



Fotovoltaik-Rüzgar-Yakıt Pili Hibrit Güç Sistemlerinde DC Enerji Dağıtımına Yönelik Tasarım Kriterleri



Doç. Dr. Engin ÇETİN

PAÜ Elk.-Elo. Müh. Böl.

Prof. Dr. Sıddık İÇLİ

EÜ Güneş Enerjisi Enstitüsü



- Giriş
- Hibrit Enerji Üretim Sistemi
- DC Enerji Dağıtımına Yönelik Kriterler
- Tartışma ve Sonuç



Giriş

Alternatif Enerji Kaynakları (AEK), petrol ve doğalgaz gibi konvansiyonel fosil enerji kaynaklarının dışında kalan güneş, rüzgar, hidrolik, jeotermal, hidrojen gibi enerji kaynaklarıdır [1]. Fosil yakıt rezervlerinin azalmaya başlaması, bu tür enerji kaynaklarının çevreye dair olumsuz etkileri, enerji maliyetlerindeki artışlar, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de alternatif enerji kaynaklarına yönelimi arttırmıştır [2, 3].





Giriş



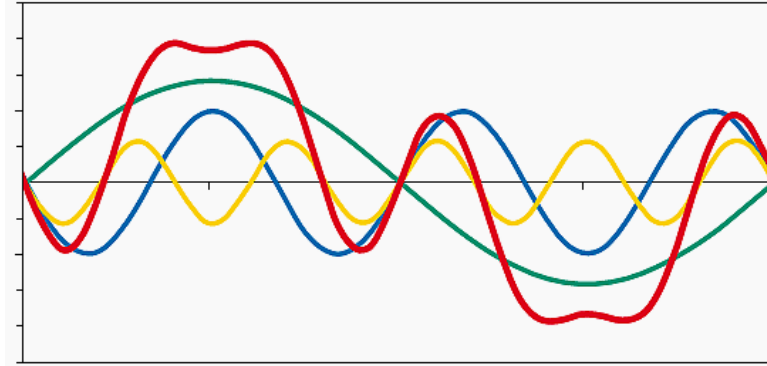
<https://www.offgridenergyindependence.com/articles/16200/potential-for-floating-photovoltaic-systems>

AEK arasında da; fotovoltaik sistemler, rüzgar enerjisi ve yakıt pillerine dayalı hidrojen enerjisi popüler hale gelmiştir. Fotovoltaik sistemler ve rüzgar türbinleri, megawattlar mertebesinde ölçekte devreye alınabilmeleri, yakıt pilleri ise özellikle elektrikli araçlar ve mobil sistemlerde kullanılabilmeleri gibi sebeplerle tercih edilebilir durumdadır.



Giriş

Bilindiği üzere fotovoltaik santral, yakıt pili, mikro rüzgar türbini gibi alternatif enerji sistemlerinin ürettiği elektrik enerjisi, doğru akım (DC) özelliindedir. Bununla birlikte, tüketim birimleri uzunca bir süredir alternatif akım (AC) karakteristikte elektrik enerjisine ihtiyaç duyduklarından, alternatif enerji sistemlerince üretilen DC karakteristikli elektrik enerjisinin DC enerji türüne dönüştürülmesi şarttır. Yapılan bu dönüşüm işlemi, beraberinde; ilave DC/AC dönüşüm birimi ihtiyacı nedeniyle maliyet artışına, ilave birim üzerinde enerji kayıplarına, ihtiyaç olunan ekipman hacminin büyümesine ve de kurulum-işçilik maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır. AC sistemde çalışılacak olması nedeniyle enerji kalitesinde de özellikle harmonik kaynaklı olumsuzluklara da neden olmaktadır [1, 3-6].



Caption:

- nonsinusoidal waveform
- first harmonic (fundamental)
- third harmonic
- fifth harmonic

<https://electrical-engineering-portal.com/harmonics-what-are-they-what-do-they-do>



Giriş



Bu noktada, gerek DC'den AC'ye dönüşüm neticesinde oluşan enerji kayıplarını azaltmak, gerek enerji kalitesini tüm sistemde arttırmak, gerekse elektrik enerjisini 12 V ve 24 V DC formda dağıtmak suretiyle yine sistem güvenliğini üst seviyeye çıkarmak mümkündür. Yapılan bu çalışmada, Pamukkale Üniversitesi Temiz Enerji Evi'nde mevcut fotovoltaik santral, rüzgar türbini ve yakıt pilinden oluşan hibrit enerji sisteminden elde edilen DC enerjinin Temiz Enerji Evi içerisinde yine DC formda dağıtımını ve bu sistemin tasarım aşamaları ele alınmıştır.



