
GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ TASARIMLARINDA FOTOVOLTAİK MODÜL SEÇİMİNİ ETKİLEYEN UNSURLAR

ERDEM MERİÇ



2022

KOCAELİ

GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİNDE FOTOVOLTAİK MODÜL SEÇİMİNİ ETKİLEYEN UNSURLAR

GES performansını etkileyen en önemli tasarım unsurlarından ilki PV modül seçimidir. Yapılacak tasarıma en uygun modül seçimi sadece modül gücüne ve tipine bakılarak yapılmamalıdır. Bu şekilde yapılan modül tercihleri GES performansını olumsuz etkileyecektir ve sistemin güvenlik unsurları dahil birçok verimlilik faktörünü ortadan kaldıracaktır. Bu yazıda modül seçimini etkileyen unsurlar genel başlıklarda ele alınmıştır.

1- PV MODÜL TİPİ

Monokristal, Polikristal, Thin Film veya diğer türdeki modüllerin hangisinin daha verimli ve ekonomik kullanım sağlayacağı en temelde projenin uygulama yerine ve toplam kurulu güce göre değişiklik gösterir. Monokristal hücre verimleri %13-%20 aralığındayken, polikristal hücre verimleri ise %11-%17 arasında olmaktadır. Monokristal paneller yaklaşık %5-%10 daha verimliyen fiyat olarak ta polikristal panellere göre daha pahalıdırlar.

Yüksek adetli modül kullanılacak bir GES projesinde maliyet unsurları kısıtlayıcı olmaya başladıysa, kısa termin süreli ve uygun fiyatlı bir polikristal modül projede tercih edilebilir ve kullanılabilir. Ancak düşük kWp' e sahip olan ve performans gerektiren bir GES projesinde sayıca az olan PV modüllerini polikristal hücreli tercih etmek mantıklı değildir. Ya da kapalı geçen gün ortalaması yüksek olan veya gölgeleme unsurlarının bulunduğu bir bölgede Thin Film panelleri tercih etmek daha avantajlı olabilir.

Günümüzde modül verimliliğinin yükselmesi, silisyumun saflaştırıldığı ve tek kristal yapılı hücre üretebilen tesislerin yaygınlaşması sebebiyle monokristal panellerin maliyeti azalmıştır. Monokristal hücre yapısına sahip modüller gerek arazi tipi santrallerde, gerekse endüstriyel çatılarda polikristal panellere göre daha çok tercih edilmektedir. Zorlayıcı bir etken veya spesifik bir tercih nedeni olmadığı takdirde GES projelerinde monokristal panel kullanımı uygun bir seçenek olacaktır.

2- MODÜL GÜCÜ

Sınırları belli bir alandan en yüksek kurulu modül gücünü elde edebilmek için en yüksek çıkış gücüne sahip modüller tasarımda kullanılmalıdır. Bu genel bir mantık olmakla birlikte her zaman doğru olmayabilir. Panellerin yerleşimini etkileyen hususlar da belirleyici faktördür.

3- SICAKLIK ve AÇIK DEVRE VOLTAJI

Fotovoltaik modüllerin etiket bilgilerinde Açık Devre Voltajı (Voc) ifadesi bulunmaktadır. Bu gerilim değeri doğrudan ışınım ile ilişkilidir ve ışınım seviyesiyle doğru orantılı olarak değişir. Bu gerilim değeri sıcaklıkla ters orantılıdır. Düşük sıcaklıklarda yüksek Voc gerilimi meydana gelirken, yüksek sıcaklıklarda Voc gerilimi azalmaktadır. Dolayısıyla PV modül dizi voltajı sıcaklıkla değişim göstermektedir. En yüksek modül dizi voltajı, minimum sıcaklık ortamında elde edilen değerdir.

Panel seçiminde etkili olan ve göz ardı edilmemesi gereken Voc gerilimi aslında panel-inverter uyumluluğunun özünü oluşturmaktadır.

Tasarım yapılırken GES bölgesinin kışın ulaşacağı en düşük hava sıcaklığı alınmalı ve bu değere göre Voc geriliminin ulaşabileceği tepe değer dikkate alınmalıdır. Maksimum sistem voltajı 900 V olan paneller ile, 18 panelden oluşan bir dizi düşünelim. Panele ait teknik bilgi föyünde Voc gerilimi 50,25 V ve Voc sıcaklık katsayısı $-0,30\%/C^{\circ}$ olduğu

görülmüştür. Bölgedeki en düşük sıcaklık değerini de -10 C° kabul edelim.

$$\begin{aligned} \text{Maks. Dizi Voltajı} &= N \times \text{Voc} \times [1 + \beta \text{Voc} \times (\text{Tmin} - \text{Tstc}) / 100] \\ &= 18 \times 50,25 \times [1 + (-0,30) \times (-10 - 25) / 100] \\ &= 1000 \text{ V} \end{aligned}$$

Burada hava sıcaklığı (dolaylı olarak hücre sıcaklığı) -10 C° nin altına düştükçe bu voltaj değerinde artış gözükcektir. Ancak maksimum sistem voltajı olan 900 V' un üzerine çıktığından sistem işleyişi normal sınırların üzerine çıkacaktır. Bu istenmeyen bir durumdur.

