

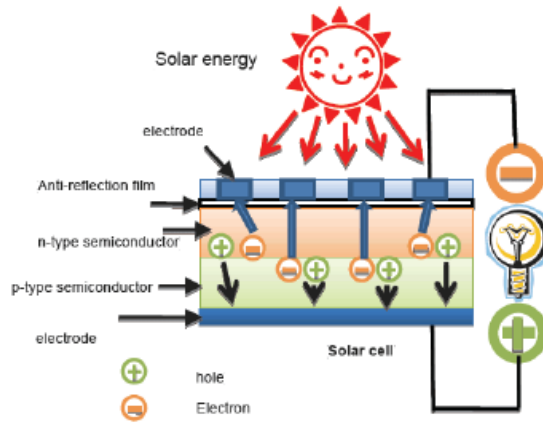
2017-2018

ENERJİ LABORATUVARI

DENEY FÖYLERİ

GÜNEŞ FOTOVOLTAİK ENERJİNİN DÖNÜŞÜMÜ

Güneş pillerinin üretim ilkesi ışık enerjisini elektrik enerjisine çevirmektir. Şekil 3-1'de gösterildiği gibi ışık güneş pilinin üzerine düştüğünde foton enerjisi daha sonra elektron-deşik çiftini üreterek yarıiletken elektronunu harekete geçirir. Tümüleşik elektriksel alan tarafından kontrol edilen bu elektron-deşik çifti, güneş pillerinin PN yapısı (PN eklemi) nedeniyle birbirlerinden ayrılır. Elektronlar güneş pilinin ön elektrotuna (negatif elektrot) deşikler ise güneş pillerinin arka elektrotuna (pozitif elektrot) hareket eder. Bir döngü oluşturmak ve daha sonra akımı harici yüke iletmek amacıyla güneş pillerinin pozitif elektrotu ve negatif elektrotu yük ile seri olarak bağlanacak şekilde tel ile bağlanır.

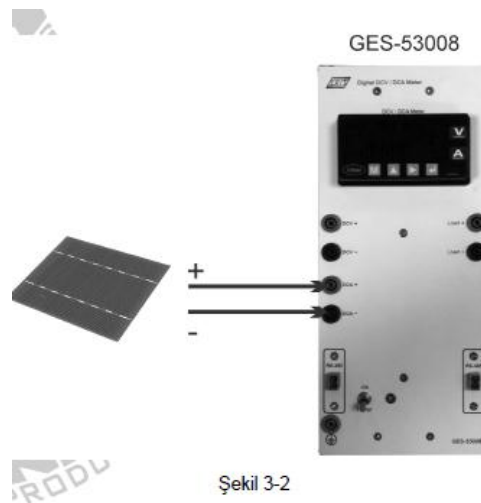


Şekil 3-1 Güneş Pillerinin Temel Yapısı

GEREKLİ EKİPMAN

1. GES-58005
2. GES-53008

BAĞLANTI DİYAGRAMI



Şekil 3-2

PROSEDÜR

1. GES-58005 ve GES-53008 güneş enerji modüllerinin AC girişlerini besleme şebekesine bağlayınız.
2. Şekil 3-2'de gösterildiği gibi güneş pillerinin pozitif terminalini GES-53008 modülünün DCA "+" portuna ve güneş pillerinin negatif terminalini GES-53008 modülünün DCA "-" portuna bağlayınız.
3. Halojen ampulün açısını 180° olarak ayarlayınız, gücü açınız ve ışık kısıcı düğmeyi (halojen ampul anahtarı) maksimum konuma getiriniz ve güneş panelinin açısını 0° olarak ayarlayınız.
4. GES-53008 modülünü çalıştırınız.
5. Halojen ışık yoğunluğunu değiştirmek için ışık kısıcı düğmeyi ayarlayınız ve akım değerindeki değişiklikleri gözlemleyiniz.
6. Bu deney bittikten sonra ışık kısıcı düğmeyi (halojen ampul anahtarı) tamamen kapanıncaya kadar en düşük seviyeye getiriniz ve daha sonra gücü kesiniz.

SONUÇ

Güneş pilleri, ışık enerjisini elektrik enerjisine çevirir, daha güçlü ışık yoğunluğu daha fazla elektrik enerjisi elde etmenizi sağlayacaktır.