Hibrit Enerji Üretim Sistemi



PAÜ Temiz Enerji Evi



Hibrit Enerji Üretim Sistemi





Hibrit Enerji Üretim Sistemi

PAÜ-TEE'de; 5 kW'ı fotovoltaik, 2,4 kW'ı yakıt pili ve 0,4 kW'ı rüzgar türbini olmak üzere toplamda 7,8 kW kurulu güç bulunmaktadır. Fotovoltaik sistemin 2,5 kW'ı on-grid, diğer 2,5 kW'ı da off-grid yapılanma şeklindedir.

Sistemde yer alan biri 12 V diğeri 24 V DC çıkışlı iki ayrı DC/DC konvertör, hem fotovoltaik santral ve rüzgar türbini barasından hem de yakıt pili barasından aldığı DC enerjiyi, Şekil 2'de görüldüğü gibi 12 V ve 24 V DC yüklerin enerjilendirilmesinde kullanmaktadır. 12 V DC yükler; TV, elektrik süpürgesi ve kompakt floresant lambalardan, 24 V DC yükler ise; sirkülasyon pompası, iki adet vantilatör ve buzdolabı ünitelerinden oluşmaktadır.





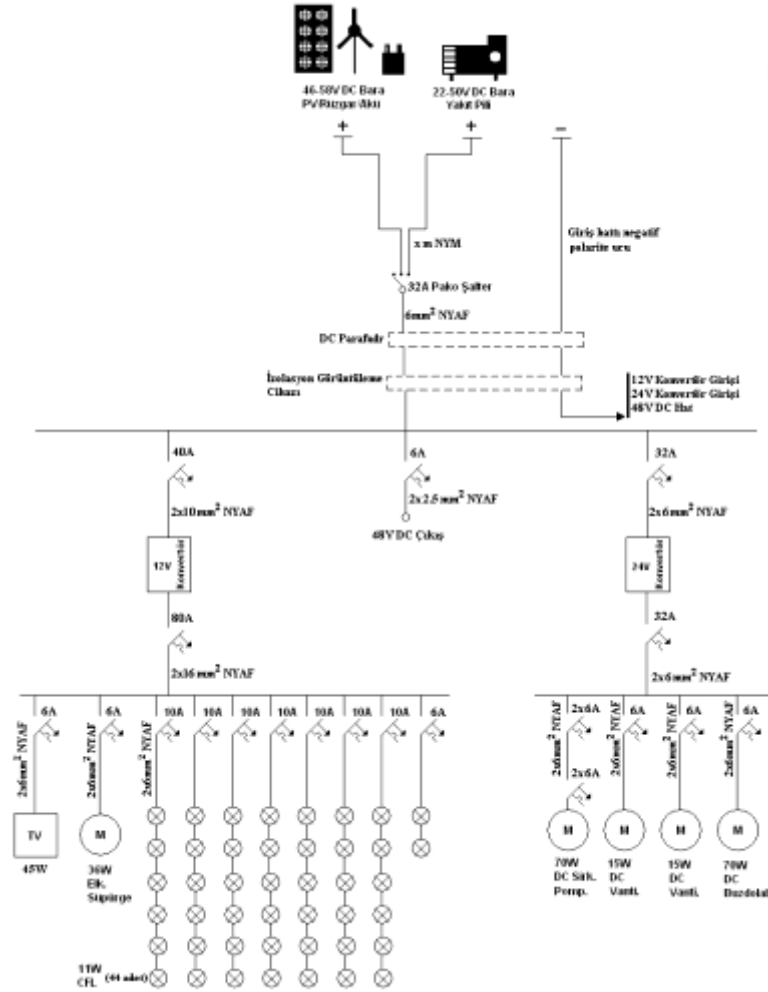
Hibrit Enerji Üretim Sistemi



DC yükler [1]

Hibrit Enerji Üretim Sistemi

Hibrit enerji üretim sistemi bileşenlerine ait tek hat şeması [1]





