

**T.C.
SİİRT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SU SOĞUTMA İLE FOTOVOLTAİK PANELLERİN VERİMLİLİĞİNİN
ARTTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Uğur ALTINIŞIK
(153111002)**

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Saadettin AKSOY

**Aralık-2016
SİİRT**

TEZ KABUL VE ONAYI

Uğur ALTINIŞIK tarafından hazırlanan “SU SOĞUTMA İLE FOTOVOLTAİK PANELLERİN VERİMLİLİĞİNİN ARTTIRILMASI” adlı tez çalışması 07/12/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan
Prof.Dr. Saadettin AKSOY

Danışman
Prof.Dr. Saadettin AKSOY

Üye
Yrd.Doç.Dr. Hakan KARAKAYA

Üye
Yrd.Doç.Dr. Hakan KIZMAZ

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Doç. Dr. Koray ÖZRENK
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tez çalışması tarafından nolu proje ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Günümüzde, özellikle yenilenebilir enerji alanında fotovoltaik sistemlerin kullanımı gittikçe artmaktadır. Kullanılan fotovoltaik panellerin verimliliği son derece önemli bir konudur. Verimliliği arttırmanın yollarından biri de kullanılan panellerin enerji üretim aşamasında soğutulması gerekir.

Bu tez çalışmasında, fotovoltaik panelin soğutulması için gerekli düzenek kurularak gerçek zamanlı ölçümler alınarak veriler işlenmiştir.

Bu tezin hazırlanmasında yardımlarından dolayı sayın hocam Prof. Dr. Saadettin AKSOY'a sonsuz teşekkürleri bir borç bilirim.

Ayrıca manevi desteğini hiçbir zaman eksik etmeyen aileme ve çalıştığım şirket olan Sertka Mühendislik ailesine teşekkürlerimi sunuyorum.

Uğur ALTINIŞIK
SİİRT-2016

İÇİNDEKİLER

Sayfa

| | |
|--|-----------|
| ÖNSÖZ | iii |
| İÇİNDEKİLER | iv |
| TABLolar LİSTESİ | vi |
| ŞEKİLLER LİSTESİ | vii |
| KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ..... | viii |
| ÖZET | ix |
| ABSTRACT..... | x |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 1.1. Güneş Enerjisi..... | 1 |
| 1.2. Türkiye’de Güneş Enerjisi ve Fotovoltaik Piller..... | 1 |
| 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI VE TEZİN KAPSAMI..... | 4 |
| 3. MATERYAL VE METOT..... | 6 |
| 3.1. Fotovoltaik Pillerin Verimliliğinin Sıcaklıkla ve Güneş Işınımı İle İlişkisi..... | 6 |
| 3.1.1. Verimliliğin Sıcaklıkla İlişkisi | 6 |
| 3.1.2. Verimliliğin Radyasyon Düzeyi İle İlişkisi | 7 |
| 4. DENEY DÜZENİĞİNİN KURULMASI | 11 |
| 4.1. I-V ve Güç Karakteristiğinin Elde Edilmesi | 13 |
| 4.1.1. Panelin P-V ve V-I Karakteristiğinin Elde Edilmesi..... | 13 |
| 4.1.2. Panel Verimliliğinin Sıcaklık ile Değişimi | 13 |
| 4.1.3. Panelden Çekilen Maksimum Gücün İzlenmesi | 14 |
| 5. DENEYSEL SONUÇLAR..... | 15 |
| 5.1. Panelin P-V ve V-I Karakteristiğinin Elde Edilmesi..... | 15 |
| 5.2. PV Panelin Verimliliğinin Sıcaklık İle Değişiminin İncelenmesi..... | 17 |
| 5.2.1. Yüksek Ortam Sıcaklığı ve Yüksek Radyasyon Düzeyi Koşullarında Çalışma..... | 17 |
| 5.2.2. Düşük Ortam Sıcaklığı ve Düşük Radyasyon Düzeyi Koşullarında Çalışma | 19 |
| 6. BULGULAR VE TARTIŞMA | 27 |
| 7. SONUÇ VE ÖNERİLER..... | 28 |

| | |
|---------------------------|-----------|
| 7.1.Sonuçlar..... | 28 |
| 7.2.Öneriler..... | 28 |
| 8. KAYNAKLAR | 29 |
| EKLER | 31 |
| ÖZGEÇMİŞ | 38 |



TABLULAR LİSTESİ

Sayfa

| | |
|---|----|
| Tablo 1.1. Bölgelere Göre Güneşlenme Potansiyeli..... | 2 |
| Tablo 1.2. Siirt İli yıllık (1954-2013) ortalama güneşlenme süreleri..... | 2 |
| Tablo 1.3. Siirt İli Uzun yıllık (1970-2013) sıcaklık değerleri ortalaması..... | 2 |
| Tablo 3.1. Güneş ışınının geliş açısının değişimine ilişkin ölçüm değerleri..... | 9 |
| Tablo 5.1. Deneyde kullanılan güneş panelinin P-V ve V-I karakteristiğine ilişkin ölçüm değerleri..... | 15 |
| Tablo 5.2. Soğutulmuş PV panelin çıkışına ilişkin ölçüm sonuçları..... | 17 |

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

| | | |
|-------------|---|----|
| Şekil 1.1. | Bölgelerin sıcaklık ve ışınım değerlerine göre panel verimliliklerinin karşılaştırılması..... | 3 |
| Şekil 1.2 | Güneydoğu Anadolu bölgesine ilişkin sıcaklık ile panel verimlilikleri arasındaki ilişki..... | 3 |
| Şekil 3.1. | PV modülün ideal V-I ve güç karakteristiği..... | 6 |
| Şekil 3.2. | Modül sıcaklığının fonksiyonu olarak ideal P-V karakteristiği..... | 6 |
| Şekil 3.3. | Modül sıcaklığının fonksiyonu olarak ideal V-I karakteristiği..... | 7 |
| Şekil 3.4. | Güneş ışınımının fonksiyonu olarak ideal P-V karakteristiği..... | 8 |
| Şekil 3.5. | Güneş ışınımının fonksiyonu olarak ideal V-I karakteristiği..... | 8 |
| Şekil 3.6. | Işık geliş açısına bağlı olarak güneş pilinin verimliliğinin ölçülmesine ilişkin kullanılan deney düzeneği..... | 9 |
| Şekil 3.7. | Güneş pilinin açık devre voltajının açığa bağlı değişim grafiği..... | 10 |
| Şekil 3.8. | Güneş pili akımının açığa bağlı değişim grafiği..... | 10 |
| Şekil 4.1. | Soğutma sistemi deney düzeneğinin sistematik diyagramı..... | 12 |
| Şekil 4.2. | Deney düzeneğinin genel fotoğrafı..... | 12 |
| Şekil 4.3. | I -V ve güç karakteristik eğrisi için deney düzeneği..... | 13 |
| Şekil 4.4. | Enerji verimliliği ölçümlerine ilişkin deney..... | 14 |
| Şekil 5.1. | Panele ilişkin I-V ve P-V karakteristiği..... | 16 |
| Şekil 5.2 | Soğutulmuş olan PV panele ilişkin akım, gerilim ve güç değişim eğrileri... | 19 |
| Şekil 5.3. | Yük geriliminin sıcaklıkla değişimi..... | 20 |
| Şekil 5.4. | Yük akımının sıcaklıkla değişimi..... | 20 |
| Şekil 5.5. | Panelden çekilen gücün sıcaklıkla değişimi..... | 21 |
| Şekil 5.6. | Yük geriliminin zamana göre değişimi..... | 21 |
| Şekil 5.7. | Yük akımının zamana göre değişimi..... | 22 |
| Şekil 5.8. | Panelden çekilen gücün zamana göre değişimi..... | 22 |
| Şekil 5.9. | Yük geriliminin sıcaklıkla değişimi..... | 23 |
| Şekil 5.10. | Yük akımının sıcaklıkla değişimi..... | 24 |
| Şekil 5.11. | Panelden çekilen gücün sıcaklıkla değişimi..... | 24 |
| Şekil 5.12. | Yük geriliminin zamana göre değişimi..... | 25 |
| Şekil 5.13. | Yük akımının zamana göre değişimi..... | 25 |
| Şekil 5.14. | Panelden çekilen gücün zamana göre değişimi..... | 26 |
| Şekil E2.1 | Panele termokupl montajının yapılması..... | 33 |
| Şekil E2.2 | Sistemin kablo bağlantılarının yapılması..... | 33 |
| Şekil E2.3 | Panelin soğutulması için sulama sisteminin montajı..... | 34 |
| Şekil E2.4 | Sisteme Data Logger montajının yapılması..... | 34 |
| Şekil E2.5 | Data Logger ve Multimetrelerden ölçümlerin eş zamanlı alınması..... | 35 |
| Şekil E2.6 | Ölçülen gerçek zamanlı verilerin bilgisayara aktarılması..... | 35 |
| Şekil E2.7 | Panelin Soğutulmuş değerlerin ölçülmesi..... | 36 |
| Şekil E2.8 | Panelin soğutulma işlemi..... | 36 |
| Şekil E2.9 | Data Logger kayıt işlemi..... | 37 |

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

| <u>Kısaltma</u> | <u>Açıklama</u> |
|------------------------|-------------------------------|
| E | : Radyasyon Düzeyi |
| I | : Akım |
| MGN | : Maksimum Güç Noktası |
| MPPT | : Maximum Power Point Tracker |
| P | : Power |
| PV | : Photo Voltaic |
| V | : Voltage |
| W | : Watt |



ÖZET

YÜKSEK LİSANS

SU SOĞUTMA İLE FOTOVOLTAİK PANELLERİN VERİMLİLİĞİNİN ARTTIRILMASI

Uğur ALTINIŞIK

**Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman : Prof. Dr. Saadettin AKSOY

2016, 38 Sayfa

Günümüzde, özellikle yenilenebilir enerji alanında fotovoltaik sistemlerin kullanımı gittikçe artmaktadır. Kullanılan fotovoltaik panellerin verimliliği son derece önemli bir konudur. Verimliliği arttırmanın yollarından biri de kullanılan panellerin enerji üretim aşamasında soğutulması gerekir.

Bu tez çalışmasında 100 Watt çıkış gücü veren bir PV panel bir konstrüksiyon üzerinde kurularak çalışma yapıldı. Panelin soğutulması için soğutma aracı olarak su, panelin çıkış akım, gerilim değerleri ve sıcaklık ölçümleri için data logger, suyun akış hızını ölçmek için de flowmetre cihazları kullanıldı. Ayrıca yük olarak da bir adet reosta kullanıldı. Yapılan bu ölçümlerde önce normal ölçümler yapıldı daha sonra panel soğutulmuş panelin akım gerilim ve sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Sonra tekrar panel normal ısınmaya geçtiğinde tekrar akım gerilim ve sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Elde edilen veriler bilgisayar ortamında düzenlenerek gerekli hesaplamalar yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Enerji Verimliliği, Fotovoltaik(PV), Güneş Pilleri, Soğutma

ABSTRACT

MS THESIS

INCREASING THE EFFICIENCY OF PHOTOVOLTAIC PANELS BY WATER COOLING

Uğur ALTINIŞIK

The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Siirt University

**The Degree of Master of Science
in Electrical-Electronics Engineering**

Supervisor : Prof. Dr. Saadettin AKSOY

2016, 38 Pages

Today, the use of photovoltaic systems is increasing in the field of renewable energy in particular. The efficiency of the photovoltaic panels used is of utmost importance. One of the ways to improve efficiency is to cool the panels used during the energy production phase.

In this thesis study, a PV panel with 100 watts output power was installed on a construction. Water for cooling panel, Data logger for the output current, voltage values and temperature measurements of the panel, and flow meter devices for measuring the flow rate of the water. In addition, a rheostat was used as a load. In these measurements, normal measurements were made first, then the panel was cooled and the current voltage and temperature values of the panel were measured. Then the voltage and temperature values are measured again when the panel is warmed up normally. The obtained data were arranged in the computer environment and necessary calculations were made.

Keywords: Cooling,Energy Efficiency,Photovoltaic (PV),Solar Batteries

1. GİRİŞ

1.1 Güneş Enerjisi

Dünyanın en önemli enerji kaynağı güneştir. Güneşin ısınım enerjisi, yer ve atmosfer sistemindeki fiziksel oluşumları etkileyen başlıca enerji kaynağıdır. Dünyadaki madde ve enerji akışları güneş enerjisi sayesinde mümkün olabilmektedir. Doğal enerji kaynaklarının pek çoğunun kökeni olan güneş enerjisinden, ısıtma ve elektrik elde etme gibi amaçlarla doğrudan yararlanılmaktadır. Geleneksel yakıtların kullanımından kaynaklanan çevresel sorunların çoğunun güneş enerjisi üretiminde bulunmayışı bu enerji kaynağını fosil yakıtlara alternatif yapmaktadır. Ayrıca güneş enerjisinin yeryüzündeki fosil, nükleer ve hidroelektrik tesislerinin bir yılda üreteceği enerjiden binlerce kat daha fazla olmasının yanı sıra sürekli ve yenilenebilir bir enerji kaynağıdır.

Güneş enerjisinden düşük, orta ve yüksek sıcaklık uygulamaları olmak üzere üç farklı biçimde faydalanılabilir. Düşük sıcaklık uygulamaları, ekseriya düzlem toplayıcılarla su ısıtılması, konut ve sera ısıtılması gibi uygulamalar için kullanılmaktadır. Orta sıcaklık uygulamalarında, güneş ışınımı, odaklı toplayıcılarla toplanarak, sanayi için gerekli sıcak su veya buhar elde etmek için kullanılmaktadır. Bu tip toplayıcılarda, genellikle güneş ışınımının maksimum düzeyde ve sürekli olabilmesi için güneşi izleme (sun tracking) sistemlerine ihtiyaç duyulur. Güneş enerjisinden faydalanmanın önemli bir uygulama alanı ise fotovoltaik güneş pillerinin kullanılmasıdır. Üzerine düşen güneş ışınımını doğrudan elektrik enerjisine çeviren güneş pilleri doğru akım üretirler. Bu piller, seri veya paralel bağlanarak, ürettikleri akım ve gerilim değerleri yükseltilebilir. Güneş pilleri, güneş ışınlarının ışık enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmesinin yanı sıra, güneşin ısı enerjisinin sebep olduğu sıcaklık artışından olumsuz yönde etkilenirler.

1.2 Türkiye’de Güneş Enerjisi Ve Fotovoltaik Piller

Son yıllarda, yenilenebilir enerji kaynakları birçok ülkede yaygın olarak kullanılmaktadır. Fotovoltaik (PV) piller en popüler yenilenebilir enerji ürünlerindedir. Fotovoltaik piller, güneş ışınımını (radyasyon) elektrik enerjisine dönüştürür. Tablo 1.1 den görüldüğü gibi Güneydoğu Anadolu bölgesi başta olmak üzere ülkemizde güneşlenme sürelerinin oldukça yüksek olduğu söylenebilir.[Url-1].Tablo1.2 de Siirt ili Merkez civarında 1954-2013 yılları arasında aylara göre ortalama güneşlenme süreleri verilmiştir [Anonim,2014]. Tablodan, Siirt ili yöresinde yaz aylarında en yüksek

düzye de olmak üzere yılın her ayında güneşlenme süresinin var olduğu görölmektedir. Söz konusu güneşlenme süreleri boyunca güneş panelleri ile elektrik enerjisi elde etmek için güneş santralleri kurulumu önem arz etmektedir.

