

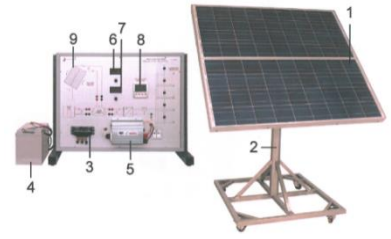


**KTÜ OF TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI
LABORATUVAR KİTAPÇIĞI**

Hazırlayan: Prof. Dr. İsmail POLAT

TRABZON 2026



1. FOTOVOLTAİK GÜNEŞ SİSTEMİ

AMAÇ: PV panelin karakteristik parametrelerinin belirlenmesi

DENEY 1: Birim yüzeye birim zamanda düşen ışık enerjisini W/m^2 cinsinden ölçülmesi

Güneşten gelen ışınımın ölçümü, rüzgâr hızından etkilenir. Toplam güneş ışınımını ölçmek için en uygun zaman havanın açık, bulutsuz ve rüzgâr hızının 3 m/s 'den daha düşük olduğu bir zamandır.

Piranometre (Radyometere) ile farklı ışık kaynaklarının m_2 başına düşen ışık gücünü ölçün.

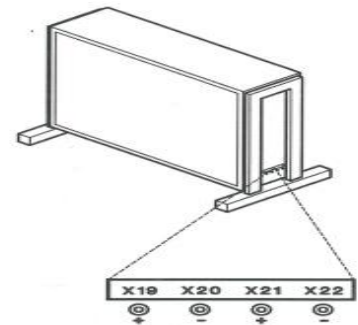
1. Ölçüm (kırmızı lazer) : W/m^2
2. Ölçüm (Projektör) : W/m^2
3. Ölçüm (Telefonun flaş ışığı) : W/m^2
4. Ölçüm (Gün ışığı) : W/m^2

DENEY-2. PV Panelin akım-voltaj (I-V) ve güç-Voltaj (P-V) eğrilerinin çıkarılması

PV panel deney setinde, bir birinden bağımsız olarak kullanılabilen iki adet PV panel mevcuttur. Bu PV paneller, Şekil 1 ve Tablo 1'de gösterilen bağlantılar yardımıyla tek tek kullanılabildiği gibi seri veya paralel olarak da kullanılabilir.

Tablo 1. PV panellerin bağlantı biçimleri.

Bağlantı biçimi	Elektrik Kabloları				Panel Bağlantısı
	19	20	21	22	
1	Kırmızı		Kırmızı		Alt panel
2		Siyah		Siyah	Üst panel
3		Siyah	Siyah		Seri
4	Kırmızı	Siyah	Kırmızı	Siyah	Paralel

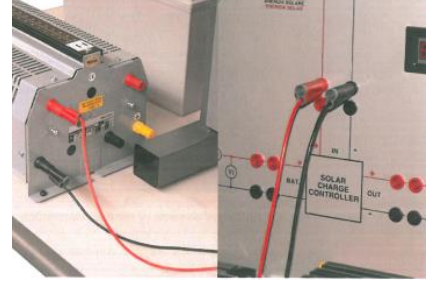


Şekil 1. PV panellerin kablo bağlantı uçları

Deneyin Yapılışı

1. PV Paneli şarj kontrolüne bağlayan köprüleri deney setinden çıkarın
2. PV panelden gelen uçları, sürgülü reostaya Şekil 2'de gösterildiği gibi bağlayın

Alt PV panelin bağlanması: Tablo 1’deki “1” nolu bağlantı biçimini kullanın. Reostayı Tablo 2’de belirtilen konumlara ayarlayarak, voltaj ve akım değerlerini sırasıyla V1 voltmetresi ve A1 ampermetresinden okuyun ve Tablo 2’yi doldurun. Tablo 2 değerlerini kullanarak I-V (yatay eksen **V** - düşey eksen **I**) ve P-V (yatay eksen **V** - düşey eksen **P**) grafiklerini ayrı ayrı milimetrik kâğıtlara çizin.