DC Enerji Dağıtımına Yönelik Kriterler

DC enerji dağıtımını, öncelikle ürettiği enerji DC olan sistemler için düşünülebilir. Burada fotovoltaik sistemleri oluşturan fotovoltaik modüller ile hidrojen den elektrik üretimi yapan yakıt pillerinin çıkışları DC karakteristiktir. Bununla birlikte, rüzgar türbinleri genellikle AC çıkışlı olarak üretilirler. İstisnai olarak, mikro ölçekli rüzgar türbinleri, örnek sistemde olduğu gibi, akü şarjına uygun olarak DC çıkışlı olarak imal edilir. Burada dikkat edilmesi gereken husus, oluşturulacak ortak baranın gerilim seviyesinin aynı olmasıdır. Bu örnekte tasarım yapılırken her biri Kyocera 125GHT-2 model fotovoltaik modüllerden oluşan fotovoltaik modül grubu, sistemde yer alan Air-x 400 W rüzgar türbininin çıkış değeri olan 48 V DC enerjiyi üretecek şekilde konumlandırılmıştır.





DC Enerji Dağıtımına Yönelik Kriterler

Bu durumu gerçekleştirmek için, dört adet fotovoltaik modül seri olarak bağlanmıştır. Bununla birlikte, ürettiği DC elektrik enerjisi 48 V olmayan yakıt pili sistemi (üretim değeri 22-50 V DC) için ayrı bir DC bara oluşturulmuş ve her iki bara, pako şalter ile ayrı ayrı devreye alınır hale getirilmiştir. Yani burada dikkat edilmesi gereken husus, ortak DC barada birleştirme yapılırken, çıkışları birleştirilen enerji üretim sistemlerinin aynı DC gerilim seviyesinde enerji üretimi yapabiliyor olmalarıdır.





DC Enerji Dağıtımına Yönelik Kriterler

DC sistemlerdeki düşük gerilim seviyeleri, bu sistemlerdeki elektrik kazaları riskini de düşürmektedir. Çünkü DC sistemlerde dokunma gerilimi 120 V'tur. Ancak tüketim birimlerinin 230 V gerilim ile enerjilendirildiği AC sistemelerde bu değer sadece 50 V'tur. Buna göre özellikle dokunma gerilimi seviyesi anlamında DC sistemlerin avantajlı olduğu söylenebilir.





DC Enerji Dağıtımına Yönelik Kriterler

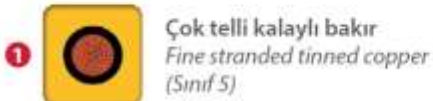
Bu tür sistemlerde DC şalt ekipmanının (sigortalar, şalterler, kesiciler) ve kabloların teknik değerleri de oldukça önem arz eder. Şalt ekipmanının izolasyon gerilimi seviyesi ve nominal akım değeri, mutlaka sistem için seçilen ekipman değerlerinin üzerinde olmalıdır.



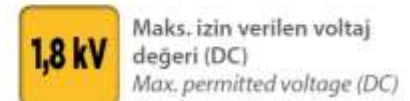
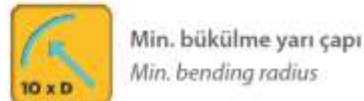
TÜVRheinland®
Precisely Right.