Tablo 1.1. Bölgelere Göre Güneşlenme Potansiyeli

| Bölgeler | Toplam Güneş Işınımı(kWh/m ² -yıl) | Güneşlenme süresi(saat/yıl) |
|-------------------|---|-----------------------------|
| Ege | 1.304 | 2.738 |
| Karadeniz | 1.120 | 1.971 |
| İç Anadolu | 1.314 | 2.628 |
| Dođu Anadolu | 1.365 | 2.664 |
| Marmara | 1.168 | 2.409 |
| Akdeniz | 1.390 | 2.956 |
| Güneydoğu Anadolu | 1.460 | 2.993 |

Tablo 1.2. Siirt İli yıllık (1954-2013) ortalama güneşlenme süreleri

| Aylar | O | Ş | M | N | M | H | T | A | E | E | K | A |
|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| Ortalama güneşlenme süresi (saat) | 3.4 | 4.2 | 5.3 | 6.4 | 9.1 | 11.6 | 12.3 | 11.4 | 10.1 | 7.2 | 5.2 | 3.4 |

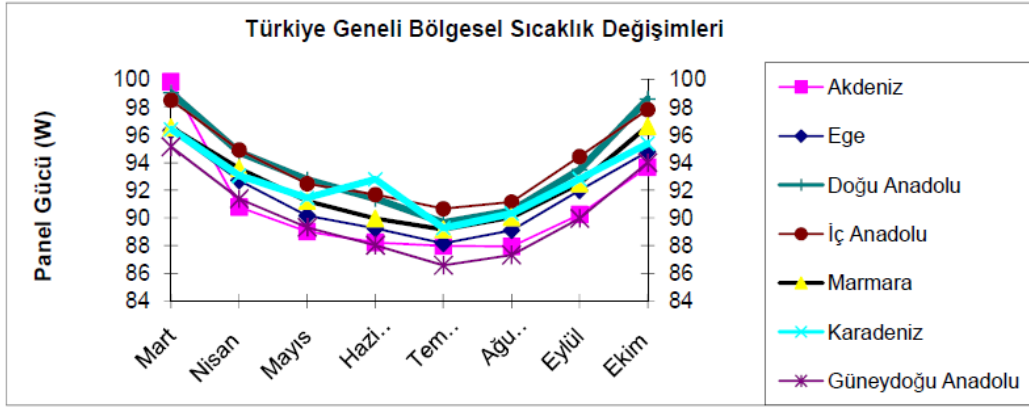
Ne yazık ki, PV pillerin çalışması esnasında, güneş ışınımının sadece yaklaşık %15 civarı elektrik enerjisine, geri kalanı ise ısı enerjisine dönüşmektedir. PV pillerinin oluşturduğu PV panellerin çalışma yüzeyine etki eden en önemli engel ise, yüksek çevre sıcaklığı ve aşırı güneş radyasyonunun sebep olduğu aşırı ısınmadır. Bu tez çalışması söz konusu aşırı ısınmanın PV panelinin ürettiği elektrik enerjisine olan olumsuz etkisinin incelenmesidir.

Ne yazık ki özellikle ülkemizin Güneydoğu Anadolu bölgesinde yaz aylarında dış ortam sıcaklığı oldukça yüksek olmaktadır. Nitekim Tablo 1.3'den [Anonim,2014], özellikle ortalama güneşlenme süresinin oldukça yüksek olduğu yaz aylarında, ortam sıcaklığının ortalama değerlerinin de yüksek olduğu görölmektedir.

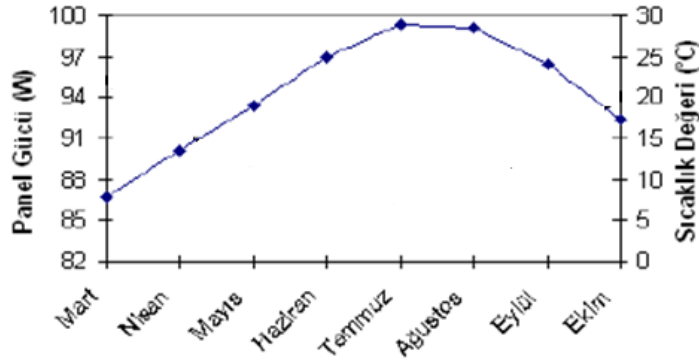
Tablo 1.3. Siirt İli Uzun yıllık (1970-2013) sıcaklık değerleri ortalaması [Anonim,2014].

| Aylar | O | Ş | M | N | M | H | T | A | E | E | K | A | Ort |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| Ort. Max. Sic. | 6.7 | 8.8 | 13.8 | 19.3 | 25.3 | 32.3 | 37.2 | 37.0 | 32.4 | 24.7 | 15.4 | 8.7 | 21.8 |
| Ort. Min. Sic. | -0.5 | 0.6 | 4.5 | 9.3 | 13.7 | 19.2 | 23.5 | 23.2 | 18.9 | 12.9 | 6.3 | 1.6 | 11.1 |
| Ort. Sic. | 2.7 | 4.2 | 8.6 | 13.9 | 19.4 | 26.0 | 30.5 | 30.0 | 25.1 | 18.1 | 10.2 | 4.7 | 16.1 |
| Min. Sic. | -11 | -9.5 | -7.2 | -3.8 | 2.0 | 5.4 | 13.7 | 19.7 | 8.5 | 3.8 | -4.3 | -11.7 | -3.5 |
| Max. Sic. | 15.2 | 17.3 | 28.5 | 32.9 | 36.1 | 40.2 | 44 | 43.4 | 39.5 | 33.6 | 48.6 | 24.3 | 33.6 |

Güneş ışınımının çok az değiştiği varsayılırsa, şekil 1.1'den açıkça görüldüğü gibi [Keçel ve ark.,2008], Güneydoğu Anadolu bölgesi için söz konusu yüksek ortam sıcaklığı nedeniyle güneş panellerinin verimliliğinin sıcaklıkla değişimi Nisan-Ekim aylarında diğer bölgelere göre daha fazla olmaktadır. Nitekim Şekil 1.2'den Güneydoğu Anadolu bölgesi ortam sıcaklığının 30 derece civarında olması durumunda güneş panelinin verimliliğinin yaklaşık %13 oranında azaldığı görülmektedir [Keçel ve ark.,2008].



Şekil 1.1. Bölgelerin sıcaklık ve ışınım değerlerine göre panel verimliliklerinin karşılaştırılması.



Şekil 1.2. Güneydoğu Anadolu bölgesine ilişkin Sıcaklık ile Panel verimlilikleri arasındaki ilişki

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI VE TEZİN KAPSAMI

Uygulamada genellikle PV modüllerin uygun düşük sıcaklıkta çalışmasını sağlamak için hava soğutma, su soğutma gibi teknikler kullanılır. Verimli ve ekonomik hibrit (PV/T) sistemlere ilişkin literatürde birçok çalışma yapılmıştır. Bazen PV modüllerden elde edilen termal enerji su ve hava soğutma gibi düşük sıcaklık uygulamalarında kullanılabilir. Birçok çalışmada ilgi PV panellerinin konfigürasyonunun değiştirilmesine odaklanılmıştır. Panellerin konfigürasyonunu değiştirerek, sistemin performans değişimi incelenebilir. Su ile soğutmanın amaçlandığı [Moharrem ve ark.,2013] çalışmasında minimum su miktarı ve soğutma enerjisi kullanarak güneş pilleri üzerindeki aşırı ısınma sorununu çözmek için su tabanlı bir soğutma sistemi gerçekleştirilmiştir. PV panelin soğutulması için gerekli enerji ve su miktarının en aza indirilmesi için ısıtma ve soğutma oranı modelleri geliştirildi. Geliştirilen bu modeller deney düzeneğinde kullanılarak amaçlanan enerji verimliliği gösterildi. Dubey Swapnil, değişik konfigürasyonda PV/T hava kolektörlü sistemin verimliliği incelemiştir [Swapnil ve ark.,2009]. Yazarın incelediği 4 farklı durumdan en yüksek verimin iki cam arasındaki PV'nin hava kanalı ile soğutulması ile sağlandığı gösterilmiştir. Bu tür soğutma ile yıllık ortalama verimliliğin %10,41 ile %9,75 arasında değiştiği sonucuna varılmıştır. PV modülden transfer edilen ısıyı arttırmasıyla çalışma sıcaklığını azaltarak PV panelin verimini iyileştirebilmek için Prasad ve Saini kanal duvarı ve absorbe edici plakaların pürüzlülüğünü suni olarak arttırmışlardır [Prasad ve ark.,1991]. Böylece, duvarların arttırılmış pürüzlülüğü ve absorbe olayı bir basınç düşümü oluşturulacaktır. Ancak bunun için yüksek pompa gücü gereklidir. Han, Park [Han ve ark.,1988] ve Gupta ve arkadaşları [Gupta ve ark.,1993] hava kanalındaki birkaç tip kırıların ısı transferi için oldukça iyi performans sağladığını fakat sürtünme kayıplarında önemli artış oluştuğunu göstermiştir. Garg ve Datta, hava kanalındaki ısı transferini arttırmak için birkaç pratik düzeltme önermiştir [Garg ve ark.,1989].

Garg ve arkadaşları ise bir hava hibrit PV/T sistem çalışması sunmuştur [Garg ve ark.,1991] . Yüzey arttırıcı ve PV modüle monte edilmiş düz örgülü kolektör içeren sistem ile PV modülün absorbe verimliliğini öncelikli ölçüde arttırmışlardır. Güneş hava ısıtma kolektörlerinin absorbe edici geometrisi için bir optimizasyon çalışması Pottler tarafından yapılmıştır [Pottler ve ark.,1999]. Naphon boylamasına kanatlar ile çift geçirgenlikli güneş hava ısıtıcının entropi üretimi ve performans çalışmasını gerçekleştirdi [Naphon ve ark.,2005]. Bu çalışma, ısı transfer katsayısı Reynold

sayısının artmasıyla artarken, akış oranının artışı ile PV modülünün termal verimliliğinin arttığını göstermiştir. Aynı zamanda Tonui ve Tripanagnostopoulos PV/T hava sistemlerinin kanallarının ekonomik olarak değiştirilmesi ile başarabildiği bir ısı atımı iyileştirmesi çalışmasını rapor etmişlerdir [Tonoui ve ark.,2007]. Sopian ve arkadaşları ise çalışmalarında tek ve çift geçiş kombineli PV/T hava kolektör sistemine ilişkin bir sürekli durum benzetimi sunmuşlardır [Sopian ve ark.,1996]. Benzetim sonuçları çift geçişli PV/T kolektörünün çalışma boyunca süper performansa sahip olduğunu göstermiştir. Joshi ve arkadaşları çalışmalarında bir hibrit PV/T sistemin değerli olduğunu başarmışlardır [Joshi ve ark.,1996]. Bu çalışmada PV modülün 2 tipi cam-Tedler ve cam-cam Yeni Dechi'nin meteorolojik koşulları altında performansını incelemek için kullanıldı. Sonuçlar termal kolektörlü PV modülün performansının cam-Tedler'a göre daha iyi olduğu gösterildi. [Cox ve ark.,1985] çalışmasında soğutmalı ve soğutmasız PV modülün elektriksel verimliliği üzerine odaklanılmıştır. Kanal boyunca hava akış hızını değiştirerek, elektrik performansı incelenmiştir. Ayrıca çalışma esnasında PV'nin gerçek sıcaklık profilini test etmek için bir benzetim modeli geliştirildi. PV panellerin soğutulması ile ilgili ilave çalışmalar verilebilir [Florschuetzve ark.,1975, Stultz ve ark.,1977,Duffie ve ark.,1974,Petukhov ve ark.,1983,Tonui ve ark.,2007].

Literatürdeki çalışmalardan, güneş panellerinin su ile soğutulmasının daha verimli ve kullanışlı olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle su ile soğutma teknikleri cazibesini arttırmaktadır. Ayrıca su ile soğutma PV panellerin faydalı kullanım ömrünü arttırdığı yapılan uygulamalardan gözlenmiştir. Özellikle güneydoğu bölgesinde PV panellerin sulama pompaları ve motorlarının çalıştırılmasında da kullanılmaktadır.

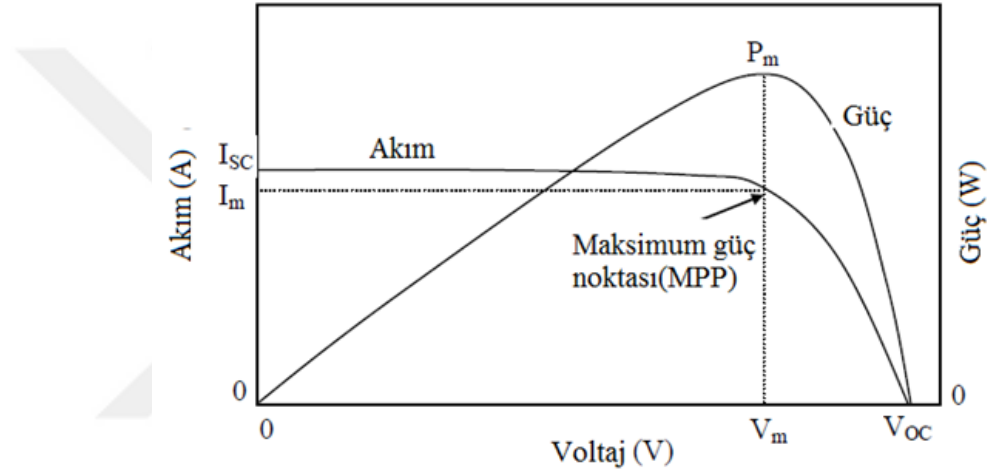
Bu tez çalışmasında, güneş panellerinin yağmurlama biçiminde fasıllı olarak soğutulması ile, verimlilik artışı amaçlanmıştır. Deneysel olarak kurulacak olan Güneş paneli sisteminde soğutmalı ve soğutmasız çalışma için uygun aralıklar ile ölçülecek olan veriler (güneş şiddeti, sıcaklık, akım, gerilim vs) kullanılarak, verimliliğin sıcaklık ile ilişkisi ve elektrik üretimi verimliliği incelenecektir. Proje sonuçları özellikle güneşlenme süresi yüksek olan güneydoğu Anadolu bölgesinde kullanılacak olan güneş panellerinin verimlilik artışına ışık tutacaktır.

3. MATERYAL VE METOT

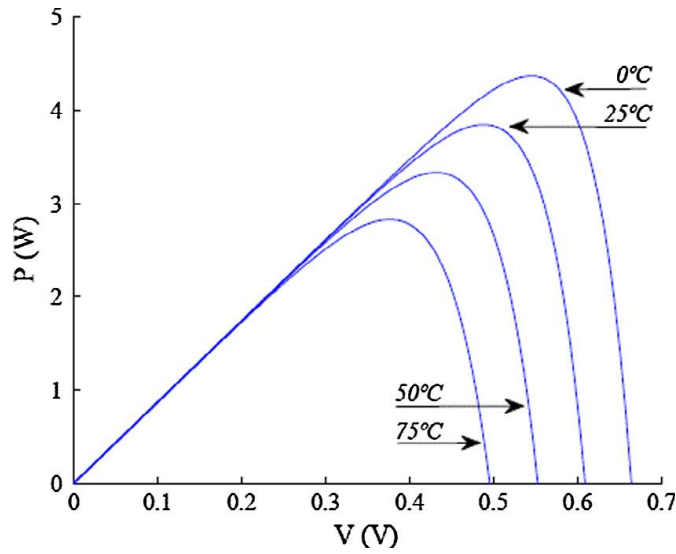
3.1 Fotovoltaik Pillerin Verimliliğinin Sıcaklıkla Ve Güneş Işınımı İle İlişkisi

3.1.1 Verimliliğinin Sıcaklıkla İlişkisi

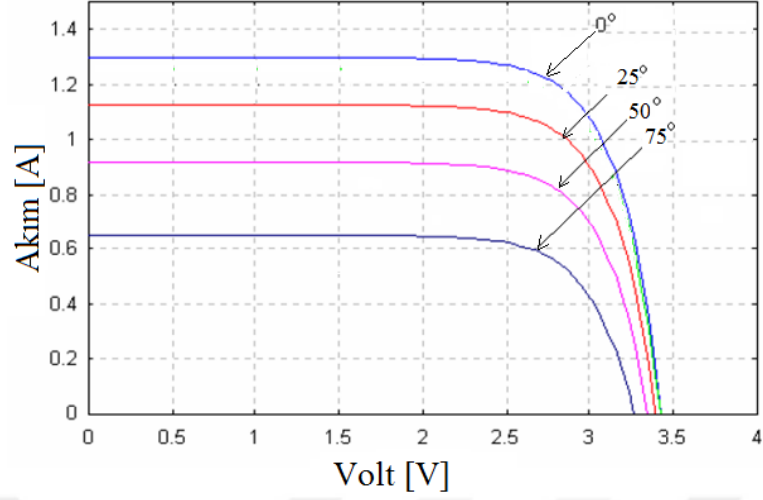
Aşırı ısınma PV pillerin verimliliğini azaltmaktadır .45 °C 'nin üstündeki sıcaklıklara varmadan soğutmanın başlatılması doğrudur.[Moharrem ve ark.,2013]. Şekil 3.1.' de PV modüle ilişkin ideal I-V ve güç karakteristiği verilmiştir. Söz konusu I-V ve güç karakteristiği güneş ışınımı (E) ve modül sıcaklığı (T) sabit iken PV'nin çıkış akımı ve elektriksel çıkış gücü (P) ile çıkış voltajı (V) arasındaki ilişkidir. Eğer sabit tutulan bu iki parametreden (E ve T) biri değişirse P-I karakteristiği de değişir. Bir PV modülün 0-75 °C aralığında değişik modül sıcaklığı için ideal P-V karakteristiği şekil 2 de, V-I karakteristiği ise şekil 3.2.'de verilmiştir [Moharrem ve ark.,2013].



