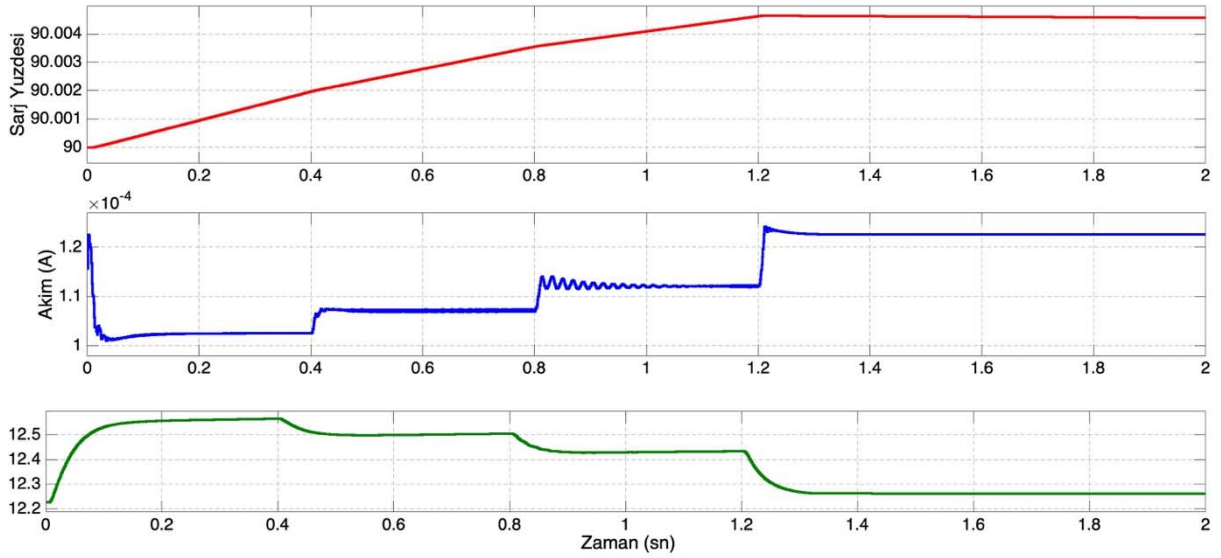
Sisteme Artan iletkenlik yöntemiyle MGNI uygulandığında şarj yüzdesi % 90 civarında olup, akım ve gerilim dalgalanması güneş ışınım seviyelerinde oldukça azdır. Sisteme cevabı oldukça hızlıdır. FV üzerinden bakıldığında maksimum güç elde edilememektedir. Dolayısıyla yük üzerindeki güç oldukça en yüksek değerdedir. Bu devreye klasik PI kontrolör uygulandığında salınımlar minimize edilmiştir. Bu verilerle ilgili grafikler Şekil 18, Şekil 19 ve Şekil 20’de verilmiştir.