YAPISI / CONSTRUCTION

iletken / conductor



TEKNİK ÖZELLİKLER / SPECIFICATIONS



* Seval Kablo Ürün Kataloğu, pdf versiyonu, www.sevalkablo.com



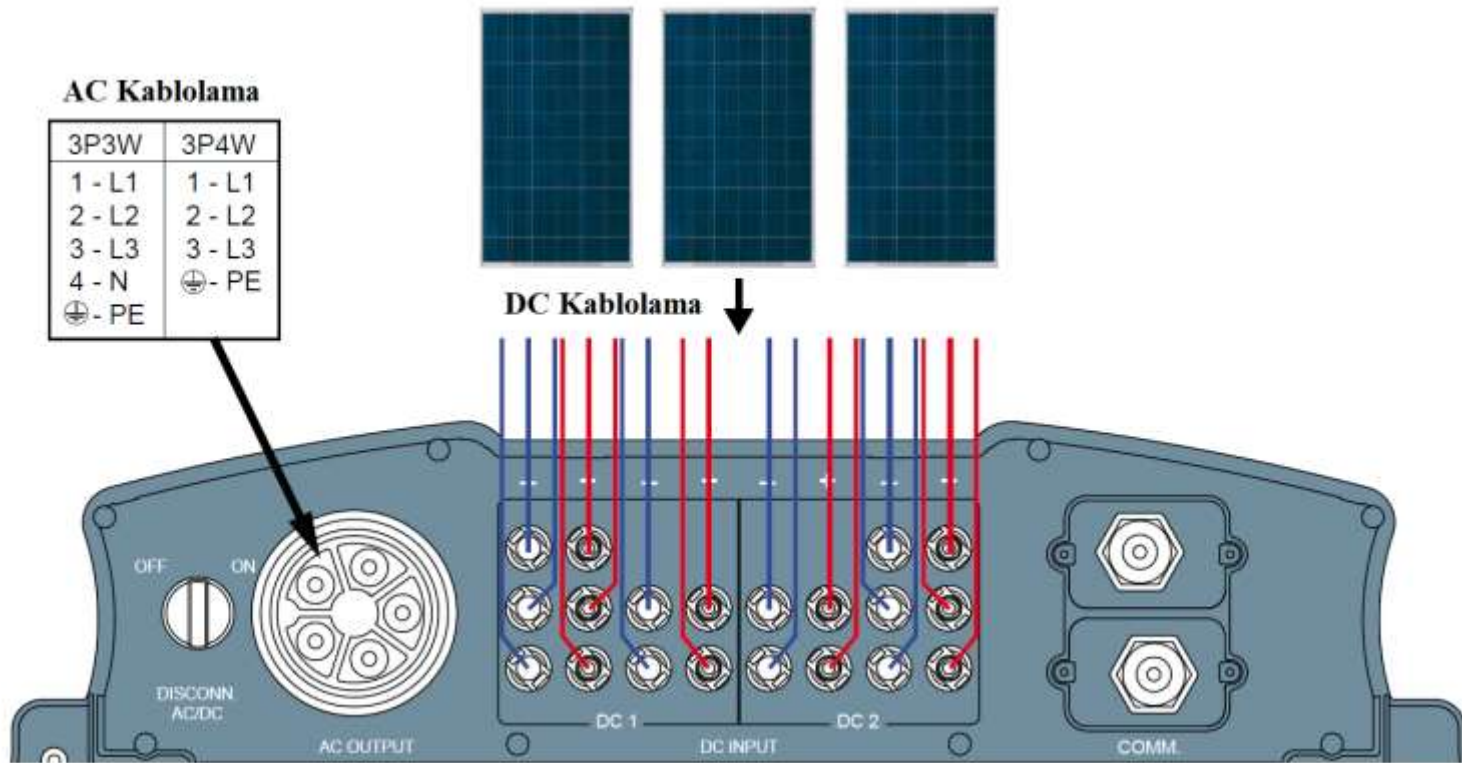
DC Enerji Dağıtımına Yönelik Kriterler

DC yüklerin güçleri DC/DC konvertör güçleri ile uyumlu olmalıdır. Eğer farklı gerilim seviyelerine göre farklı DC baralar (12 V, 24 V veya 48 V) ve buralarda da farklı DC/DC konvertörler tesis edildiyse, ilgili DC/DC konvertöre tesis edilen DC yüklerin toplam gücü, kendisini enerjilendiren DC/DC konvertörün gücünden düşük olmalıdır. Örnek sistemde iki adet DC/DC konvertör (12 V ve 24 V) DC yüklerin enerjilendirilmesi için tesis edilmiştir.