Şekil 3.1. PV modülün ideal V-I ve Güç karakteristiği



Şekil 3.2. Modül sıcaklığının fonksiyonu olarak ideal P-V karakteristiği

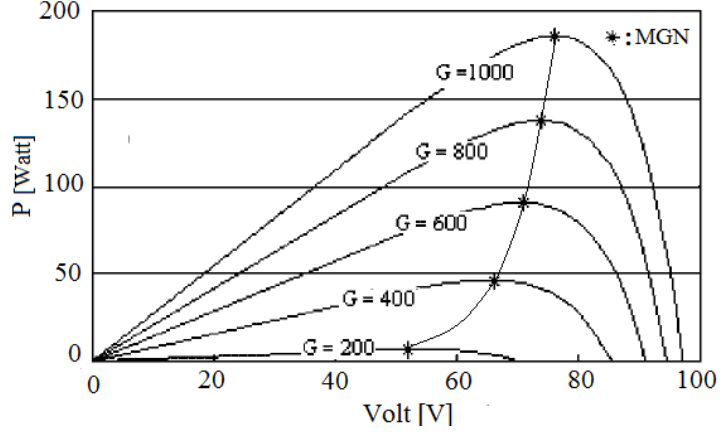


Şekil 3.3. Modül sıcaklığının fonksiyonu olarak ideal V-I karakteristiği

Söz konusu P-V karakteristiği, güneş ışınımı (E) sabit iken, 0-75 °C aralığında parametre olarak seçilen modül sıcaklıkları için PV'nin elektriksel çıkış gücü (P) ile çıkış voltajı (V) arasındaki ilişkidir. Şekildeki P-V karakteristiğinden de görüldüğü gibi PV modülden elde edilen maksimum çıkış gücü modül sıcaklığı ile ters orantılıdır. Bu durum, panel sıcaklığının artması durumunda çıkış gücünün önemli ölçüde olumsuz etkileneceğini göstermektedir. Dolayısıyla özellikle yüksek ortam sıcaklığına sahip olan bölgelerde güneş panellerinden yüksek verim elde edebilmek için soğutma kaçınılmazdır.

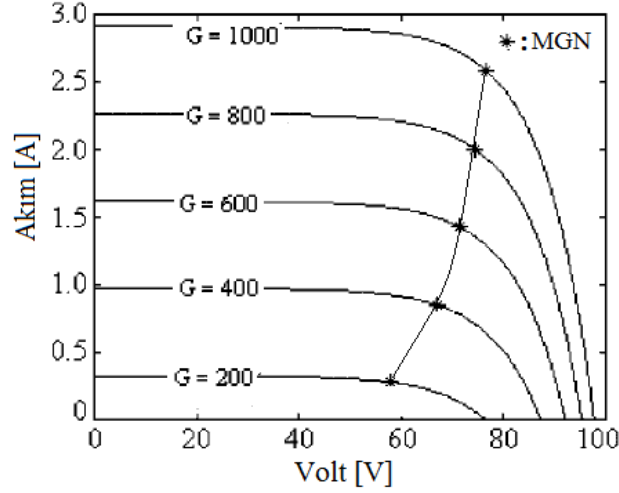
3.1.2 Verimliliğinin Radyasyon Düzeyi İle İlişkisi

Güneş ışınlarının güneş paneli üzerine düşme açısına bağlı olarak panelin gücü değişmektedir. Şekil 3.4'de değişik radyasyon düzeyleri (güneşlenme düzeyi) için ideal P-V karakteristiği verilmiştir [Prog. Photovolt: Res. Appl,2003]. Şekilden de açıkça görüldüğü gibi panelden çekilen maksimum güç değeri (MGN) güneşlenme düzeyi ile doğru orantılı olarak değişmektedir.



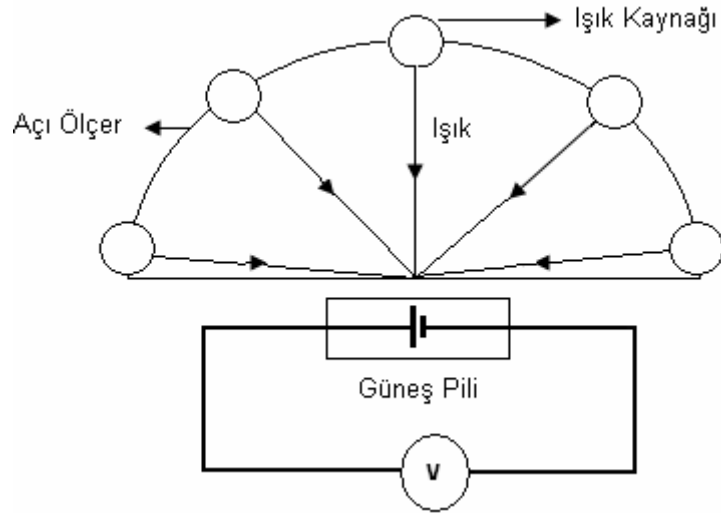
Şekil 3.4. Güneş ışınımının fonksiyonu olarak ideal P-V karakteristiği
(*:Maksimum güç noktası (MGN) G: Güneşlenme düzeyi (W/m^2))

Şekil 3.5.'de ise değişik güneşlenme düzeyleri için ideal V-I karakteristiği verilmiştir [Prog. Photovolt: Res. Appl,2003]. Şekilden de açıkça görüldüğü gibi panelden çekilen akım ve maksimum güç noktası (MGN) güneşlenme düzeyi ile doğru orantılı olarak değişmektedir.



Şekil 3.5. Güneş ışınımının fonksiyonu olarak ideal V-I karakteristiği
(*:Maksimum güç noktası (MGN) G: Güneşlenme düzeyi (W/m^2))

Maksimum çıkış voltajı 3.6 V, maksimum çekilebilecek akım ise 60 mA olan Monokristal tipi güneş paneline ilişkin deney düzeneğinin şematik gösterimi Şekil 3.6.'da verilmiştir [Karamanav,M.,2007]. Deney düzeneğinde 150W'lık lamba kullanılmıştır. Deney $21^{\circ}C$ sıcaklıkta yapılmıştır.



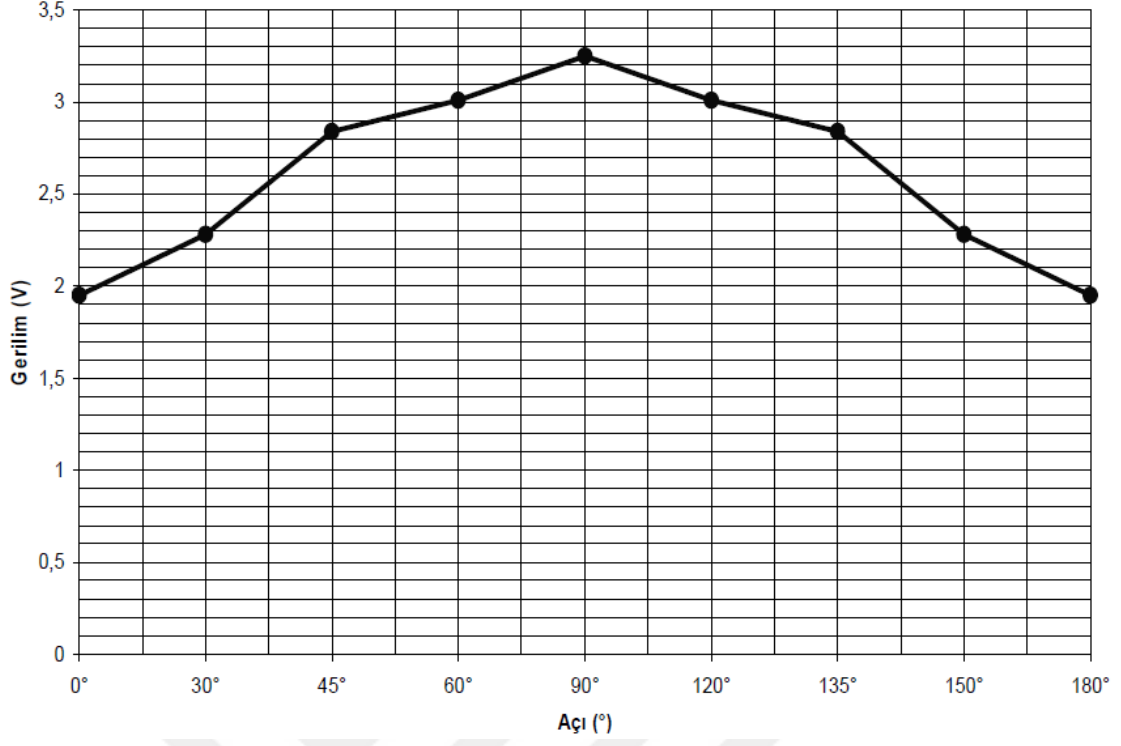
Şekil 3.6. Işığın geliş açısına bağlı olarak güneş pilinin verimliliğinin ölçülmesine ilişkin kullanılan deney düzeneği [Karamanav,M.,2007]

Tek güneş pili ile yapılan deneyde güneş ışınlarının panelin ön yüzüne geliş açısı 0° ile 180° arasında değiştirilerek güneş pilinin akım ve gerilim değerlerindeki değişimler ölçülmüştür. Bu ölçümler Tablo 3.1.'de verilmiştir [Karamanav,M.2007].

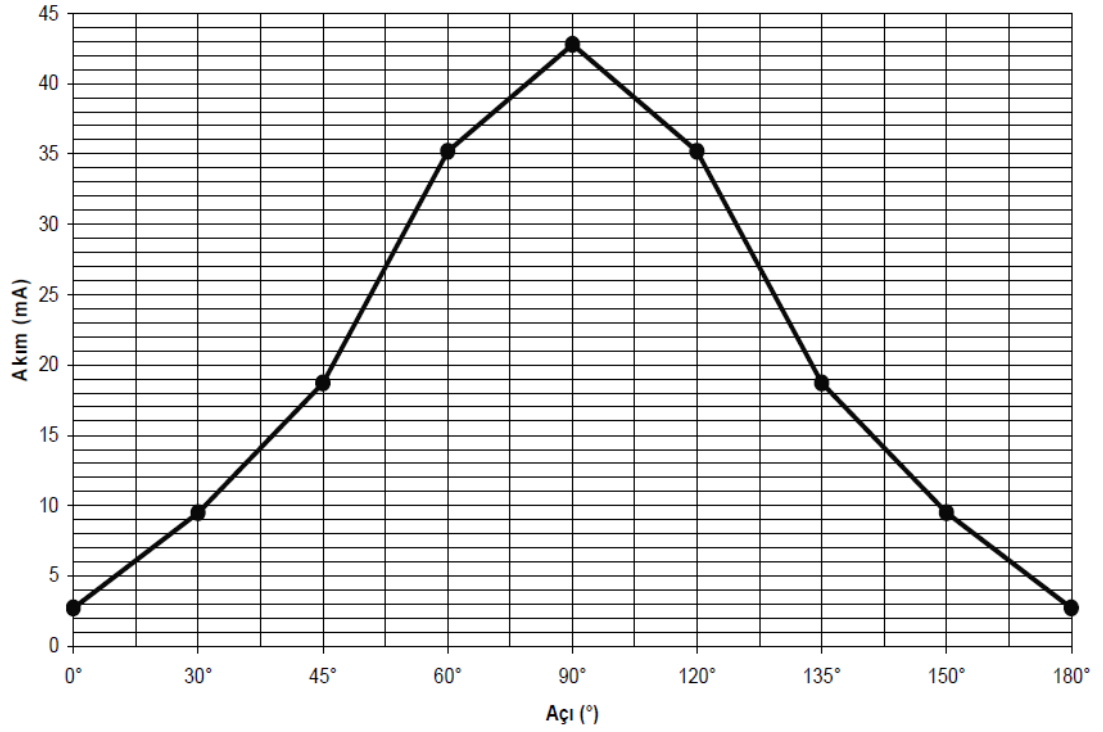
Tablo 3.1. Güneş ışınının geliş açısının değişimine ilişkin ölçüm değerleri

| AÇI | AKIM(mA) | GERİLİM(V) |
|-------------|----------|------------|
| 0° | 2,7 | 1,95 |
| 30° | 9,5 | 2,28 |
| 45° | 18,7 | 2,84 |
| 60° | 35,2 | 3,01 |
| 90° | 42,8 | 3,25 |
| 120° | 35,2 | 3,01 |
| 135° | 18,7 | 2,84 |
| 150° | 9,5 | 2,28 |
| 180° | 2,7 | 1,95 |

Tablo 3.1.'deki ölçüm değerlerine bağlı olarak; güneş panelinin akım-gerilim değişim grafiği Şekil 3.7.ve 3.8.'de verilmiştir. Şekillerden de görüldüğü gibi güneş ışınları panel yüzeyine 90 derece'lik açı ile düştüğünde panel gerilimi ve akımı dolayısıyla panel gücü maksimum değere ulaşmaktadır. Açı 90 dereceden uzaklaştıkça panel gücü önemli ölçüde azalmaktadır.



Şekil 3.7. Güneş pilinin açık devre voltajının açığa bağlı değişim grafiği [Karamanav,M.,2007]



Şekil 3.8. Güneş pili akımının açığa bağlı değişim grafiği [Karamanav,M.,2007]

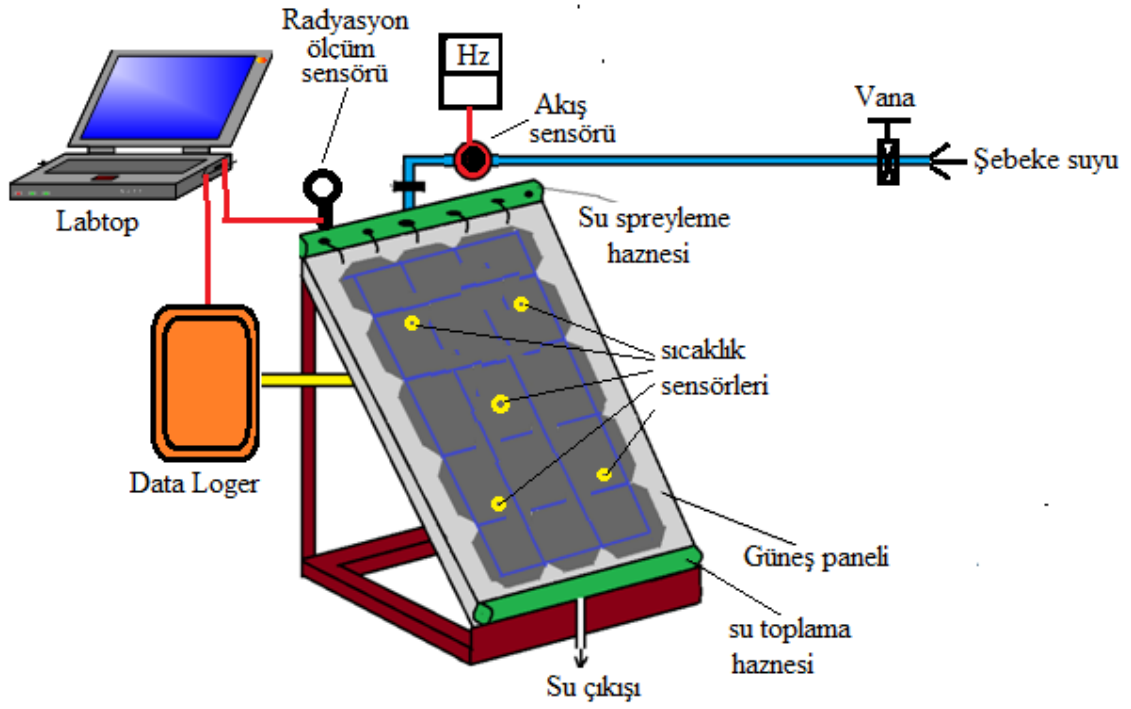
4. DENEY DÜZENEĞİNİN KURULMASI

Soğutma sıvısı olarak suyun kullanıldığı deneyde, 100 W'lık güneş paneli kullanılmıştır. Soğutma sistemine ilişkin deney düzeneğinin sistematik diyagramı şekil 3'de verilmiştir. Soğutma sistemi düzeneği aşağıdaki bileşenlerden oluşmaktadır:

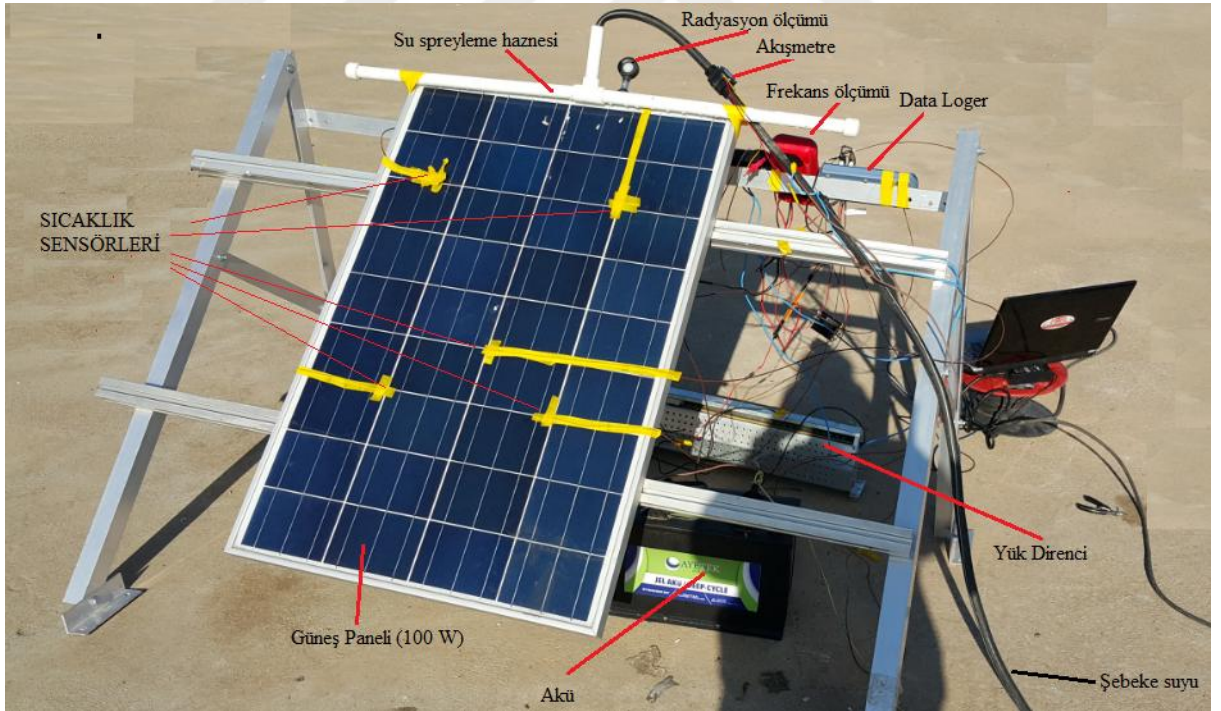
- 1adet 100 W'lık Güneş paneli
- Akış sensörü
- Radyasyon ölçüm sensörü
- 8 Kanallı veri toplayıcı (Data logger)
- Güneş panellerinin yerleştirileceği mekanik düzenek
- Su spreyleme mekanizması
- Soğutma suyu toplama haznesi

Gerçekleştirilen deney düzeneğinin fotoğrafı Şekil 4.2.'de verilmiştir.