Şekil 18. PID denetleyicili FV akım, gerilim ve güç değerleri



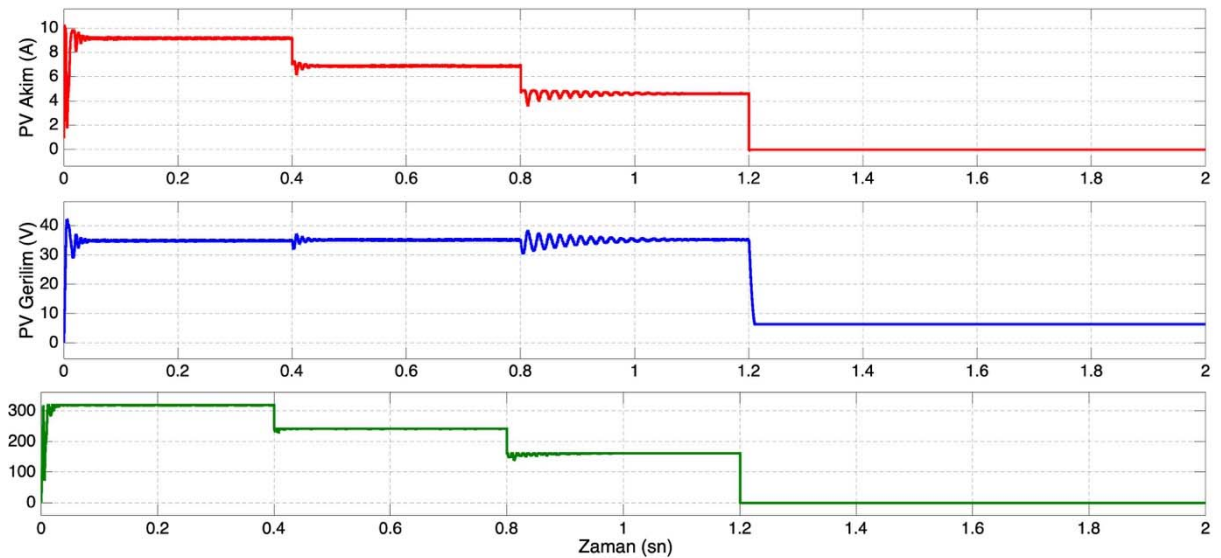
Şekil 19. PID denetleyicili yük üzerindeki akım, gerilim ve güç değişimi.



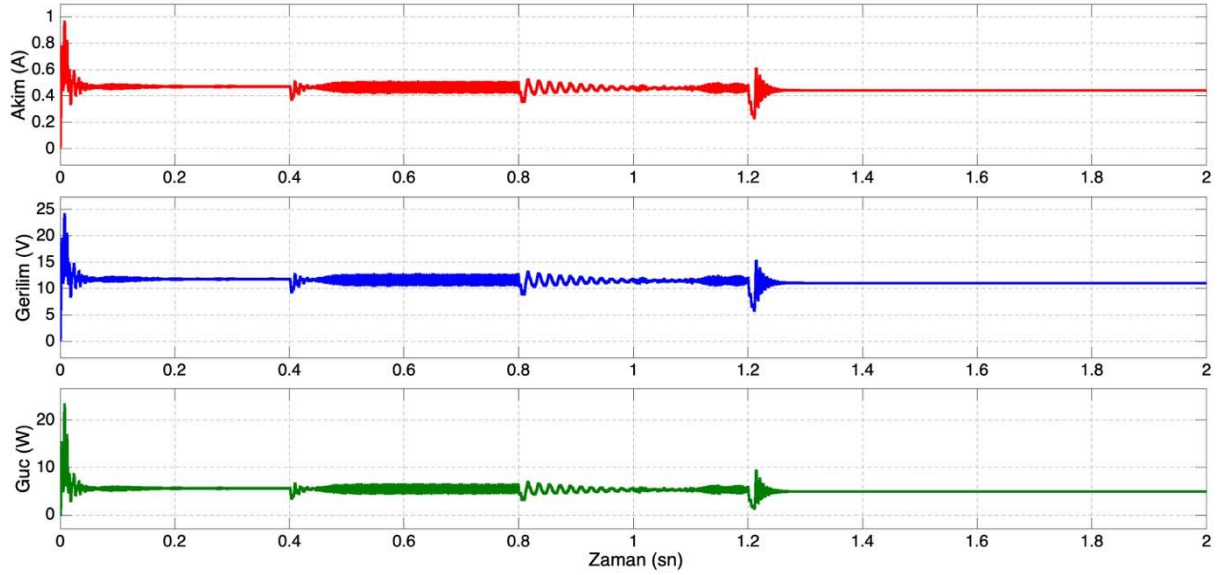
Şekil 20. PID akü ye ait şarj yüzdesi, akım ve gerilim değerlerinin zamana göre değişimi