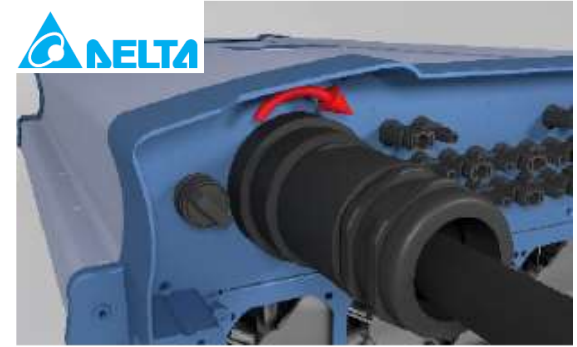
Evirici MPPT Girişleri





Evirici MPPT Girişleri

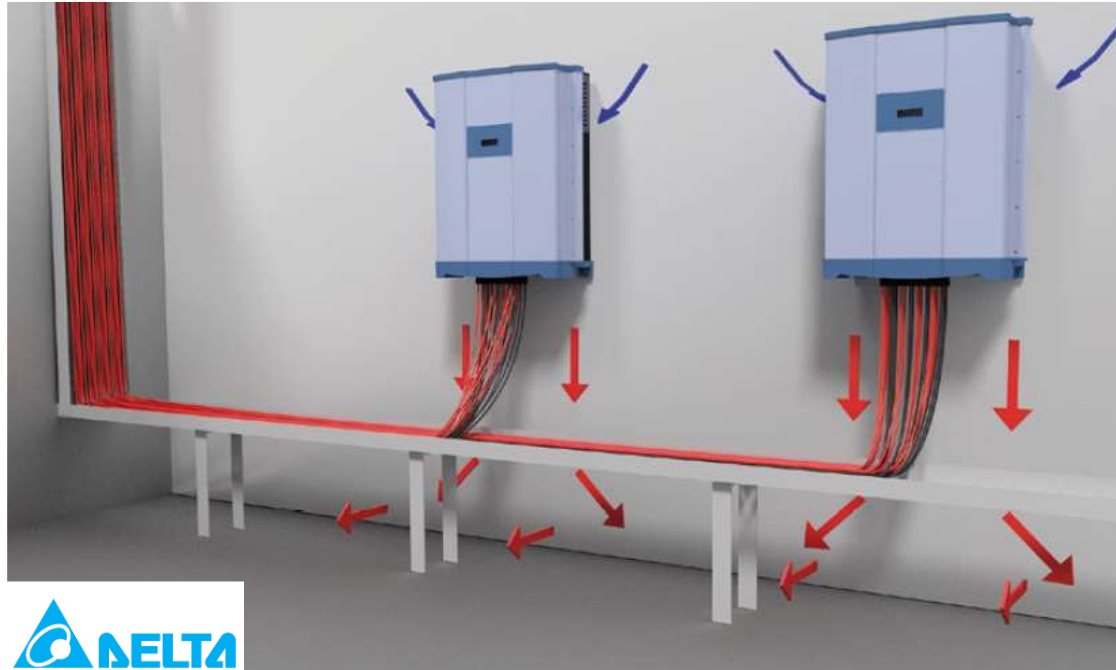
- Dizi akım değerleri (I_{mpp} ve I_{sc}), evirici giriş akım değerini aşmamalıdır.
- Dizi MPP gerilim değeri, evirici giriş gerilim değerini aşmamalıdır (U_{mpp}).
- Dizi açık devre gerilim değeri, evirici giriş açık gerilim değerini aşmamalıdır (U_{oc}).
- Dizi nominal gücü, evirici DC nominal gücünü aşmamalıdır.





DC Gerilim Düşümü

$$\%e_{DC} = \frac{t \times 2 \times l \times I_{MPP}}{k \times S \times U_{MPP-Dizi}} \times \%100 \leq \%1$$





DC Akım Taşıma Kapasitesi

TEKNİK VERİLER / TECHNICAL DATA

Cu-Sn/TPE/TPE

Kesit Alanı mm ² <i>Cross Sectional Area mm²</i>	Yaklaşık Dış Çap mm <i>Overall Diameter mm approximately</i>	Yaklaşık Net Ağırlık kg/km <i>Net Weight kg/km approximately</i>	İletken Direnci Max. ohm/km(20°C) <i>Conductor DC Resistance at (20°C) max. ohm/km</i>	Akım Taşıma Kapasitesi <i>Current Carrying Capacity in</i>		
				Kablo Havadayken <i>Single Cable Free in Air</i>	Kablo Yüzey Üzerindeyken <i>Single Cable on a Surface</i>	İki Kablo Birbirine Dokunurken <i>Two Cables Adjacent on Surface</i>
SOLAR CABLE - H1Z2Z2-K						
1,5	4,6	30	13,7	30	29	24
2,5	4,9	45	8,21	41	39	33
4	7,0	78	5,09	55	52	44
6	7,7	101	3,39	70	67	57
10	8,9	149	1,95	98	93	79
16	10,1	210	1,24	132	125	107