Prensip şeması şekil 4.1.'de verilmiş olan deney düzeneğinde; uygun bir alüminyum mekanik düzenek üzerine monte edilmiş olan güneş panelinin ortalama ön yüzey sıcaklığının 20 bitlik bir veri toplayıcı (Data logger) cihaz ile gerçek zamanda eşzamanlı olarak ölçülüp kaydedilebilmesi için panelin ön yüzeyinin belirli noktalarına 5 adet T tipi termo elemanlar yerleştirilmiştir. Güneşin radyasyon düzeyini gerçek zamanda ölçmek için ise uygun özelliklere sahip olan bir radyasyon ölçüm cihazı kullanılmıştır. Panel soğutması için gerekli olan su, akış hızının sabit olduğu varsayılan şebeke suyundan temin edilmiştir. Deney düzeneğinin kurulduğu üniversite kampüsündeki şebeke suyunun sıcaklığı yaklaşık olarak 25 derece civarında ölçülmüştür. Soğutmanın 25 derecelere kadar yapılmasının sebebi de budur. Şebeke borusuna bağlanan ayarlı bir vana ile ayarlanabilen soğutma suyunun debisinin ölçümü için, 15 Litre/dak'lık pals çıkışlı akış ölçüm sensörü kullanılmıştır. Suyun debisinin ölçümü için ise frekans ölçebilen bir multimetre kullanılmıştır. Deneyde kullanılan veri toplayıcı, okuduğu verileri gerçek zamanlı olarak PC'ye kaydedebilen özel bir yazılıma sahiptir. Bu yazılım ile panel ön sıcaklık değerleri, ortam sıcaklığı, panel akımı ve panel gerilimi gerçek zamanda eşzamanlı olarak ölçülerek PC'ye kaydedilebilmektedir.



Şekil 4.1. Soğutma sistemi deney düzeneğinin sistematik diyagramı



Şekil 4.2. Deney düzeneğinin genel fotoğrafı

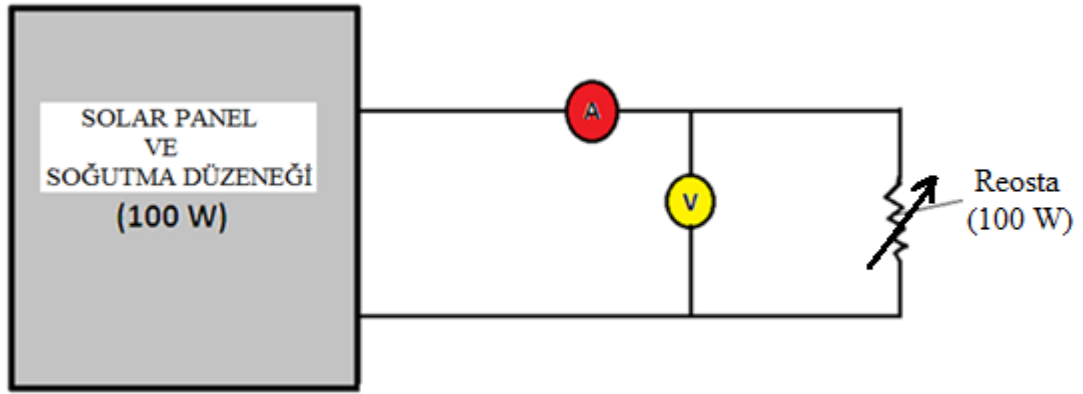
Gerçekleştirilen deney düzeneği ile aşağıdaki deneyler yapılmıştır.

4.1 I-V Ve Güç Karakteristiğinin Elde Edilmesi:

Sabit ortam sıcaklık değerlerine ilişkin I-V ve güç (P-V) karakteristiğinin elde edilebilmesi için şekil 4.3.'deki ölçüm düzeneği şekil 4.1.'deki deney düzeneğine monte edilmiştir.

4.1.1 Panelin P-V Ve V-I Karakteristiğinin Elde Edilmesi

Sabit güneş radyasyon düzeyi (E) ve sabit ortam sıcaklığı için, 100 W'lık reosta direnci sıfır değerinden başlamak üzere maksimum değerine kadar kademeli olarak arttırılarak, her bir artım değeri için panelden çekilen akım ve panel çıkış gerilimleri ölçülerek kaydedilecektir. Ölçülecek olan her bir akım ve panel çıkış gerilim değerleri için panelden çekilen ani güç değerleri hesaplanacaktır.



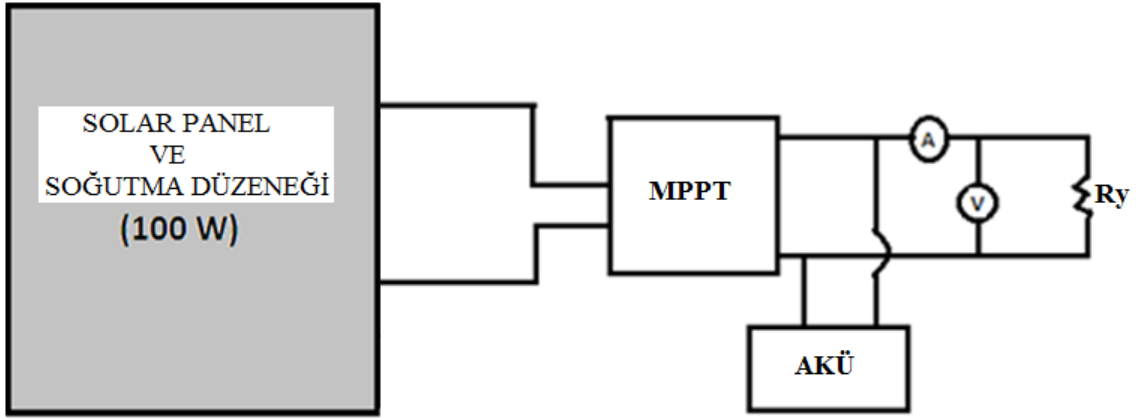
Şekil 4.3. I-V ve Güç Karakteristik eğrisi için deney düzeneği

4.1.2 Panel Verimliliğinin Sıcaklık İle Değişimi:

Kaynaktan maksimum gücün çekilebilmesi için yük direncinin 3,3 Ohm seçildiği Şekil 4.2.'deki deney düzeneği kullanılacaktır. Kurulan deney düzeneği ile değişik günlerde paneli su ile soğutarak panel ön yüzeyine ilişkin sıcaklık değerleri, yük direncinin (R_y) panelden çektiği akım ve üzerinde düşen gerilim veri toplama cihazı ile eşzamanlı olarak ölçülüp kaydedilecektir. Kaydedilen ortalama çalışma sıcaklığı, akım ve gerilim değerleri kullanılarak güneş paneline ilişkin sıcaklık-gerilim, sıcaklık-akım ve sıcaklık-maksimum çıkış gücü eğrileri ayrı ayrı çizilecektir. Sıcaklık değişimine karşı elde edilen eğriler kullanılarak, enerji verimliliğinin sıcaklık ile değişimi irdelenecektir.

4.1.3 Panelden Çekilen Maksimum Gücün İzlenmesi:

Enerji verimliliği için gerekli ölçümlerin yapılabilmesi için soğutma sistemli güneş paneline monte edilecek olan ölçüm düzeneği şekil 4.4.'de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi panelden çekilen maksimum gücü izleyerek aküyü doldurmak için uygun güçte bir MPPT cihazı kullanılacaktır. Panel sıcaklığını değiştirilerek, MPPT cihazı çıkışında maksimum gücün izlendiği gözlenecektir.



Şekil 4.4. Enerji verimliliği ölçümlerine ilişkin deney

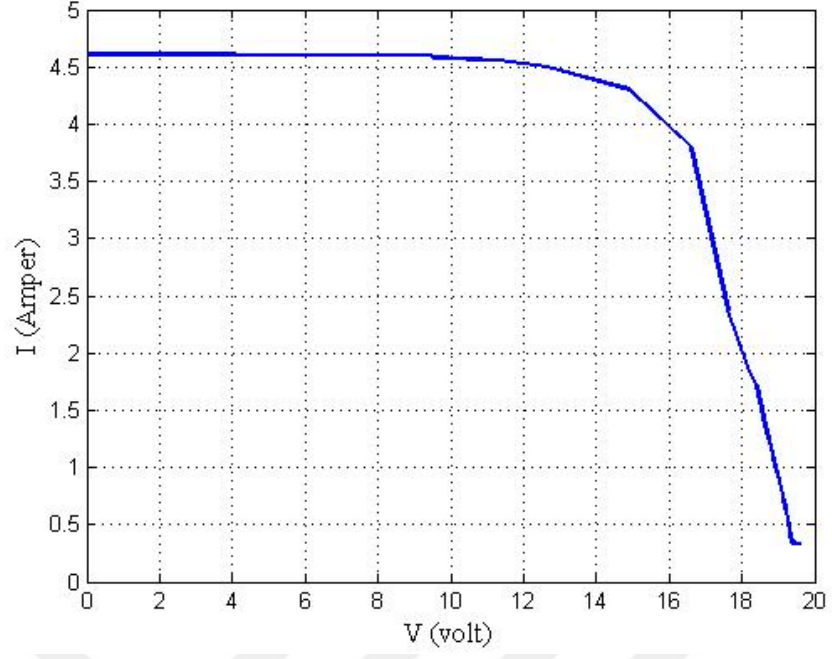
5. DENEYSEL SONUÇLAR

5.1. PV Panelin I-V Ve P-V Karakteristiğinin Elde Edilmesi:

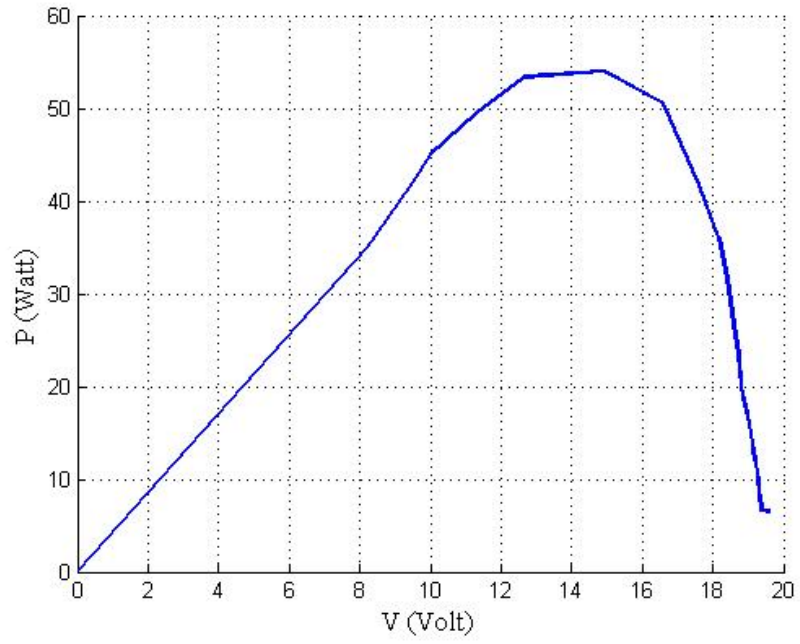
Şekil 4.3.'deki deney düzeneğinde, yük direnci sıfırdan başlamak üzere maksimum değerine kadar kademe kademe değiştirilerek elde edilen gerilim, akım ölçümleri ve hesaplanan güç değerleri Tablo 5.1.'de verilmiştir. Deneyde kullanılan panele ilişkin I-V ve P-V karakteristiği ise Şekil 5.1.'de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi, yaklaşık $R_y=3.3 \Omega$ için PV panelden çekilen güç maksimumdur.

Tablo 5.1. Deneyde kullanılan güneş panelinin P-V ve V-I karakteristiğine ilişkin ölçüm değerleri

| Yük gerilimi (V) | Yük akımı (A) | Güç (W) |
|------------------|---------------|--------------|
| 0 | 4,61 | 0 |
| 8,30 | 4,60 | 35,00 |
| 9,50 | 4,60 | 42,00 |
| 10,00 | 4,58 | 45,00 |
| 11,30 | 4,56 | 49,38 |
| 12,64 | 4,50 | 53,34 |
| 14,10 | 4,26 | 54,00 |
| 16,60 | 3,80 | 50,46 |
| 17,61 | 2,37 | 41,74 |
| 18,17 | 1,88 | 36,00 |
| 18,39 | 1,72 | 31,63 |
| 18,58 | 1,44 | 26,76 |
| 18,73 | 1,26 | 23,60 |
| 18,79 | 1,18 | 20,00 |
| 18,90 | 1,02 | 18,00 |
| 19,03 | 0,88 | 16,00 |
| 19,11 | 0,76 | 14,00 |
| 19,14 | 0,73 | 13,00 |
| 19,18 | 0,67 | 12,20 |
| 19,20 | 0,61 | 11,71 |
| 19,24 | 0,56 | 10,77 |
| 19,27 | 0,51 | 9,83 |
| 19,30 | 0,46 | 8,88 |
| 19,33 | 0,42 | 8,12 |
| 19,36 | 0,36 | 6,97 |
| 19,37 | 0,34 | 6,59 |
| 19,60 | 0,33 | 6,50 |



(a) I-V karakteristiği



(b) P-V karakteristiği

Şekil 5.1. Panele ilişkin I-V ve P-V karakteristiği

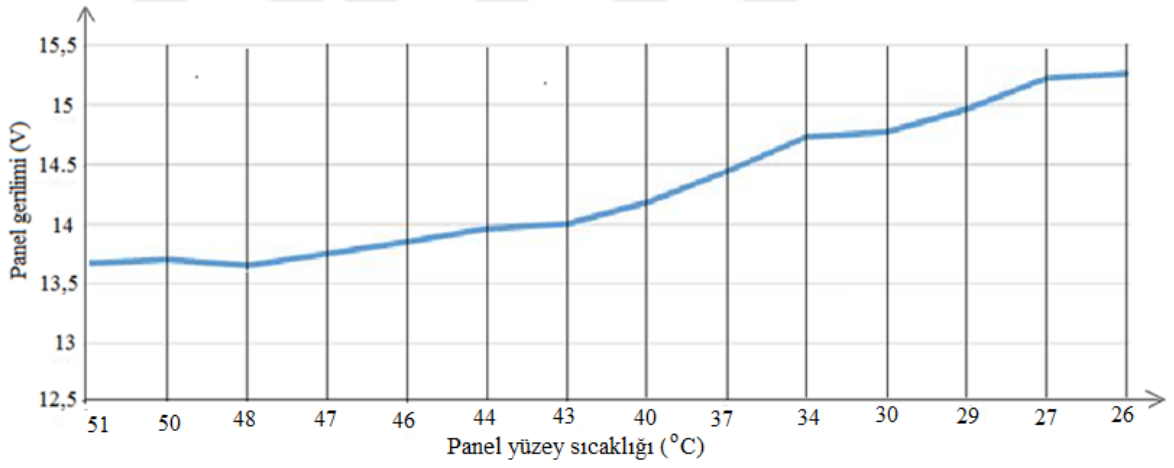
5.2 PV Panelin Verimliliğinin Sıcaklık İle Değişiminin İncelenmesi:

5.2.1 Yüksek Ortam Sıcaklığı Ve Yüksek Radyasyon Düzeyi Koşullarında Soğutmalı Çalışma

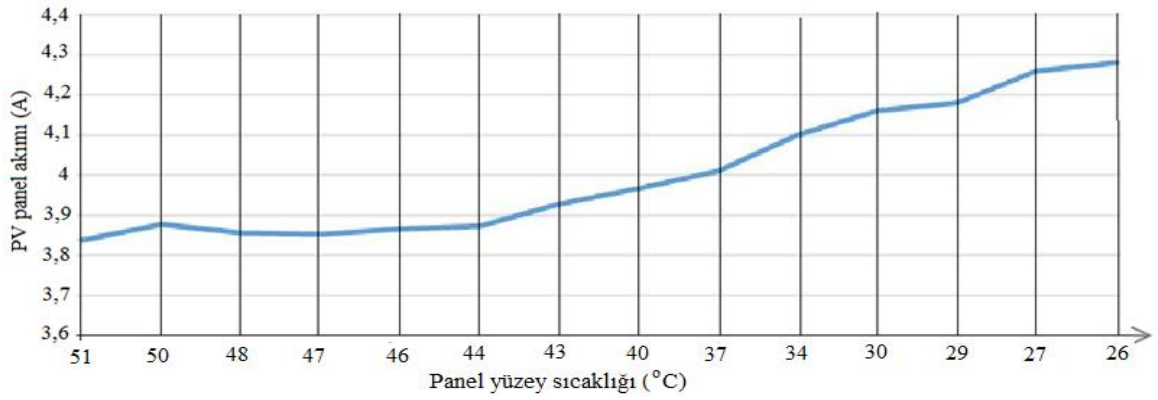
2016 Eylül ayının 12.gününde güneşli bir günde güneş şiddetinin en yüksek olduğu öğlen vakti Şekil 4.2.'deki deney düzeneği için yük direnci $R_y=3.3 \Omega$ seçilerek, ortam sıcaklığı 33°C , radyasyon düzeyinin yaklaşık olarak $E=1000 \text{ W/m}^2$, soğutma suyunun akış hızı ise 20 Litre/dakika değerleri için güneş paneli 13 dakika süre ile spreyleme yöntemi ile soğutuldu. Soğutma işlemi öncesi ortalama panel ön yüzey sıcaklığı 51°C olarak ölçüldü. 13 dakika süre ile panel yüzeyi spreyleme metodu ile soğutularak ortalama panel ön yüzey sıcaklığı 26°C 'ye kadar soğutuldu. Söz konusu soğutma süresi boyunca birer dakikalık aralıklarla elde edilen ölçüm değerleri Tablo 5.2 'de verilmiştir. Tablodaki ölçüm verilerine ilişkin akım, gerilim ve güç değişim eğrileri ise şekil 5.2'de verilmiştir. Şekil 5.2.c den, $R_y=3.3 \Omega$ yük direncinin PV panelden çektiği güç soğutma işlemine başlamadan önce 52,45 W iken, soğutma işlemi sonunda 65,31 W olduğu görülmektedir. Dolayısıyla 12.86 W'lık bir güç artışı sağlanmıştır.

Tablo 5.2. Soğutulmuş PV panelin çıkışına ilişkin ölçüm sonuçları

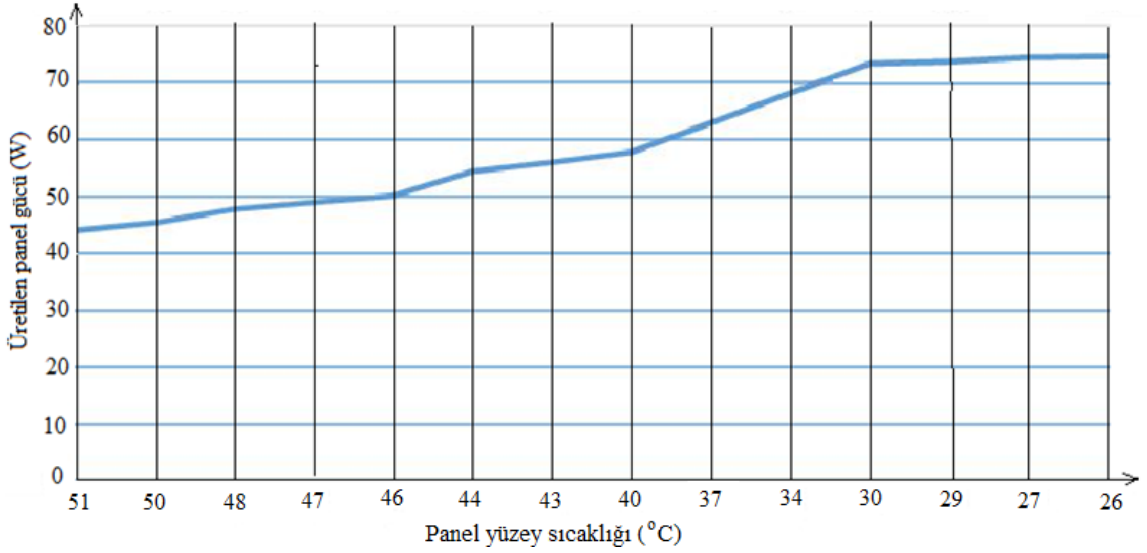
| Gerçek zaman (saat:dak.) | Süre (dak.) | Panel yüzey sıcaklığı ($^\circ\text{C}$) | Gerilim (V) | Akım (A) | Üretilen Güç (W) |
|--------------------------|-------------|--|-------------|----------|------------------|
| 13:27 | 0 | 51 | 13,67 | 3,837 | 52,45 |
| 13:28 | 1 | 50 | 13,7 | 3,877 | 53,11 |
| 13:29 | 2 | 48 | 13,65 | 3,855 | 52,62 |
| 13:30 | 3 | 47 | 13,75 | 3,852 | 52,97 |
| 13:31 | 4 | 46 | 13,85 | 3,865 | 53,53 |
| 13:32 | 5 | 44 | 13,96 | 3,872 | 54,05 |
| 13:33 | 6 | 43 | 14 | 3,927 | 54,98 |
| 13:34 | 7 | 40 | 14,18 | 3,966 | 56,24 |
| 13:35 | 8 | 37 | 14,44 | 4,01 | 57,90 |
| 13:36 | 9 | 34 | 14,73 | 4,1 | 60,39 |
| 13:37 | 10 | 30 | 14,77 | 4,16 | 61,44 |
| 13:38 | 11 | 29 | 14,96 | 4,18 | 62,53 |
| 13:39 | 12 | 27 | 15,22 | 4,26 | 64,84 |
| 13:40 | 13 | 26 | 15,26 | 4,28 | 65,31 |



(a) Panel geriliminin sıcaklıkla değişimi



(b) Panel akımının sıcaklıkla değişimi

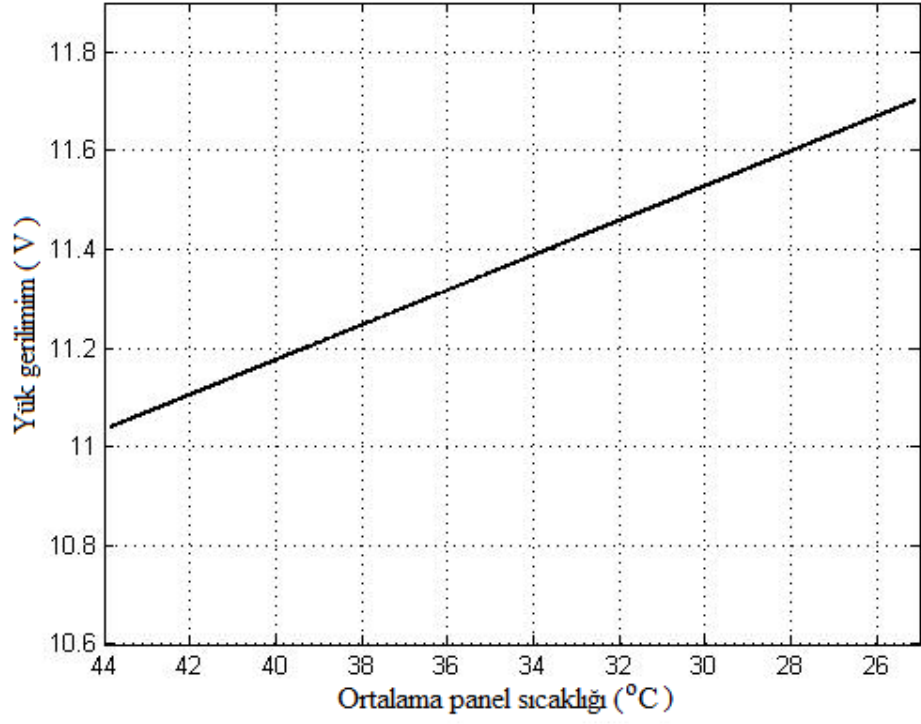


(c) Panel gücünün sıcaklıkla değişimi

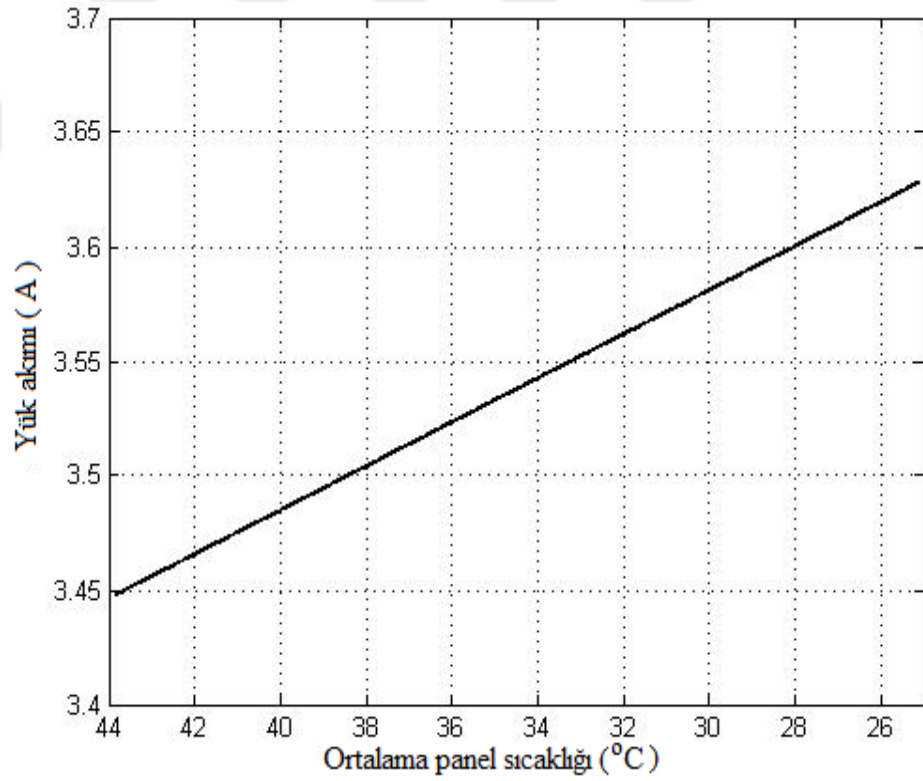
Şekil 5.2. Soğutulmuş olan PV panele ilişkin akım, gerilim ve güç değişim eğrileri

5.2.2 Düşük Ortam Sıcaklığı Ve Düşük Radyasyon Düzeyi Koşullarında Soğutmalı Çalışma

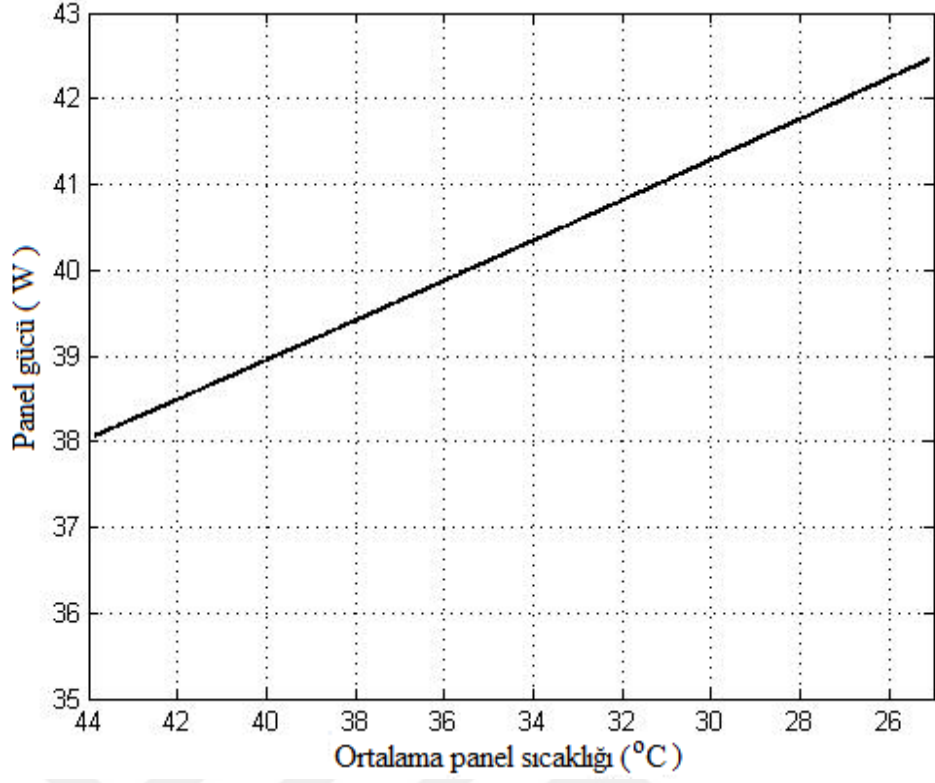
2016 Kasım ayının son haftasında güneşli bir günde, öğlen vakti Şekil 4.2'deki deney düzeneği için yük direnci $R_y=3.3 \Omega$ seçilerek, ortam sıcaklığının $22 \text{ }^\circ\text{C}$, radyasyon düzeyinin yaklaşık olarak $E=700 \text{ W/m}^2$, soğutma suyunun akış hızı ise 20 Litre/dakika değerleri için panel ön yüzeyi 10 dakika süreyle soğutuldu. Soğutmada spreyleme yöntemi kullanıldı. Soğutma işlemi öncesi ortalama panel ön yüzey sıcaklığı $43,8 \text{ }^\circ\text{C}$ olarak ölçüldü. 10 dakika soğutma süresi boyunca birer saniye aralıklarla yük gerilimi, yük akımı ve panel ön sıcaklık değerleri eş zamanlı olarak ölçülerek PC'ye kaydedildi. Kaydedilen ölçüm değerleri kullanılarak yük direnci uçlarındaki gerilim ile yükün panelden çekmiş olduğu yük akımı ve gücün ortalama panel ön yüzey sıcaklığına göre değişim eğrileri Şekil 5.3, Şekil 5.4 ve Şekil 5.5'de verilmiştir. Aynı değişkenlerin zamana göre değişim eğrileri ise Şekil 5.6 Şekil 5.7 ve Şekil 5.8'de verilmiştir. Şekillerden açıkça görüldüğü gibi ortalama panel ön yüzey sıcaklığı azaldıkça, panelden çekilen yük akımı ve panel uçlarından elde edilen yük gerilimi düzeyi artmaktadır. Dolayısıyla panelden çekilen güç artmaktadır. Şekil 5.5 ve Şekil 5.8'deki eğrilerden; ortalama panel ön yüzeyi sıcaklığı $43,8$ iken $R_y=3.3 \Omega$ yük direncinin panelden 38 W olduğu görülmektedir. Panelin ön yüzeyinin spreyleme yöntemi ile 10 dakika soğutulması sonucunda ise panel ön yüzeyi sıcaklığı $25 \text{ }^\circ\text{C}$, panelden çekilen güç ise $42,4 \text{ W}$ olarak ölçülmüştür. Güç değişim eğrilerinden $4,4 \text{ W}$ 'lık bir güç artışı sağlanmış olduğu görülmektedir.