TABLE I
TEMPERATURE COEFFICIENT OF VOLTAGE (%/°C)

PV Technology	From field data	From lab data	Reported in Literature
Mono c-Si	-0.31	-0.28	-0.22 to -0.58 [7]
Multi c-Si	-0.27	-0.30	-0.18 to -0.55 [7]
CIGS	-0.28	-0.27	-0.25 to -0.35 [9]

Yukarıdaki tabloya göre Thin Film modüllere ait Voc sıcaklık katsayısının monokristal ve polikristal panellere göre daha düşük olduğu görülmektedir. Bu farklılık Thin Film paneli oluşturan yarıiletken bölgenin yapısından kaynaklanmaktadır.

4- HÜCRELERİN RENK TONU

Arazi veya çatı güneş enerji santrallerinde solar paneller aynı marka ve aynı tipte olsalar bile kuş bakışı olarak uzaktan izlendiğinde hücreler arasında renk tonu farklılıkları görülebilir. Bu normal bir durumdur. Çünkü yüzlerce paneli aynı fotoğraf karesinde görme imkanımız olduğunda imalat kaynaklı bu renk tonu sapmaları algılanabilir olmaktadır.

Ancak bazı cephe kaplama uygulamalarında estetik görünüm üretilen enerjiden daha önemli bir kriter olarak değerlendirilebilir. Bu tür uygulamalarda genelde back sheet dediğimiz arka tarafları da dahil olmak üzere siyah renk pv hücreli paneller tercih edilmektedir ki renk tonu sapmaları minimize edilebilir.

5- KONSTRÜKSİYON

PV modül tercihindeki diğer bir husus panellerin zemine veya çatı üzerine irtibatlanması için gerekli olan konstrüksiyondur. Konstrüksiyonun tipi ve uygulama metodu ise bütünüyle zeminin yapısına, çatının tipine, kullanılan malzemelere, aşık doğrultularına, hadve mesafe ve doğrultuları gibi birçok faktöre bağlı olmaktadır.

Konstrüksiyon başlı başına bir maliyet unsuru olup buradaki maliyetleri indirgemenin başlıca yolu, alandan elde edilebilecek toplam güçten feragat etmeden sistemde kullanılan panel sayısını azaltmak olacaktır.

455 Wp Modül: 2103 x 1040 x 35 mm (2,19 m²)

550 Wp Modül: 2279 x 1134 x 35 mm (2,58 m²)

Yukarıda, 455 Wp ve 550 Wp paneller incelendiğinde:

Güçler arasında %21 fark mevcut olup, bu fark panel alanları için %18' dir. Yaklaşık olarak güç %21 arttığında, panel alanı da %18 artmaktadır. Bu iki farklı güçteki modüller için elbette bir fiyat farkı da olacaktır. Bu noktada hangi paneli tercih etmeliyim sorusunun cevabını, tasarım maliyetlerini azaltan faktörler verecektir.

Her iki panelle 1 MW kurulu güç oluşturmak istersek 455 Wp panelden 2200 adet, 550 Wp panellerden ise 1820 adet ihtiyacımız olacaktır. Burada 380 adet panel fark vardır. Konstrüksiyonu oluşturan kenar ve orta tutucular, alüminyum profiller ve diğer bağlantı elemanlarının 380 adet olan panel sayısınca daha az harcanması konstrüksiyon maliyetini azaltacaktır.

Panel tercihi tamamen bir tasarım ve mühendislik görüşü gerektirmektedir. Konstrüksiyon maliyetinin düşmesi, çatıya

uygulanan statik yükün azalması, işçilik süresinin kısalması, daha az sarf malzeme sarfiyatı (konnektör, dc kablo, vs) ile elde edilen karlılık, yüksek güç üreten panele yapılacak ilave bedelden genellikle daha yüksek olduğundan tercihler yüksek güçlü (bu örnekte 550 Wp) panellere doğru seyretmektedir.