* Seval Kablo Ürün Kataloğu, pdf versiyonu, www.sevalkablo.com



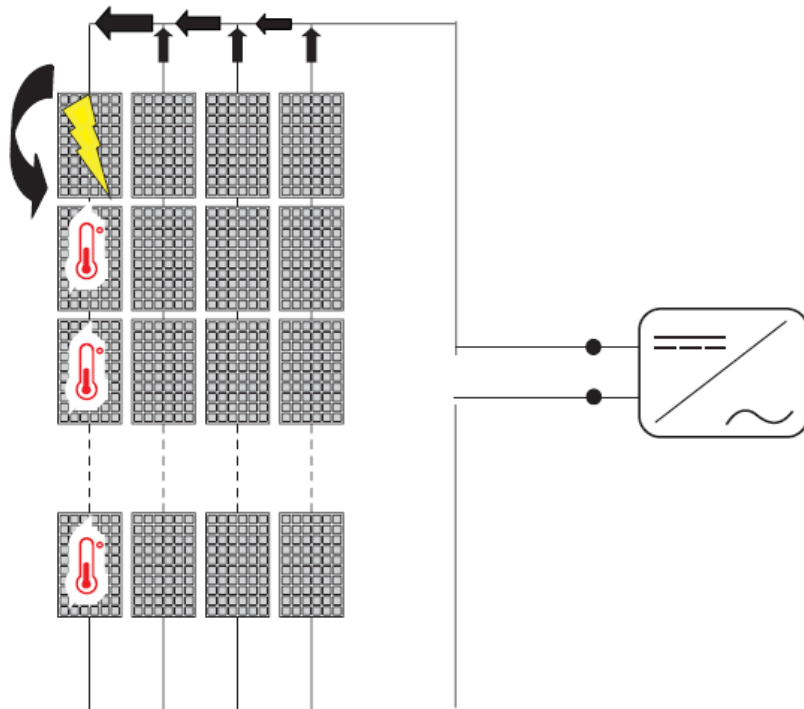
DC Sigorta Seçimi



Voltage	Rating	Type
1000Vdc	Max. 20A	gPV



DC Sigorta Seçimi



$I_n < \text{Makimum seri sigorta değeri}$

$I_n > (1.4 \approx 1,5) \times I_{sc}$

* ABB Solar Inverters Product Manual TRIO-20.0/27.6-TL-OUTD (20.0 to 27.6 kW)