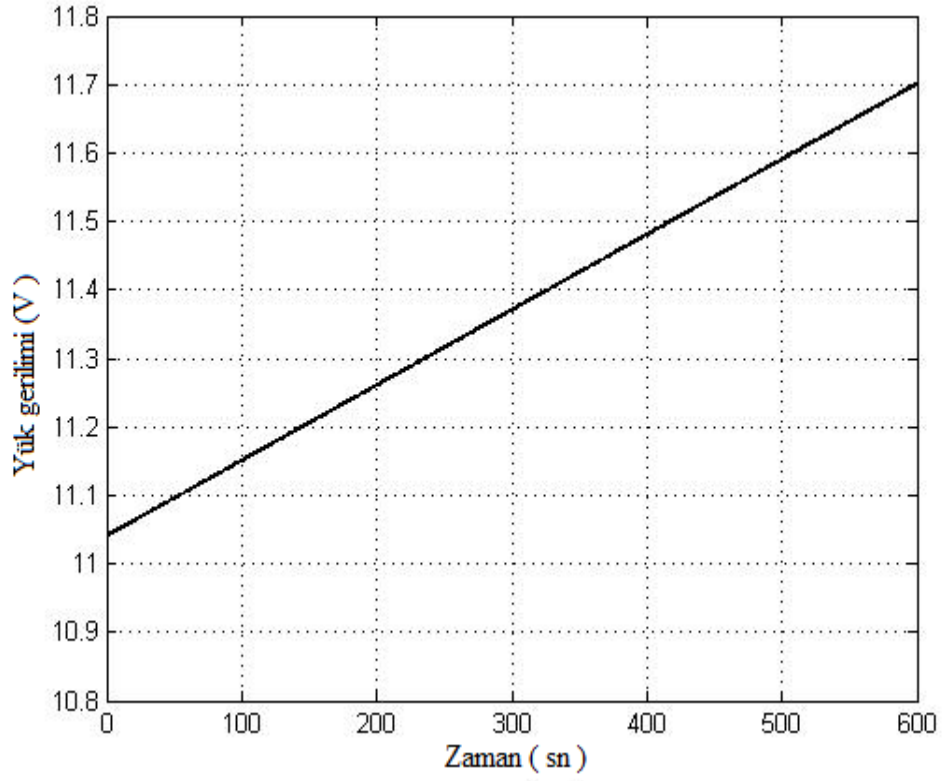
Şekil 5.3.Yük geriliminin sıcaklıkla değişimi



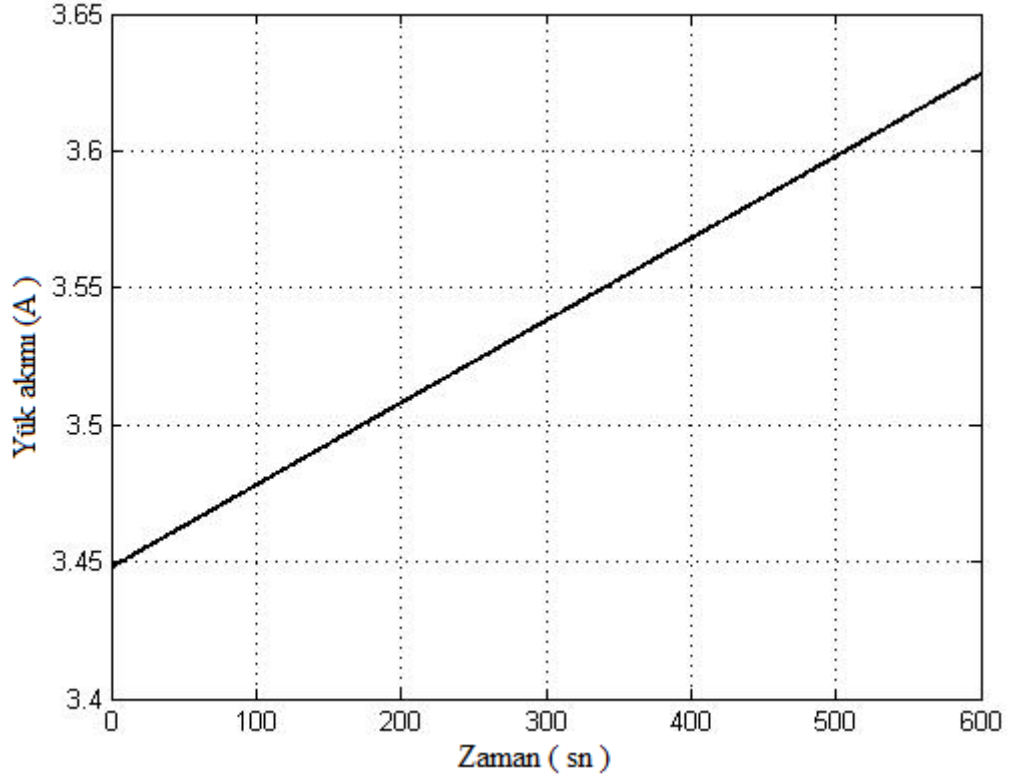
Şekil 5.4.Yük akımının sıcaklıkla değişimi



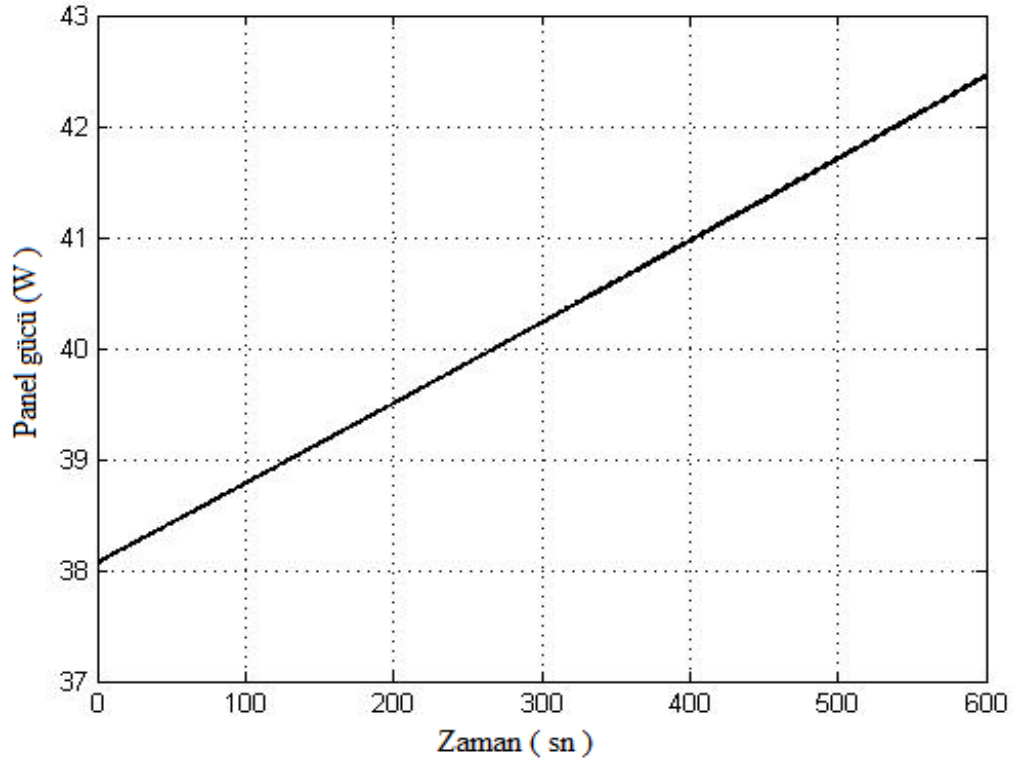
Şekil 5.5. Panelden çekilen gücün sıcaklıkla değişimi



Şekil 5.6. Yük geriliminin zamana göre değişimi



Şekil 5.7. Yük akımının zamana göre değişimi



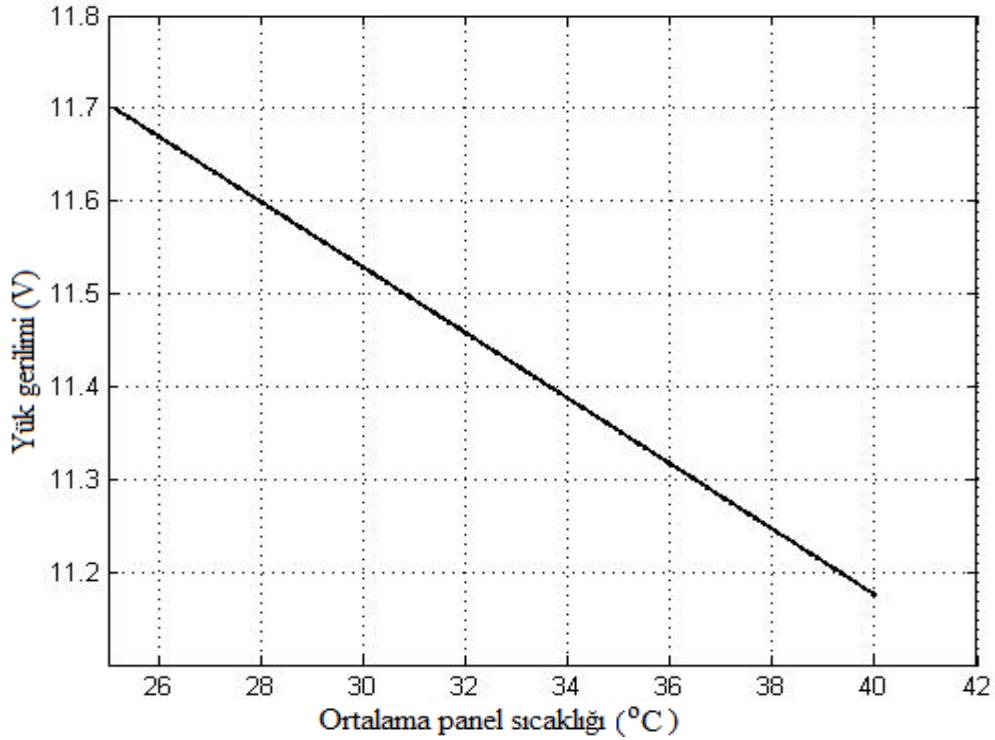
Şekil 5.8. Panelden çekilen gücün zamana göre değişimi

Seçilen çalışma koşullarında soğutmalı çalışma deneysel sonuçlarından deney düzeneğinde kullanılan paneli için soğuma hızı

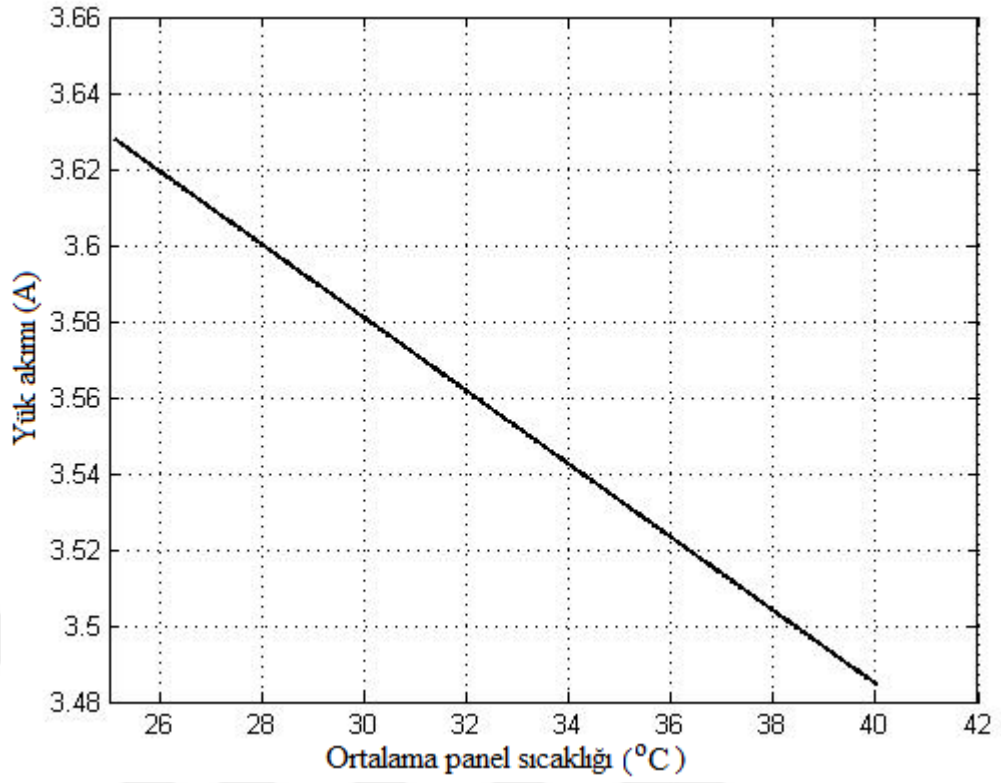
$$\Delta T = (43.8 - 25) / 600 = 0.0313 \text{ [}^\circ\text{C/sn]} \text{ olarak elde edilir.}$$

Deney düşük debideki soğutma suyu için gerçekleştirilmiştir. Suyun debisi artırılarak panelin yüzey soğutma hızı artırılabilir.

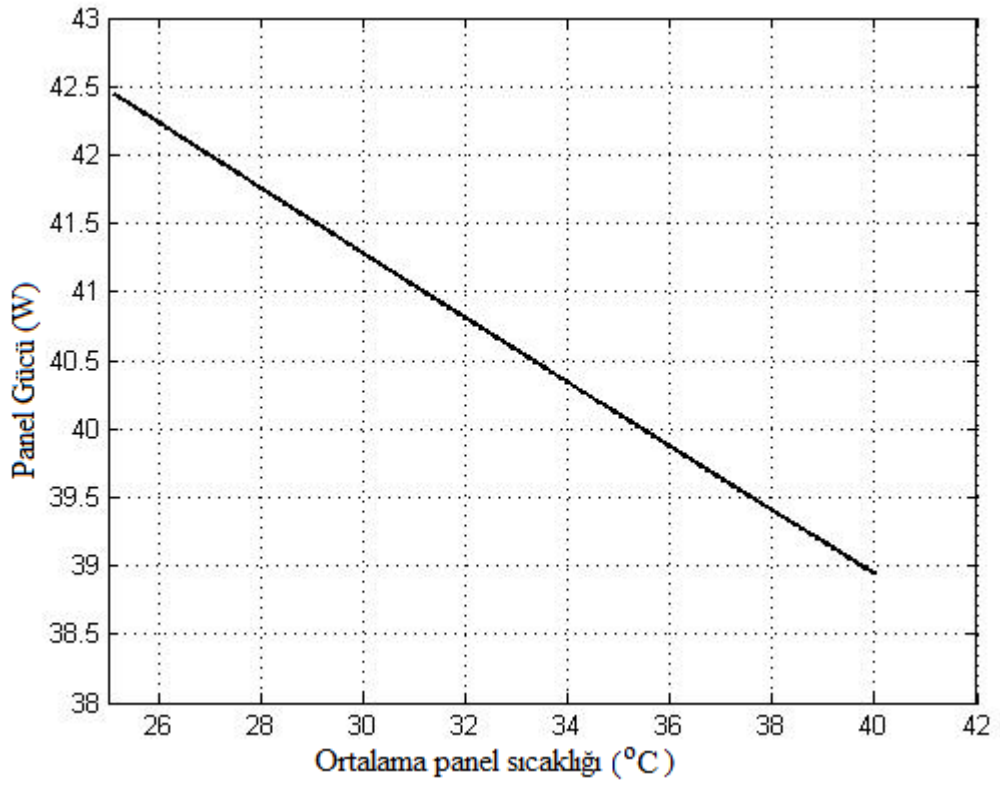
Soğutmasız Çalışma: Soğutmalı çalışmada panel ön yüzeyi 25 °C' ye kadar soğutulduktan sonra soğutma suyu devre dışı bırakılarak panelin ön yüzey sıcaklığının güneş ışınımı ile 25 °C 'den 40 °C'ye yükseldiği 10 dakikalık süre boyunca veri toplama sistemi ile gerçek zaman ölçümleri yapılarak PC'ye kaydedildi. Söz konusu bu ölçüm değerleri kullanılarak; yük gerilimi, yük akımı ve panelden çekilen gücün ortalama panel ön sıcaklığına göre değişim eğrileri Şekil 5.9-Şekil 5.10-Şekil 5.11'de verilmiştir. Aynı değişkenlerin zamana göre değişim eğrileri ise şekil 15-Şekil 17'de verilmiştir. Şekillerden açıkça görüldüğü gibi ortalama panel ön yüzey sıcaklığı yükseldikçe, yük akımı ve yük gerilimi düzeyi azalmaktadır. Bu azalma sonucunda panelden çekilen güç de azalmaktadır. Nitekim şekil 5.12 - Şekil 5.13 ve Şekil 5.14'deki eğrilerden; soğutma işleminin devre dışı bırakıldığı anda ortalama panel ön yüzeyi sıcaklığı 25 °C iken, panelden çekilen güç 42,4 W olarak ölçülmüştür. Panelin ön yüzeyi güneş ışınları ile 10 dakika süreyle ısıtılması sonucunda ise panel ön yüzeyi sıcaklığı 40 °C, panelden çekilen güç ise 38,9 W olarak ölçülmüştür. Dolayısıyla güç değişim eğrilerinden 3.5 W'lık bir güç kaybı olduğu görülmektedir.