Şekil-2. PV panelin bağlantı soketleri

Tablo 2. Alt PV panel için deneysel değerler

Reosta konumu	Voltaj (V)	Akım (A)	P (W)
0			
2			
4			
6			
8			
10			
12			
14			
16			
20			
25			
30			
35			
40			
45			
50			
∞			

3. “**Çizdiğiniz grafiklerden**” kısa devre akımı I_{sc} ve açık devre gerilim V_{oc} değerlerini bulun ve her bir bağlantı biçimi için çizdiğiniz grafiğin altına yazın. Sadece alt panel bağlantısı için maksimum güç noktası değerlerini (P_{mpp} , V_{mpp} ve I_{mpp}) belirleyin ve bu değerleri grafiğin altına yazın.
4. Bulduğunuz bu değerleri Tablo 3’teki PV panellerin 1000 W/m^2 ışınım ve 25°C sıcaklıkta ölçülen katalog değerleriyle kıyaslayarak sonuçları yorumlayın.

Tablo 3. Tek PV panel için katalog değerleri

Max. Güç	115	W
V_{mpp}	17.7	V
I_{mpp}	6.5	A
V_{oc}	21.6	V
I_{sc}	6.96	A
Tolerans	± 5	%

2. RÜZGÂR TÜRBİNİ DENEYİ



AMAC: Rüzgâr türbininin güç çarpanının hesaplanması

Faydalı rüzgâr gücü havanın yoğunluğuna, rotor alanına ve rüzgâr hızının küpüne bağlıdır. Üretilen gücün, rüzgâr hızına bağımlılığının incelenebilmesi için havanın yoğunluğunun ve rotor alanının sabit tutulması gerekir.

Deneyin yapılışı:

1. DC modülü 2. kademede çalıştırın.
2. Reostasının konumunu Max güç noktası konumuna getirin.
3. Reostayı aktif hale (On), reosta ile paralel bağlı DC lambayı pasif (Off) hale getirin.
4. Bilgisayar yazılımı “SCADA” dan MEAS selektörünü ‘Before’ pozisyonuna alın.
5. SCADA’dan her ayarlanan rüzgâr hızı için Tablo 1’i doldurun.

Tablo 1. Deneyisel veriler

AVE-1 (%)	P (W)	$\vartheta_{\text{Rüzgâr}} \text{ (m/s)}$	$\vartheta^3_{\text{Rüzgâr}} \text{ (m/s)}^3$
0			
15			
30			
45			
60			
75			
90			

6. Yatay eksen hız, düşey eksen güç olmak üzere (P – ϑ) grafiğini milimetrik kâğıda çizin.
7. Yatay eksen hızın küpü, düşey eksen güç olmak üzere (P – ϑ^3) grafiğini milimetrik kâğıda çizin. Bu doğrusal grafiğin eğimini, $Eğim = \tan(\theta) = \frac{\Delta P}{\Delta \vartheta^3} = (C_p \cdot \frac{1}{2} \rho \cdot A)$ bağıntısına eşittir. Bu bağıntı yardımı ile türbinin C_p güç çarpanını hesaplayınız.

NOT: $P = C_p \cdot \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3$, burada havanın yoğunluğu $1,225 \text{ kg/m}^3$ ve türbinin rotor yarıçapını 15 cm ’dir.

Yorum: Bulduğunuz sonuçları yorumlayınız.

3. YAKIT PİLİ DENEYİ



AMAÇ: Hidrojen yakıt pilinin karakteristik eğrisinin çıkarılması

DENEY 1: Yakıt pilinin V – I (Voltaj - Akım) eğrilerinin çıkarılması

Deneye Hazırlık

Not: Deneyler yapılırken, ortam yeterince havalandırılmalı ve ortamda ateşleyici kaynakların bulundurulmamasına özen gösterilmelidir.