Haricen Kullanılan DC Parafudrların Tesisi



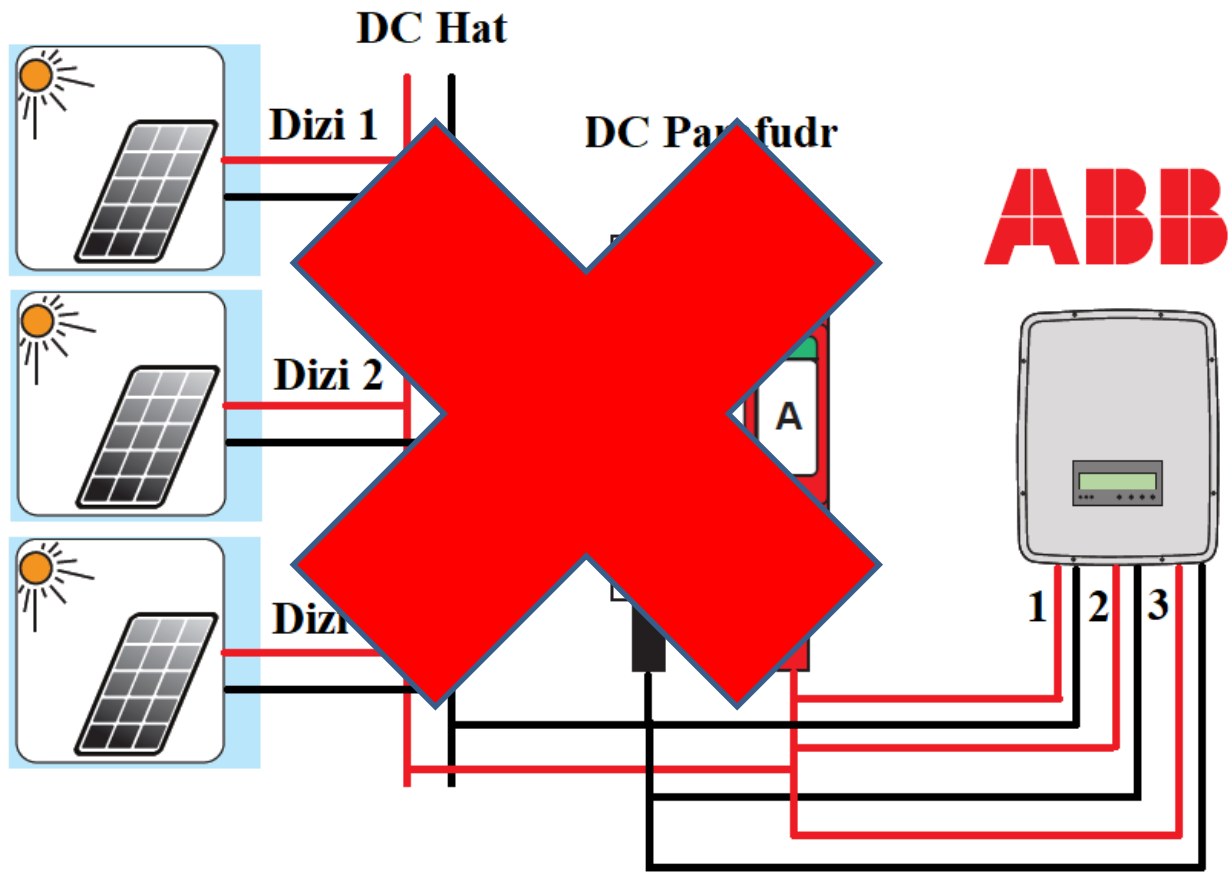
Manufacturer	GEHE
Part number	GPU1-ZS1000*
Voltage U_C	1120 V _{DC}
Current I_n	20 kA (8/20)
Current I_{max}	40 kA (8/20)
Voltage U_p	≤ 3.9 kV