3.5. MGNI ve Kesir Dereceli PI Kontrolör Devrede İken Elde Edilen Sonuçlar (Artan İletkenlik Yöntemi)

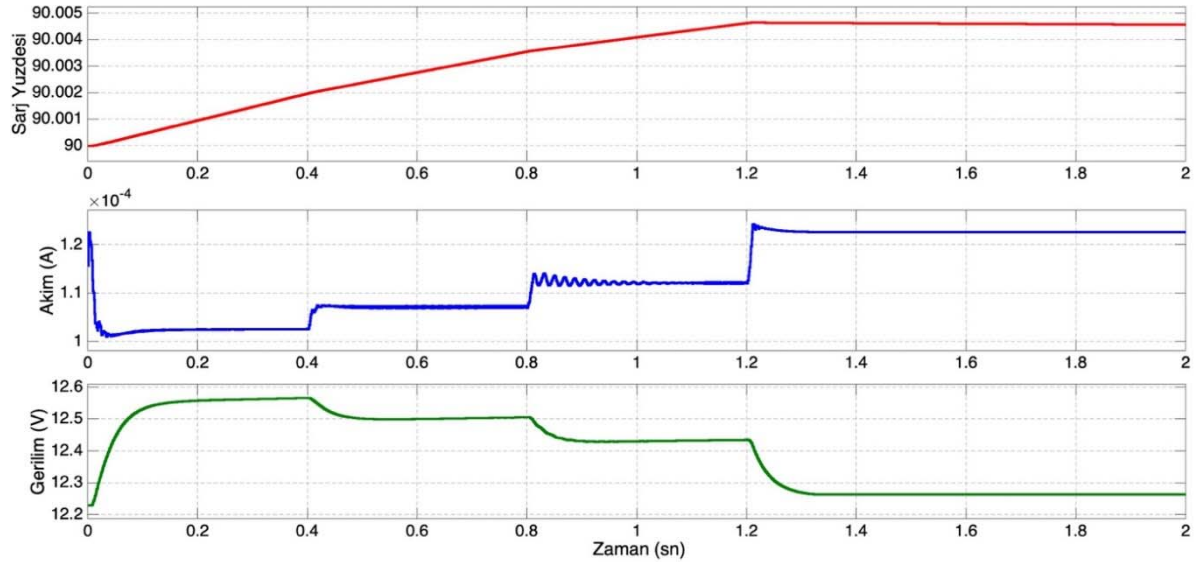
Sisteme Artan iletkenlik yöntemiyle MGNI uygulandığında şarj yüzdesi % 90 civarında olup, akım ve gerilim dalgalanması güneş ışınım seviyelerinde oldukça azdır. Sisteme cevabı oldukça hızlıdır. FV üzerinden bakıldığında maksimum güç elde edilmektedir. Dolayısıyla yük üzerindeki güç oldukça en yüksek değerdedir. Bu devreye Kesir dereceli PI kontrolör uygulandığında ışınım bölgelerinde oturma zamanı klasik PI göre daha hızlıdır. Bu verilerle ilgili grafikler Şekil 21, Şekil 22 ve Şekil 23'te verilmiştir.