6- EVİRİCİ VE BOYUTLANDIRMA

Panel sayısını, dolayısıyla panel seçimini etkileyen diğer bir konu eviricilerin boyutlandırılması veya DC/AC güç oranının belirlenmesidir. Evirici imalatçıları yaptıkları açıklamalarda ve teknik föylerde evirici gücünün %50 si oranında fazladan DC ile yüklenebileceğini ifade etmektedirler. Bu konuyu bir grafik üzerinden anlatmak uygun

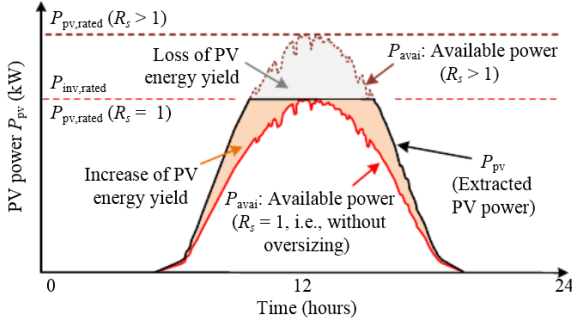


Fig. 2. PV power extraction with oversized PV arrays (P_{avai} : available PV power, P_{pv} : extracted PV power, $P_{pv,rated}$: PV array rated power, $P_{inv,rated}$: PV inverter rated power, $R_s = P_{pv,rated}/P_{inv,rated}$: sizing ratio).

Yukarıda kırmızı renkle gösterilen grafik DC/AC oranının "1" olduğu durumdur. Örneğin 100 kWp panel kullanılan bir GES sisteminde yine 100 kWe inverter kullanılması halini ifade etmektedir. Bu durumda sistemin üreteceği kWh enerji bu grafiğin altındaki alanı kadar olacaktır.

DC/AC oranının "1" den daha büyük olduğu durum ise siyah çizgiyle çizilen grafik. Örneğin 120 kWp panel gücü olan bir santrale yine 100 kWe gücünde inverter takıldığını düşünelim. Bu durumda DC/AC oranı yani evirici boyutlandırması (sizing factor) 1,2 olacaktır.

Eviricinin DC girişinde 120 kWp bulursa bile evirici kendi beyan gücü olan 100 kWe ' ta çıkışını kırpacaktır. Bu durumda akla şu soru geliyor. Madem eviricinin beyan gücünden daha fazla bir AC çıkış elde edemiyorsak neden eviriciye fazladan bir DC besleme yapalım?

Bu sorunun cevabı yine yukarıdaki grafikte mevcuttur. Fazladan yükleme durumunu ifade eden ve evirici sınır gücünde kırılan siyah çizgiyle belirtilen grafiğin altında kalan alan;

DC/AC=1 durumunu ifade eden kırmızı çizgiyle gösterilen grafiğin altında kalan alandan daha büyüktür.

DC/AC oranının "1" den büyük olması durumunda üretilen enerjinin (kWh) daha yüksek olacağı anlaşılmaktadır. Ancak bu oranın artırılması noktasında da sınırlayıcı etkenler söz konusudur. 1,4-1,5 oranında DC yükleme yapılan bir eviricinin DC Switch bölgesi izolasyon güvenliğinin ömrü olumsuz etkilenebilirken, evirici sıcaklığı da bire bir oranda yüklemeye yapılmış eviricilere göre daha yüksek olacaktır.

Evirici boyutlandırması yapılırken aşağıdaki sorulara cevap verilmelidir:

- 1- Fazladan DC yükleme yapabilmek için yeterli panel yerleşim alanım var mı?
- 2- % kaç fazla yükleme yapmalıyım ki enerji üretimindeki kazanç farkı yapacağım ilave maliyet giderinin üzerine çıksın?
- 3- Eviricinin olduğu bölgedeki maksimum hava sıcaklığı nedir? Fazladan DC yükleme yaptığımda sıcaklığa bağlı sorunlar yaşar mıyım?

ÖZET

PV modül tercihi yapılırken; evirici boyutlandırması (DC/AC oranı), dizi-inverter uyumları, çevresel sıcaklıklar, konstrüksiyon maliyetleri, ekonomik ve teknik veriler bir

bütün olarak analiz edilmektedir. Bütünlük arz etmeyen mühendislik yaklaşımları hatalı modül tercihlerine sebep olabilmektedir. GES mühendisliği ve doğru proje yönetimi, faktörlerin her birini ayrı ayrı anlamayı ancak faktörleri bir bütün olarak ele almayı gerektirir.

KAYNAKÇA

IEEE Transactions on Industry Applications in April 2018.
Measurement of temperature coefficient of photovoltaic modules in field and comparison with laboratory measurements
R. Dubey, Pranjal Batra, Published 14 June 2015 Engineering
2015 IEEE 42nd Photovoltaic Specialist Conference (PVSC)

Erdem MERİÇ
Elektrik Elektronik Mühendisi