* Delta RPI M50A_120 RPI M50A_122 Installation and Operation Manual

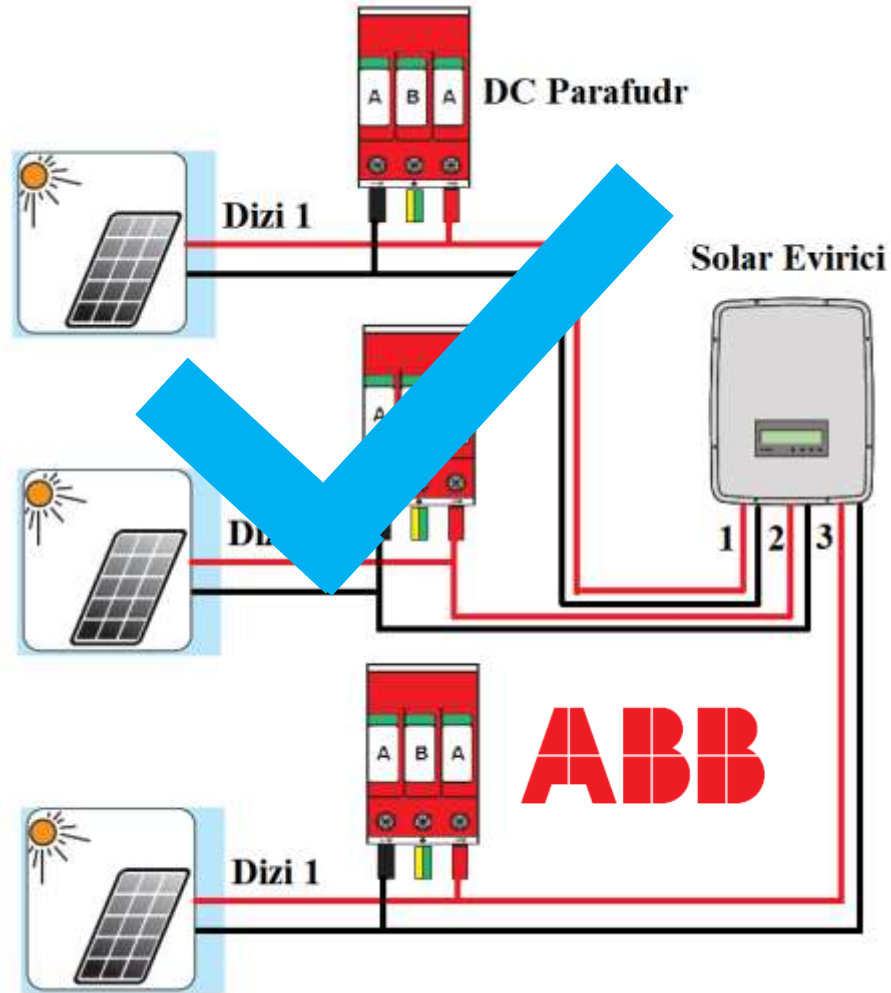


Haricen Kullanılan DC Parafudrların Tesisi





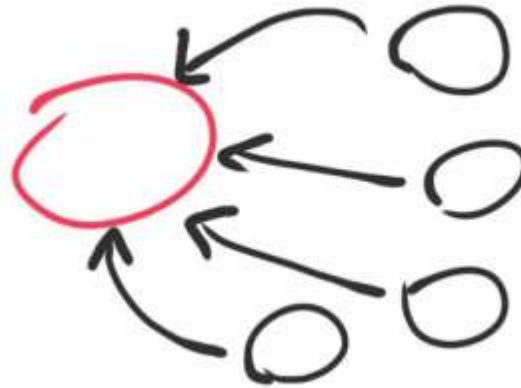
Haricen Kullanılan DC Parafudrların Tesisi





Tartışma ve Sonuç

Yenilenebilir enerji kaynakları, özellikle modüler olmaları, çevreci olmaları ve geliştirilebilir olmaları gibi bir takım nedenlerle ön plana çıkmaktadır. Bu tür kaynaklarla kurulan enerji üretim sistemlerinde de, enerji verimliliği, kompakt yapı ve sistem güvenliği bağlamında üretilen enerji DC karakteristikte dağıtılabilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı enerji üretimi ve bu üretilen enerjinin DC dağıtımı söz konusu ise, yukarıda bahsi geçen hususlara riayet edilmesi, kurulacak sistemin sağlıklı ve de verimli çalışması bağlamında son derece büyük önem arz etmektedir.





Kaynaklar

[1] Çetin E., 2010. Fotovoltaik-Rüzgar-Yakıt Pili Hibrit Güç Sistemi İçin Bir Mikro Doğru Akım Dağıtım Şebekesi Tasarlanması, Uygulanması ve Analizi, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü.

[2] Cetin E., Yilanci A., Ozturk H. K., Colak M., Kasikci I. and Iplikci, S., 2010. A Micro DC Power Distribution System for a Residential Application Energized by Photovoltaic-Wind/Fuel Cell Hybrid Energy Systems, Energy&Buildings, 42 (8), 1344-1352.

[3] Cetin, E., Yilanci, A., Ozturk, H. K., Kasikci, I., Colak, M., Icli, S., 2011. Construction of a Fuel Cell System with DC Power Distribution for Residential Applications, International Journal of Hydrogen Energy, 36(17), 11474-11479.

[4] Çetin E., İplikçi S., İçli S. ve Çolak M., 2013. Akıllı Şebekeler İçin DC Dağıtımlı Alternatif Enerji Sistemlerinin Kullanımı, TOK 2013 Otomatik Kontrol Türk Milli Komitesi Ulusal Toplantısı ve Sergisi, 25-28 Eylül, Malatya.

[5] Çetin E., Hekim M., Ulu E. Y., Yilanci A., Öztürk H. K., 2011. Alternatif Enerji Sistemlerinin Kullanıldığı Binalarda Enerji Üretim ve Dağıtım Uygulamaları, YEKSEM Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, 14-16 Ekim, Denizli.

[6] Cetin E., Colak M., Icli S., Iplikci S., 2011. DC power distribution for photovoltaics applications, Electric Power Engineering&Control Systems 2011 (EPECS'2011), pp. 52-53, 24-26 November 2011, Lviv, Ukraine.





Saygıyla Anıyoruz...



Prof. Dr. Metin ÇOLAK (1942 - 2016)





**Adres: Elektrik-Elektronik Müh. Böl., Pamukkale Üniversitesi, Kınıklı
Kampüsü, Denizli**

Telefon: 0258-296 3747 E-posta: engincetin@pau.edu.tr