Şekil 21. Kesir Dereceli PI denetleyicili FV akım, gerilim ve güç değerleri



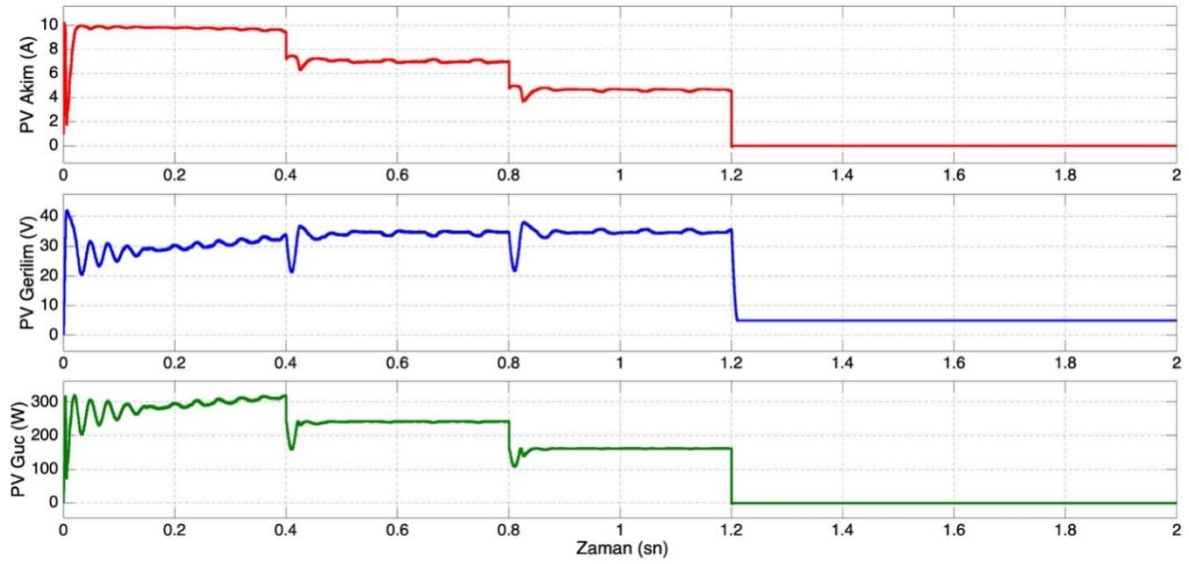
Şekil 22. Kesir Dereceli PI denetleyicili yük üzerindeki akım, gerilim ve güç değişimi.



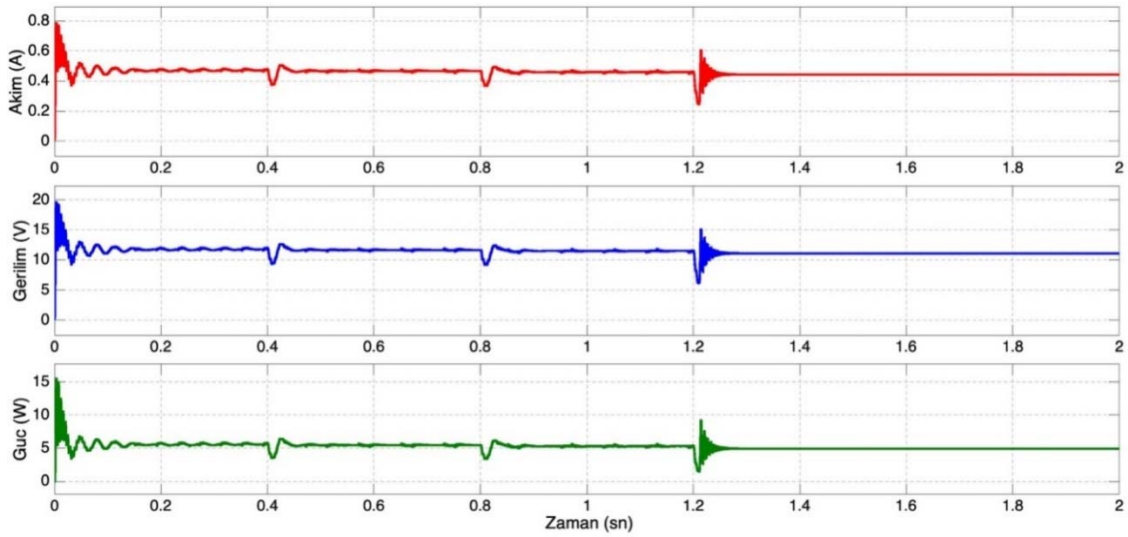
Şekil 23. Kesir Dereceli PID akü ye ait şarj yüzdesi, akım ve gerilim değerlerinin zamana göre değişimi