1. Kurulum

- 1.1. AC güç adaptörünü, FC50 yakıt pili ünitesinde bulunan 12V-DC girişine bağlayın. EL200'ün ön panelinde bulunan açma-kapama anahtarının “OFF” konumunda olduğuna dikkat edin. EL200'e güç verin ve anahtarını açın.
- 1.2. Çıkış uçlarına dikkat ederek, FC50 ile EL200'ü bağlantı kabloları aracılığı ile birbirine bağlayın.
- 1.3. Hidrojen tüpünü FC50'ye bağlayın. Hidrojen kaynağında bulunan solenoid valfin 9 pinlik fişini FC50 ünitesinde bulunan “**H₂ Supply**” konektörüne takın.
- 1.4. Deneyi bilgisayar yazılımı aracılığı ile gerçekleştirecekseniz, FC50'yi veri kablosu aracılığı ile bilgisayara bağlayın.

2. Deney sisteminin çalıştırılması

- 2.1. Hidrojen tüpünün vanasını açın.
- 2.2. EL200 üzerinde bulunan potansiyometrenin sıfıra ayarlandığından emin olun ve ardından EL200'ün açma-kapama anahtarını “ON” konumuna alın.
- 2.3. FC50 ünitesindeki Fan kontrol düğmesinin “AUTO”da olduğundan emin olun. FC50'nin açma kapama düğmesini “ON” konumuna alın ve ardından “START” tuşuna basın. Sistem testini tamamladıktan sonra, yeşil “OPERATION” lambası yanacak ve FC50 kullanım için hazır olacaktır. Eğer bir hata oluşursa, hata kodu “H₂ Flow” ekranında gözükecektir. Hata nedenlerini araştırın.

3. Deneyin yapılışı

- 3.1. Bu deneyde yakıt pilinin sıcaklığının 40° C'de olması gerekmektedir. Yakıt pilinden birkaç dakika süreyle yaklaşık 5A'lık bir akım çekilerek bu sıcaklığa ulaşmak mümkündür. Bu işlem için EL200'ün potansiyometresini kullanarak, FC50'nin “Akım” ekranından yaklaşık 5 A'lık bir akım geçmesini saylayın. Daha fazla akım yığın sıcaklığının aşırı yükselmesine neden olacaktır. FC50'de bulunan fan kontrol düğmesini “Fan power” ekranına bakarak %10'a ayarlayın. Sıcaklık 40° C'ye ulaştıktan sonra, potansiyometreyi “sıfır” konumuna alın ve fan kontrol düğmesini AUTO'ya çevirin.

3.2. Aşağıdaki tabloda bulunan nominal Akım değerlerini ayarlamak için EL200'ün potansiyometresini kullanın ve tabloyu doldurun. Ayarlanan her değer için en az 15 saniye bekleyin. İlk değeri (yüksüz çalışma) ölçerken EL200 üzerindeki açma-kapama anahtarını “**OFF**” konumuna getirin.

Nominal akım	Ölçülen değerler		Hesaplanan değerler
$I_{yığın}$ (A)	$I_{yığın}$ (A)	$V_{yığın}$ (V)	$P_{yığın}$ (W)
0.0			
0.2			
0.5			
1.0			
1.5			
2.0			
3.0			
5.0			
7.0			
10.0			

3.3. Ölçümlerinizi bitirdiyseniz, sistemi kapatmak için aşağıdaki talimatları uyunuz.

- EL200'ün potansiyometresini “**sıfır**” konumuna, açma-kapama düğmesini “**OFF**” konumuna getirin ve EL200'ü kapatın.
- FC50 de bulunan fan kontrol düğmesini **AUTO**'ya getirin ve FC50'yi kapatın.
- Hidrojen tüpünü aşırı sıkmadan kapatın.

3.4. Yakıt pilinin gerilim-akım grafiğini $V_{yığın} = f(I_{yığın})$ çizin (Yatay eksen akım, düşey eksen voltaj olarak seçiniz).

4. Yorum