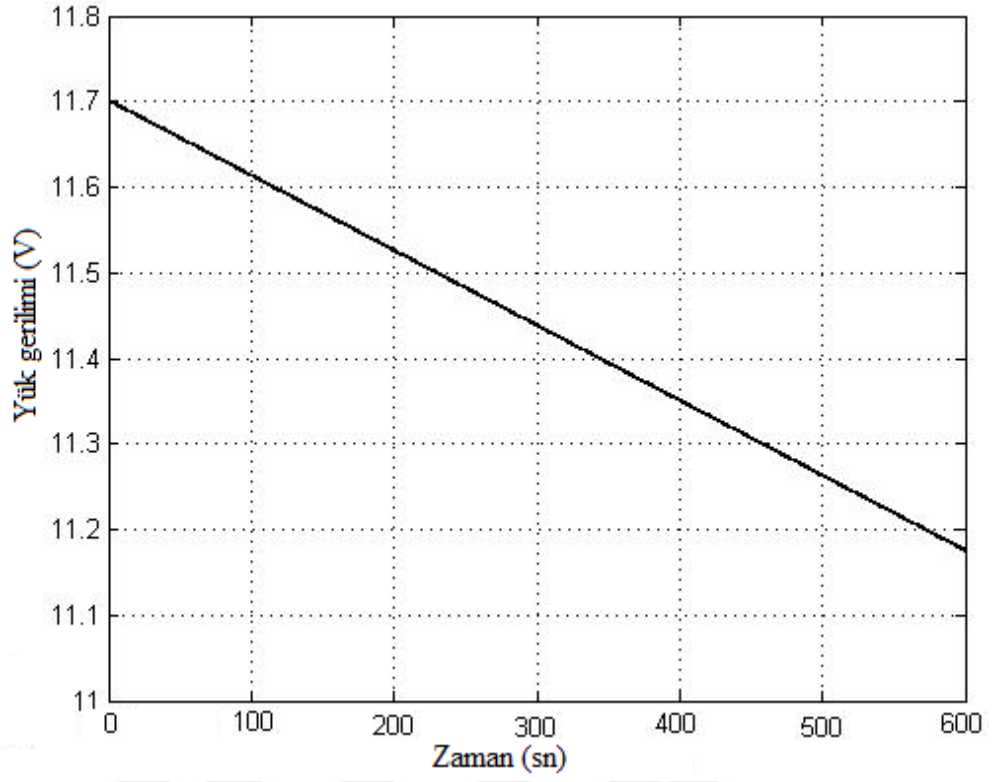
Şekil 5.9. Yük geriliminin sıcaklıkla değişimi



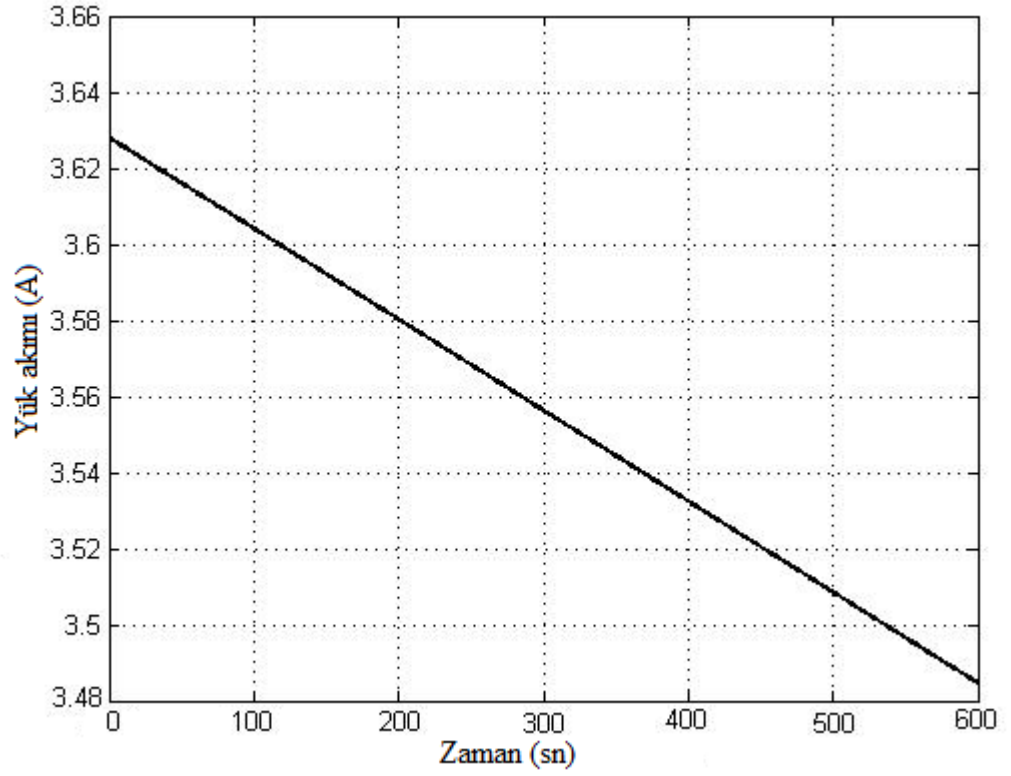
Şekil 5.10. Yük akımının sıcaklıkla değişimi



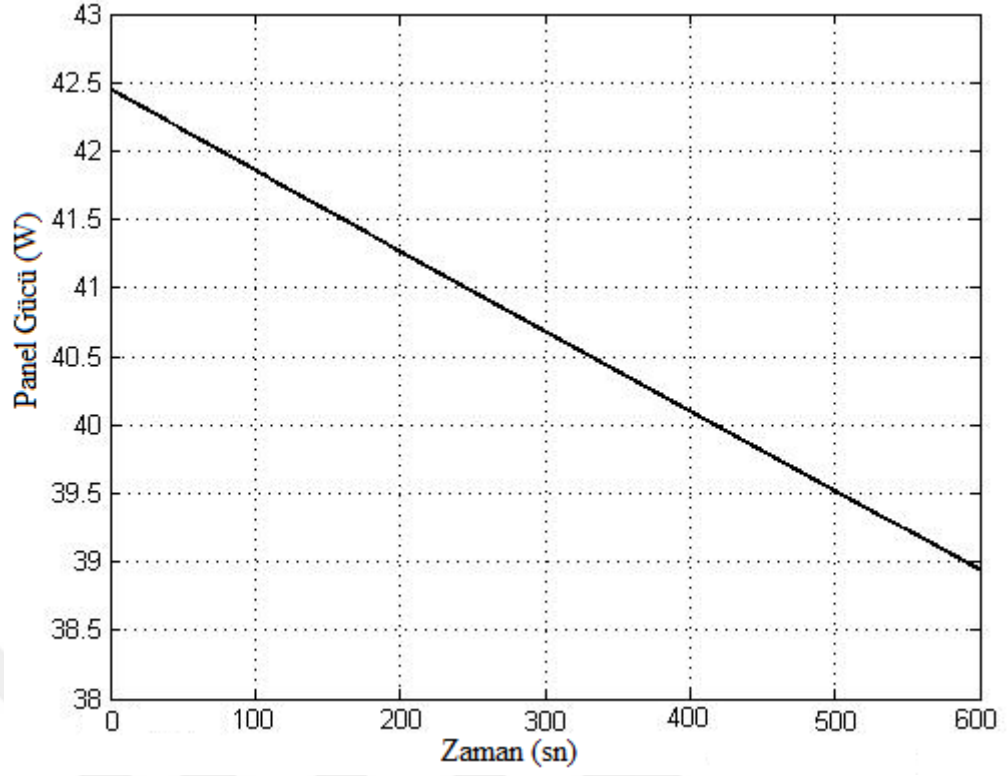
Şekil 5.11. Panelden çekilen gücün sıcaklıkla değişimi



Şekil 5.12. Yük geriliminin zamana göre değişimi



Şekil 5.13. Yük akımının zamana göre değişimi



Şekil 5.14. Panelden çekilen gücün zamana göre değişimi

Seçilen çalışma koşullarında soğutmasız çalışma deneysel sonuçlarından deney düzeneğinde kullanılan paneli için ısınma hızı : $\Delta T = (40-25) / 600 = 0.025 [^{\circ}\text{C}/\text{sn}]$ olarak elde edilir.

6. BULGULAR VE TARTIŞMA

Şekil 4.1.'de sistematik diyagramı verilen sistem için kurulan deney düzeneğinin fotoğrafı Şekil 4.2.'de verilmiştir. Deney düzeneği ile öncelikle deney düzeneğinde kullanılmış olan güneş panelinin I-V ve P-V karakteristiği çıkarıldı. Daha sonra güneş şiddetinin ve ortam sıcaklığının yüksek olduğu eylül ayında deney düzeneğimizdeki paneli soğutarak panelden çekilen gücün değişimi ölçüldü. Aynı deney, güneş enerjisinin ve hava sıcaklığının daha düşük seyrettiği kasım ayında gerçekleştirildi. Gerçekleştirilen deneysel çalışmalar sonucunda aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

- 1)Güneş panellerinin soğutulması ile önemli ölçüde enerji verimliliği sağlanmaktadır.
- 2)Eylül ve kasım ayında gerçekleştirilen deneysel çalışmaların karşılaştırılması sonucunda ortam sıcaklığı ve güneş şiddeti azaldıkça, soğutma ile panelden elde edilen enerji verimliliğinin azaldığı görülmektedir.
- 3) Kasım ayında gerçekleştirilen deneysel çalışma sonuçlarından panelin ön yüzeyinin su ile soğuma hızının, güneş ışınları ile ısıtma hızından daha yüksek olduğu görülmüştür. Örneğin deney düzeneğindeki panelin sıcaklığı 10 dakikada 43.8 C den 25 °C ye düşürülmüştür. Soğutma sistemi devre dışı bırakıldığında ise panel ön yüzey sıcaklığı güneş ışınları ile aynı süre (10 dakika) sonucunda 40 °C' düzeyine çıkarılmıştır.
- 4) Deneysel çalışma sonucunda panellerin ön yüzey soğuma hızı 0.0313 [°C/sn], ısınma hızı ise 0.025 [°C/sn] olarak hesaplanmıştır. Kurulan herhangi bir soğutmalı sistemde bu katsayılar bir kez hesaplandıktan sonra, söz konusu sistemin panel ön yüzey sıcaklık değişimi zamana bağlı olarak hesaplanabilir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

7.1. Sonuçlar :

Bu tez çalışmasında 100 W'lık bir PV panelin verimliliğinin sıcaklıkla değişimi incelenmiştir. Elde edilen deneysel sonuçlardan güneş panellerinin verimliliğinin su ile soğutularak artırılabilceği gösterilmiştir. Ayrıca ortam sıcaklığı ve güneş enerjisi düzeyi azaldıkça elde edilen verimlilik düzeyinin de azaldığı görülmüştür. Deneysel sonuçlardan kullanılan panelin soğuma ve ısınma katsayıları hesaplanmıştır. Kurulmuş olan bir su soğutmalı güneş panel sistemi için, deneysel çalışma sonucunda panellerin ön yüzey soğutma ve ısınma hızları bir kez hesaplandıktan sonra, söz konusu sistemin panel ön yüzey sıcaklık değişimi zamana bağılı olarak hesaplanabilir. Böylece sadece bir zamanlayıcı ile soğutma sisteminin elektronik düzeneğini kurabilir.

7.2. Öneriler :

Bu tez çalışmasında Siirt yöresi için güneş panellerinde sadece sıcaklık değişiminin verimliliğe etkisi 100 W'lık bir güneş paneli kullanılarak araştırılmıştır. Aynı soğutma sistemi daha yüksek güçlü sistemlere uygulanarak verimlilik artışı incelenmelidir. Deneyler güneş enerjisi düzeyi sabit ve güneş ışınlarının panele dik geldiği konum için yapılmıştır. Siirt yöresi için güneş ışınlarının panelin ön yüzeyine gelme açısına bağılı olarak enerji verimliliğinin değişimi araştırılmalıdır. Ayrıca değişik soğutma sistemleri için panellerin enerji verimliliği araştırılmalıdır.

8. KAYNAKLAR

- Anonim, Siirt İli Uzun Yıllık Meteorolojik verileri, *Siirt Devlet Meteoroloji Müdürlüğü*,2014, Siirt.
- Cox III CH, Raghuraman P. Design consideration for flat-plate photovoltaic/ thermal collectors. *Solar Energy* 1985;35(1):227–41.
- Dubey Swapnil, Sandhu GS, Tiwari GN. Analytical expression for electrical efficiency of PV/T hybrid air collector. *Appl Energy* 2009; 86:697–705.
- Duffie JA, Beckman WA, Solar energy thermal processes. *New York: Wiley; 1974. p. 76, 103, 138–47.*
- Florschuetz LW. On heat rejection from terrestrial solar cell arrays with sunlight concentration. *IEEE Photovolt Spec Conf Rec Mater* 1975:318–26.
- Garg HP, Agarwal PK, Bhargava AK. The effect of plane booster reflectors on the performance of a solar air heater with solar cells suitable for a solar dryer. *Energy Convers Manage* 1991; 32:543–54.
- Garg HP, Datta G. Performance studies on a finned-air heater. *Energy* 1989; 14:87–92.
- Gupta D, Solanki SC, Saini JS. Heat and fluid flow in rectangular solar air heater ducts having transverse rib roughness on absorber plates. *Solar Energy* 1993; 51:31–7.
- Han JC, Park JS. Developing heat transfer in rectangular channels with rib turbulators. *Int J Heat Mass Transfer* 1988; 31:183–95.
- Joshi S, Tiwari A, Tiwari GN, Dincer I, Reddy BV. Performance evaluation of a hybrid photovoltaic thermal (PV/T) (glass-to-glass) system. *Int J Therm Sci* 2009;48(1):154–64.
- K.A. Moharram,M.s. Abd-Elhady,H.A.Kandil,H.El-Sherif. Enhancing the performance of photovoltaic panels by water cooling, *Ain Shams Engineering Journal*,2013;4:869-877.
- Karamanav.M, ,2007 ,Güneş enerjisi ve güneş pilleri YL tezi, Sakarya Üniv.
- Naphon P. On the performance and entropy generation of the double-pass solar air heater with longitudinal fins. *Renew Energy* 2005; 30:1345–57.
- Petukhov BS. In: Irvine TF, Hartnett JP, editors. Advances in heat transfer, vol. 6. *New York: Academic Press; 1983.*
- Pottler K, Sippel CM, Beck A, Fricke J. Optimized finned absorber geometries for solar air heating collectors. *Solar Energy* 1999; 67:35–52.
- Prasad BN, Saini JS. Optimal thermohydraulic performance of artificially roughened solar air heaters. *Solar Energy* 1991; 47:91–6.
- Progress in Photovoltaics: Rsearch and Aplications. *Prog. Photovolt: Res. Appl.* 2003; 11:47–62 (DOI: 10.1002/pip.459)]
- Selçuk. Keçel, Hüseyin G. Yavuzcan. Türkiye’deki bölgesel sıcaklık değişimlerinin güneş panellerinin verimliliğine etkisi, *Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*,2008, Sayı: 22, s.12-20
- Sopian K, Yiğit KS, Lif HT, Kakac S, Veziroglu TN. Performance analysis of photovoltaic thermal air heaters. *Energy Convers Manage* 1996; 37:1657–70.

- Stultz JW, Wen LC. Thermal performance testing and analysis of photovoltaic modules in natural sunlight. *LSSA Project Task Report 5101-31, Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, CA; 29 July 1977.*
- Tonui JK, Tripanagnostopoulos Y. Air-cooled PV/T solar collectors with low cost performance improvements. *Solar Energy 2007; 81:498–511.*
- Tonui JK, Tripanagnostopoulos Y. Improved PV/T solar collectors with heat extraction by forced or natural air circulation. *Renew Energy 2007; 32:623–37.*
- Url-1 <http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/9514e888b8f2aca_ek.pdf>, [Ziyaret Tarihi: 10 Kasım 2016].