3.6. MGNİ ve PI Kontrolör Devrede İken Elde Edilen Sonuçlar (Değiştir & Gözle Yöntemi)

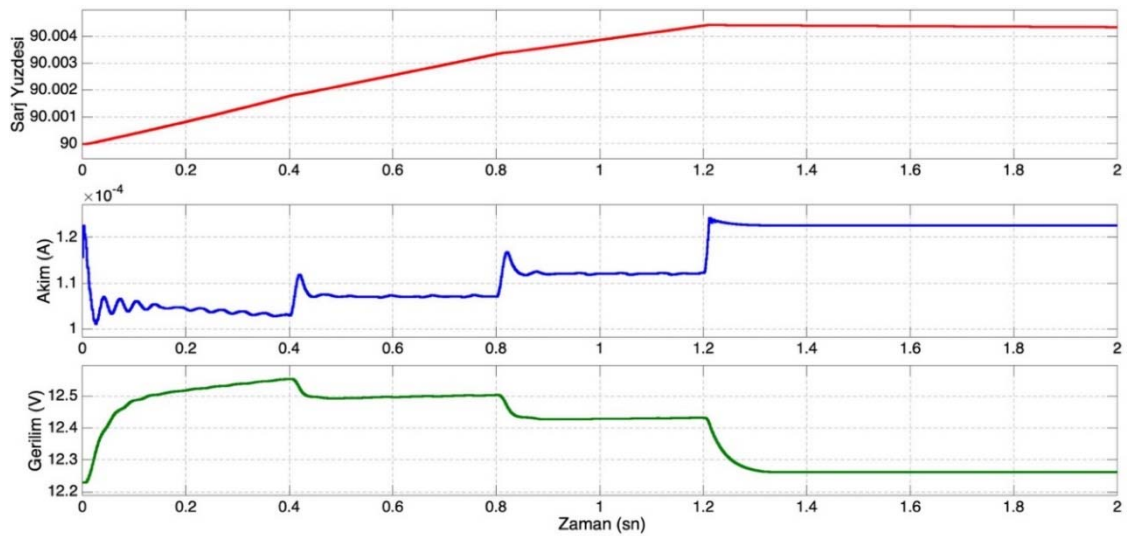
Sisteme Artan iletkenlik yöntemiyle MGNİ uygulandığında şarj yüzdesi % 90 civarında olup, akım ve gerilim dalgalanması oldukça fazladır. Sisteme cevabı hızlıdır. FV üzerinden bakıldığında maksimum güç elde edilememektedir. Dolayısıyla yük üzerindeki güç oldukça en yüksek değerdedir. Bu devreye klasik PI kontrolör uygulandığında salınımlar oldukça fazladır. Bu verilerle ilgili grafikler Şekil 24, Şekil 25 ve Şekil 26'da verilmiştir.



Şekil 24. PI denetleyicili FV akım, gerilim ve güç değerleri



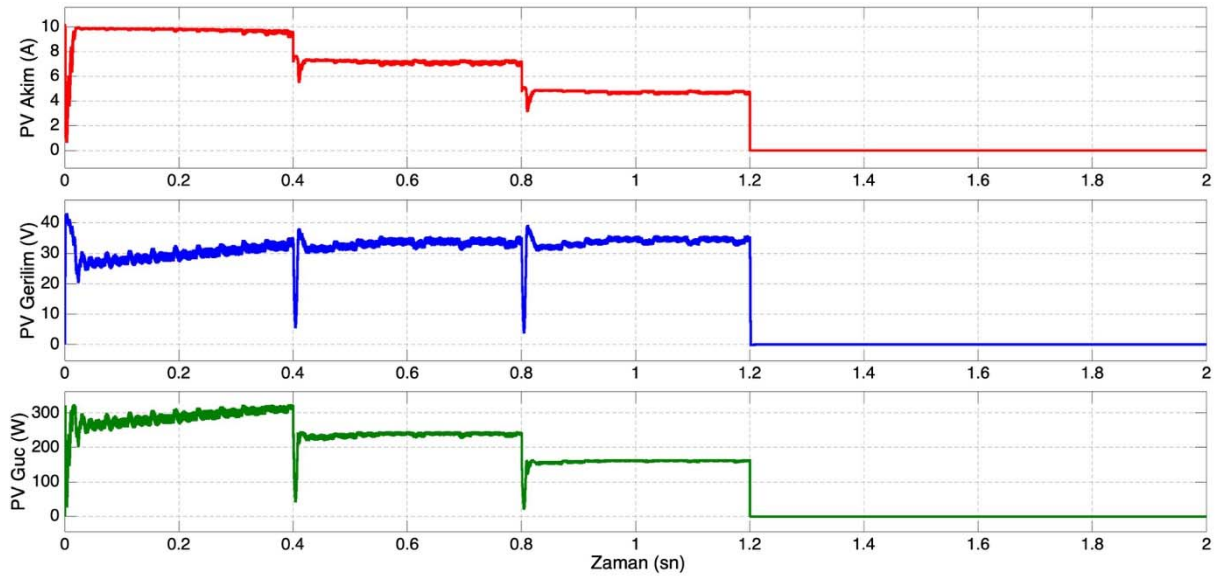
Şekil 25. PI denetleyicili yük üzerindeki akım, gerilim ve güç değişimi.



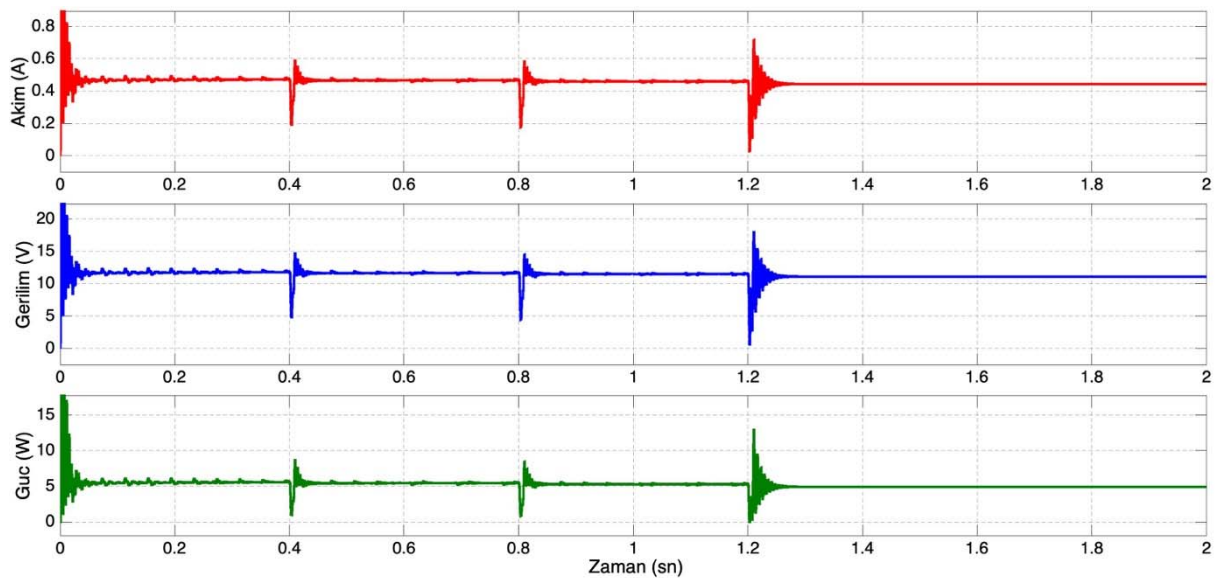
Şekil 26. PID akü ye ait şarj yüzdesi, akım ve gerilim değerlerinin zamana göre değişimi