EKLER

EK-1 Kullanılan PV Panel Özellikleri:

| | |
|--------------------------|---------------|
| Panel Tipi | : Polikristal |
| Maksimum Güç | :100W |
| Maksimum güç voltajı | :17,7 V |
| Maksimum güç akımı: | 5,65 A |
| Açık devre voltajı | : 22 V |
| Kısa devre akımı | : 6,21 A |
| Maksimum sistem gerilimi | : 715 V (DC) |

DT185 SOLAR DATALOGGER GÜNEŞ IŞIĞI KAYIT CİHAZI

| | |
|--------------------------------|--|
| Işık ölçüm aralığı | : 0 ... 1999 w/m ² |
| Işık ölçüm hassasiyeti | : ±5% ... +10 w/m ² |
| Işık ölçüm çözünürlüğü | : 1 w/m ² |
| Ayarlanabilir kayıt aralıkları | : 2 sn, 5 sn, 10 sn, 30 sn, 1 dk, 5 dk, 10 dk, 30 dk, 1 saat, 2 saat, 3 saat, 6 saat, 12 saat, 24 saat |
| Ekran | : Yok |
| Veri kayıt periyodu | : 2 saniyeden 24 saate kadar |
| Hafıza kapasitesi | : 32000 okuma |
| Boyutları | : 190 x 35 x 30 mm |
| Ağırlık: 68 gr. | |
| Alarm özelliği | : Sadece görsel alarm |
| Güç kaynağı | : 1 adet 3.6V LS14250 pil |
| Saklama sıcaklığı | : 0°C ... 50°C |
| Çalışma sıcaklığı | : -10°C ... 60°C |

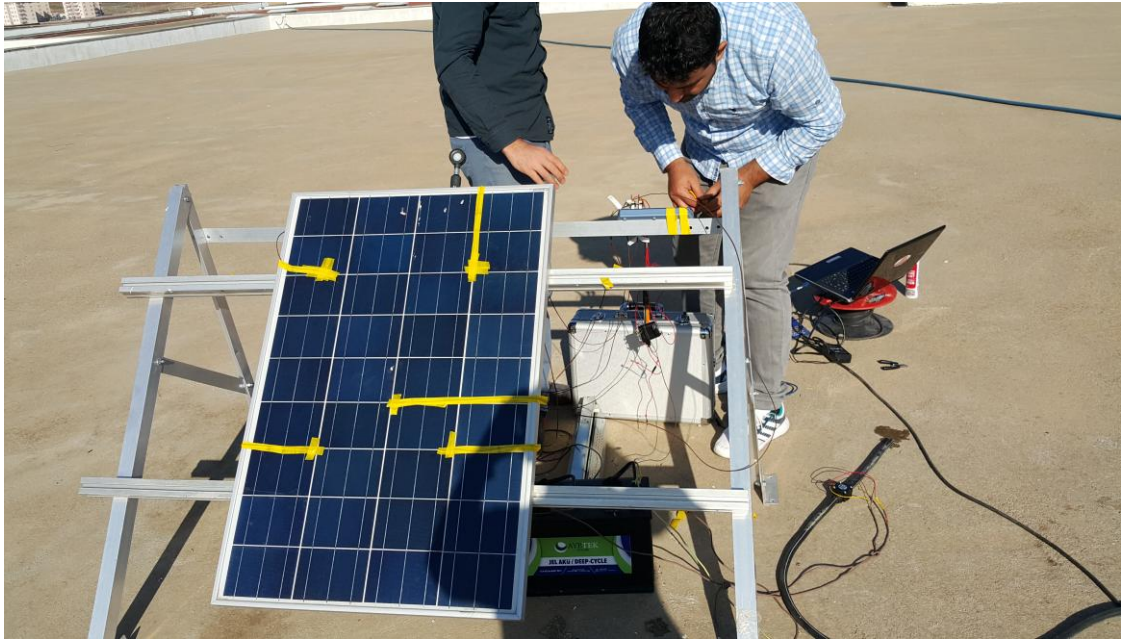
TC-08 DATA LOGGER

| | |
|----------------------------------|--|
| Number of channels (single unit) | : 8 |
| Conversion time | : 100 ms per thermocouple channel + 100 ms for cold junction compensation (CJC can be disabled if all channels used as voltage inputs) |
| Temperature accuracy | : Sum of $\pm 0.2\%$ of reading and $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ |
| Voltage accuracy | : Sum of |
| Maximum common-mode voltage | : $\pm 7.5\text{ V}$ |
| Input impedance | : $\pm 70\text{ mV}$ |
| Resolution | : 20 bits |
| Noise-free resolution | : 16.25 bits |
| Thermocouple types supported | : B, E, J, K, N, R, S, T |
| Input connectors | : Miniature thermocouple |

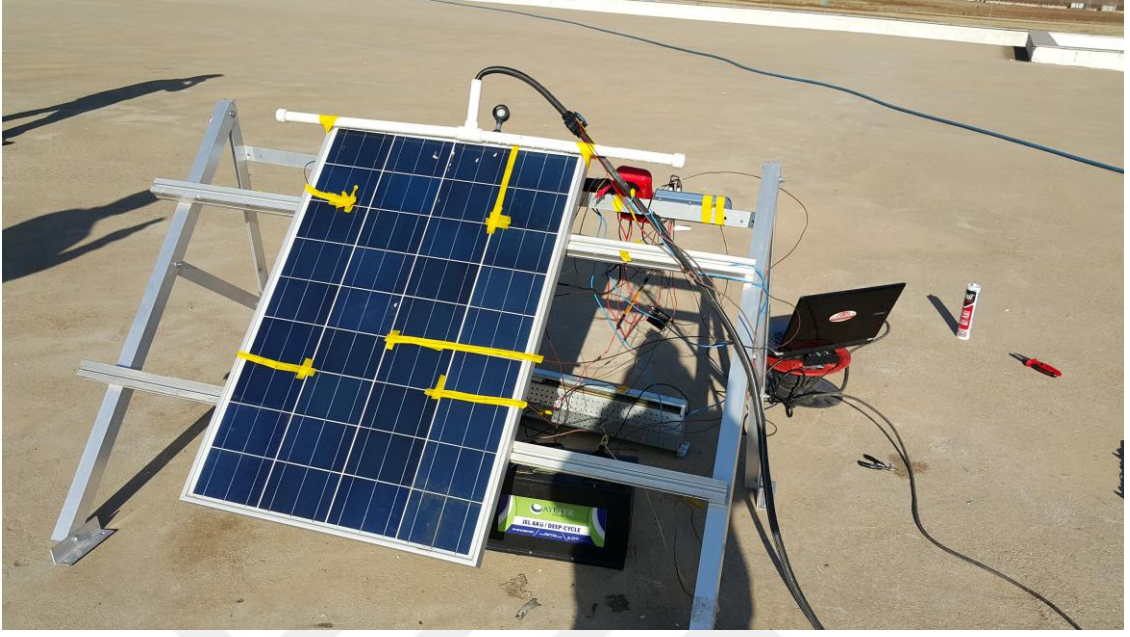
EK-2 Deney düzeneği ile ilgili tanıtıcı resimler



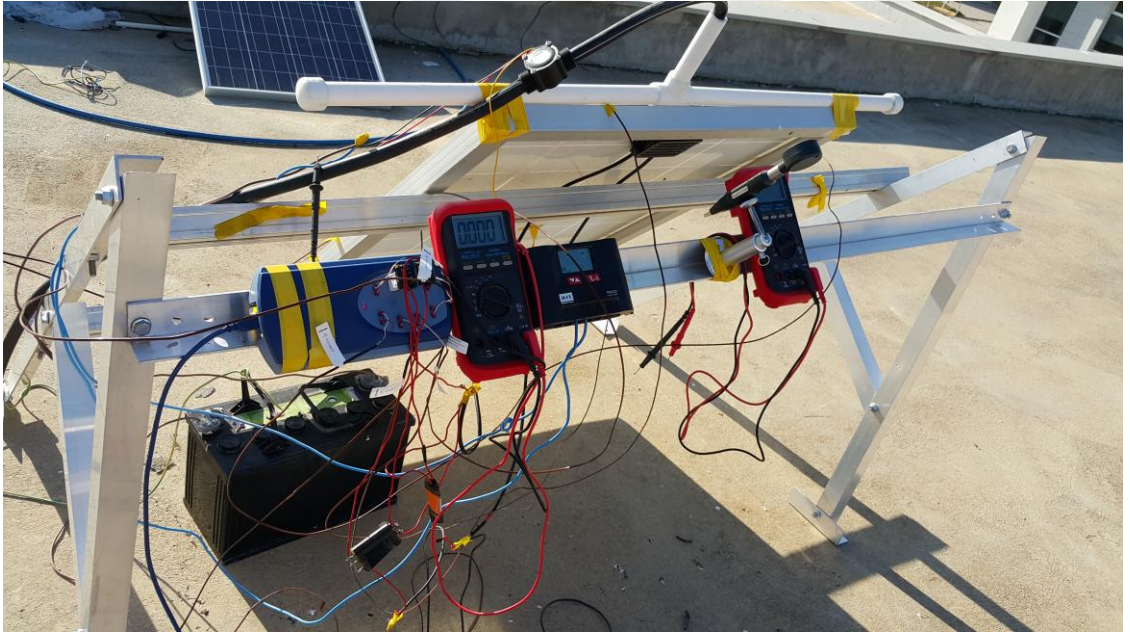
Şekil E2.1 Panele termokupl montajının yapılması



Şekil E2.2 Sistemin kablo bağlantılarının yapılması



Şekil E2.3 Panelin soğutulması için sulama sisteminin montajı



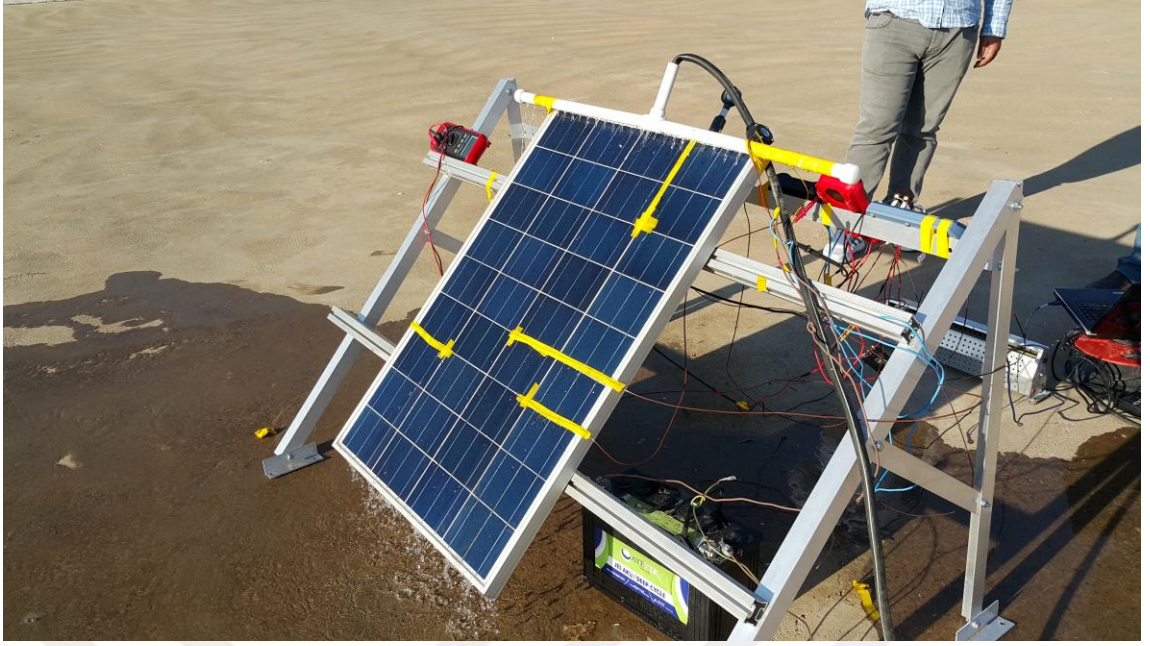
Şekil E2.4 Siteme Data Logger motajının yapılması



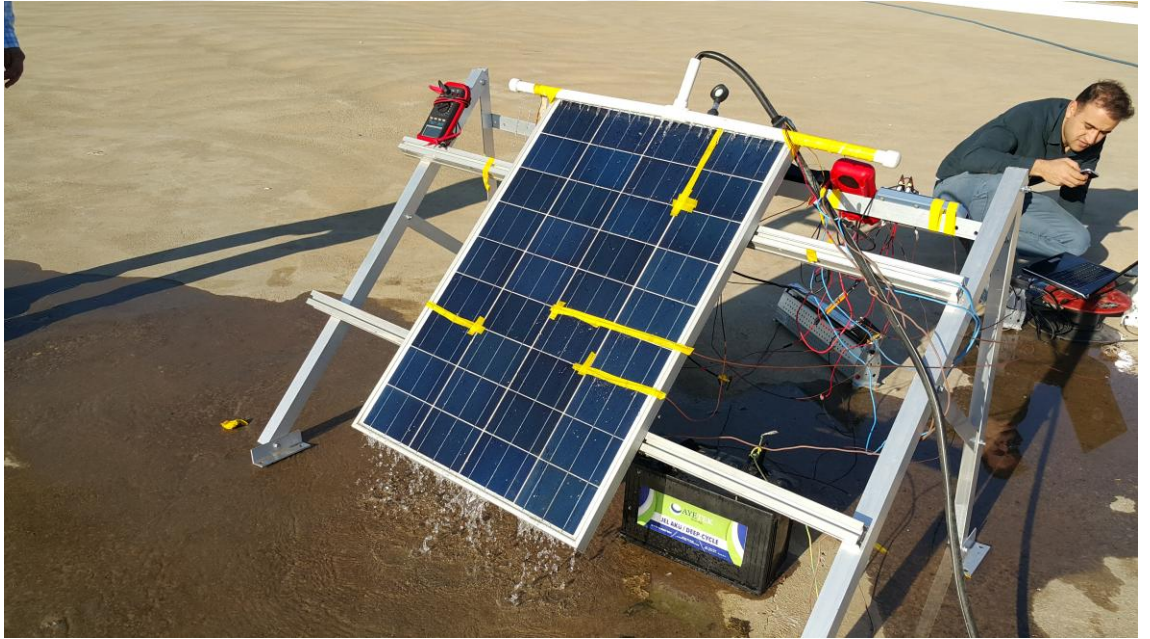
Şekil E2.5 Data Logger ve Multimetrelerden ölçümlerin eş zamanlı alınması



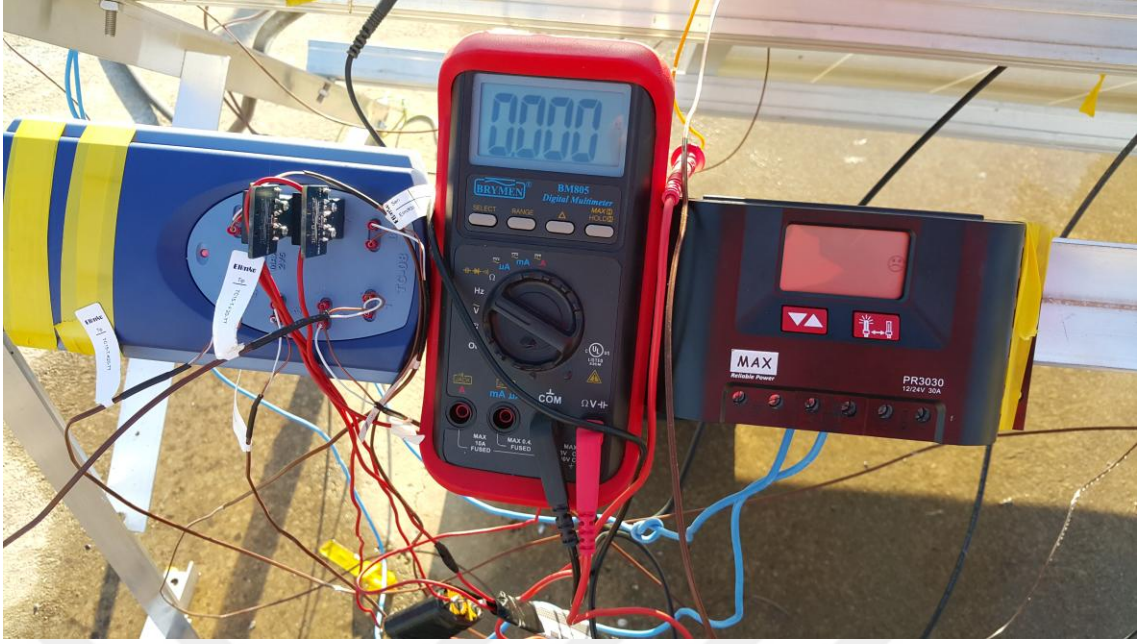
Şekil E2.6 Ölçülen gerçek zamanlı verilerin bilgisayara aktarılması



Şekil E2.7 Panelin Soğutularak değerlerin ölçülmesi



Şekil E2.8 Panelin soğutulma işlemi



Şekil E2.9 Data Logger kayıt işlemi

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Uğur ALTINIŞIK
Doğum Yeri ve Tarihi :Batman-06/05/1989
Telefon :0531 568 1290
E-posta :altinisikugur@gmail.com

EĞİTİM

| Derece | Adı, | İlçe, | İl | Bitirme Yılı |
|---------------|----------------------|--------|---------|--------------|
| Lise | : Batman Lisesi | Merkez | Batman | 2006 |
| Üniversite | : İnönü Üniversitesi | Merkez | Malatya | 2011 |
| Yüksek Lisans | : Siirt Üniversitesi | Merkez | Siirt | 2015- |
| Doktora | : | | | |

İŞ DENEYİMLERİ

| Yıl | Kurum | Görevi |
|------------|--------------------|-------------------------------|
| 2011-devam | Sertka Mühendislik | Elektrik-Elektronik Mühendisi |

UZMANLIK ALANI

Enerji Dağıtım, Enerji Üretim

YABANCI DİLLER

İngilizce : İyi derecede (YDS=60)