3.7. MGNI ve Kesir Dereceli PI Kontrolör Devrede İken Elde Edilen Sonuçlar (Değiştir & Gözle Yöntemi)

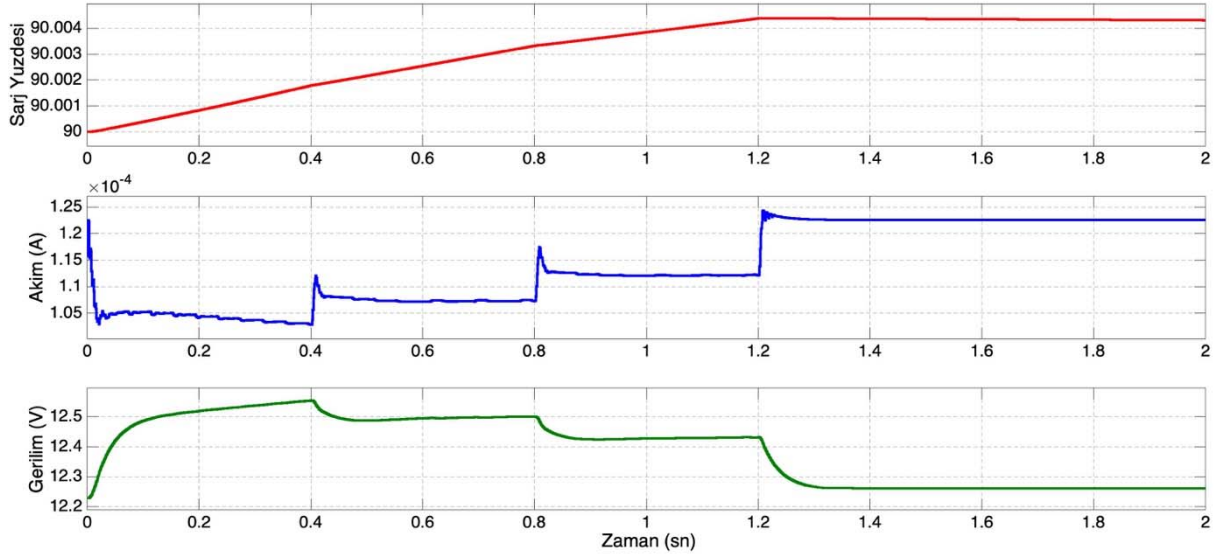
Sisteme Artan iletkenlik yöntemiyle MGNI uygulandığında şarj yüzdesi % 90 civarında olup, akım ve gerilim dalgalanması oldukça fazladır. Sisteme cevabı hızlıdır. FV üzerinden bakıldığında maksimum güç elde edilememektedir. Dolayısıyla yük üzerindeki güç oldukça en yüksek değerdedir. Bu devreye kesir dereceli PI kontrolör uygulandığında klasik PI kontrolöre göre salınımlar daha az seviyede fakat genel anlamda oldukça fazladır.. Bu verilerle ilgili grafikler Şekil 27, Şekil 28 ve Şekil 29'da verilmiştir.



Şekil 27. Kesir Dereceli PI denetleyicili FV akım, gerilim ve güç değerleri



Şekil 28. Kesir Dereceli PI denetleyicili yük üzerindeki akım, gerilim ve güç değişimi.



Şekil 29. Kesir Dereceli PI akü ye ait şarj yüzdesi, akım ve gerilim değerlerinin zamana göre değişimi

4. Sonuçlar ve Öneriler

Yapılan bu çalışmada MGNI, PI kontrolör ve kesir dereceli PI kontrolör devreye uygulanarak sisteme cevabı, maksimum güç noktası, akım-gerilim cevabı ayrıntılı olarak incelenmiş, MGNI devrede yokken panellerin maksimum gücü aktaramadığı görülmüştür. MGNI devredeyken açık devre gerilimi yönteminde sistem cevabında dalgalanma azdır. Değiştir&Gözle yöntemi incelendiğinde oturma zamanı açık devre gerilimi yöntemine göre daha iyi, fakat dalgalanma oldukça fazladır. Artan iletkenlik yöntemi devreye alındığında sisteme cevabı oldukça kısa, yük üzerindeki dalgalanma en az seviyededir. Kontrolörler kıyaslandığında kesir dereceli PI kontrolör bulunan devrelerde klasik PI kontrolörlere göre oturma zamanının daha iyi olduğu gözlenmiştir. Dalgalanmalar daha az seviyededir.

Sistemdeki MGNI FV güneş panellerinin etkin bir şekilde kullanımını sağlarken akülerin şarj olmasında da sisteme katkıda bulunmaktadır. Yapılan benzetimler kısa süreli olduğu için akülerin şarj durumları çok net olarak gözlemlenememektedir. Uzun süreli benzetin sonucunda akülerin doluluk oranının düzenli bir şekilde yükseldiği görülmüştür. Dolayısıyla sistem bileşenleri arasında en önemli cihazın MGNI olduğu anlaşılmaktadır.

Teşekkür

2017 yılında başlayan “Güneş Enerjisi Sistemleri için Akıllı Akü Şarj Cihazı Tasarımı” isimli ve FEN-BAP-C-160317-05 numaralı projeye desteklerinden dolayı Giresun Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) birimine desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Bodur H. (2010). Güç Elektroniği Temel Analiz ve Sayısal Uygulamalar, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Das, S. (2008). Functional fractional calculus for system identification and controls, Springer, Springer Berlin Heidelberg New York.
- Deveci, O., Kasnakoğlu, C., (2014). Bir Fotovoltaik Sistemden Değişken Güneş Işınım Değerlerinde Maksimum Güç ve Sabit DA Gerilim Elde Edilebilmesine Yönelik DA/DA Dönüştürücü ve Kontrolcü Tasarımı, s.187–193.
- Esrām, T and Chapman, P. L. (2007). Comparison of Photovoltaic Array Maximum Power Point Tracking Techniques, IEEE Transactions on Energy Conversion, 22,2,439-449.
<https://www.mpoweruk.com/chargers.htm> [Son erişim: 22.05.2019 13:41]
- Ishaque, K., & Salam, Z. (2011). A comprehensive MATLAB Simulink PV system simulator with partial shading capability based on two-diode model. Solar energy, 85(9), 2217-2227.
- Jain, S., & Agarwal, V. (2007). A single-stage grid connected inverter topology for solar PV systems with maximum power point tracking. IEEE transactions on power electronics, 22(5), 1928-1940.
- King D. L., Boyson W. E, Kratochvil J. A., (2004). Photovoltaic array performance model, *Sandia National Laboratories*, SAND2004-3535,1-43.
- Larbes, C., Ait Cheikh, S.M., Obeidi, T. ve Zerguerras, A. (2009). Genetic algorithms optimized fuzzy logic control for the maximum power point tracking in photovoltaic system, Renewable Energy, 34(10), 2093–2100.
- Li, S., Ke, B. (2011). Study of battery modeling using mathematical and circuit oriented approaches. In 2011 IEEE Power and Energy Society General Meeting (pp. 1-8). IEEE.
- Linden, D., (1995). Handbook of Batteries, McGraw-Hill, New-York
- Mengi, Ö.O., (2018). A Five-Level H-Bridge STATCOM for Off-Grid PV Solar Farm Under Two Controllers PI and PI λ -MPC Hybrid. International Journal of Photoenergy, 2018,1-15.
- Monje, C., Chen, Y.Q., Vinagre, B.M., Xue, D. ve Feliu, V. 2010. Fractional order systems and controls: fundamentals and applications (advances in industrial control). London: Springer-Verlag.
- Ogata, K., (2019). Modern Kontrol Mühendisliği, Palme Yayınevi, İstanbul.
- Saetre T. O., Midtgard, Yordanov G. H. (2011). A new analytical solar cell I-V Curve Model, *Elsevier Renewable Energy*, 36, 2171-2176.
- Sridhar, R., Jeevanathan, D., ThamizhSelvan, N., & Banerjee, S. (2010). Modeling of PV array and performance enhancement by MGNİ algorithm. International Journal of Computer Applications, 7(5), 35-39.
- Walker, G. (2001). Evaluating MGNİ converter topologies using a MATLAB PV model. Journal of Electrical & Electronics Engineering, Australia, 21(1), 49.
- Walker, G. R., & Sernia, P. C. (2004). Cascaded DC-DC converter connection of photovoltaic modules. IEEE transactions on power electronics, 19(4), 1130-1139.
- Yanmaz, K. (2018). Güneş Enerji Sistemlerinde Sürekli Miknatıslı DC Motorun Benzetimi ve 2-DOF PI Kontrolörü ile Kontrolü. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 8(2), 181-188.