GÜNEŞ PİLİ KARAKTERİSTİK EĞRİSİ TESTİ

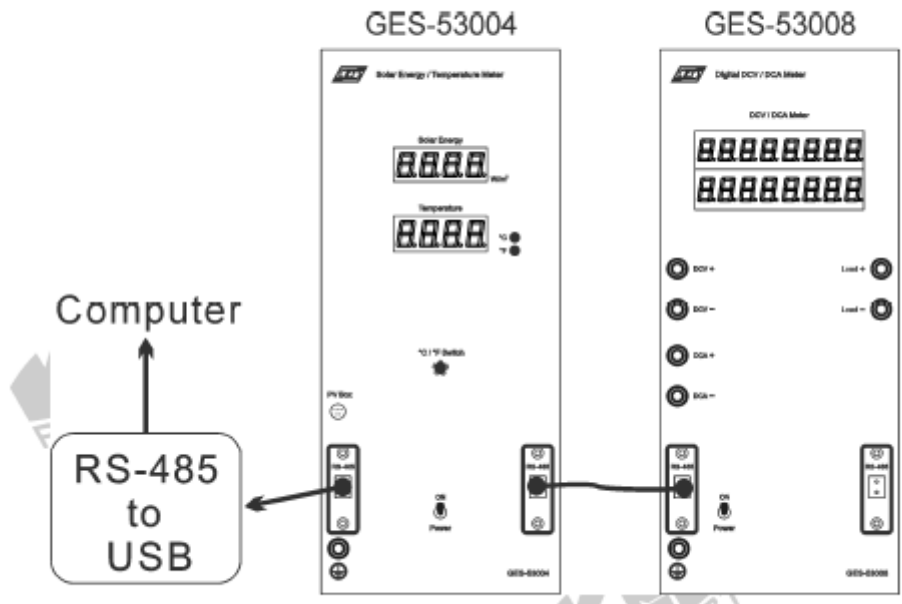
Güneş pillerinin çıkış karakteristikleri bir I-V eğrisi biçiminde ifade edilir. Güneş pili I-V eğrisi yük direnci değiştirilerek ve bununla birlikte akım ve gerilim ölçülerek oluşturulur. I-V eğrisinin ve yük direncinin kesiştiği nokta güneş pilinin çalışma noktasıdır. Bu notadaki akım ve gerilim sırasıyla I_p ve V_p 'dir. Kare alandaki en büyük çalışma noktası güneş pilinin maksimum çıkışıdır.

GEREKLİ EKİPMAN		
1.	GES-58005	1PC
2.	GES-53004	1PC
3.	GES-53008	1PC
4.	GES-53011	1PC
5.	USB - RS-485	1PC
6.	GES-53021 (Opsiyonel)	1PC

BAĞLANTI DİYAGRAMI

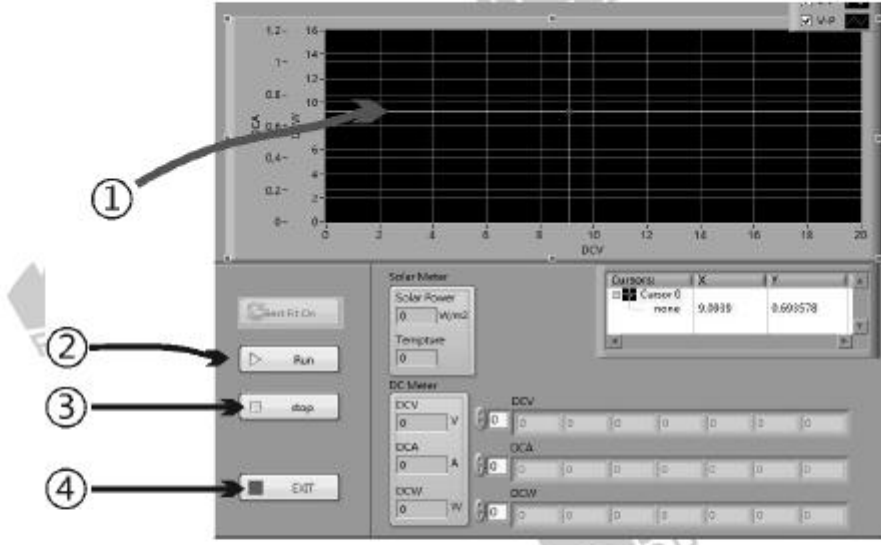


Şekil 4-1



Şekil 4-2

YAZILIM TANITIMI



Şekil 4-3

- ① Diyagram ekranı
Fare üzerinde sağ butona tıklayınız ve daha sonra verileri excel'e aktarmak için "Export/Export Data To Excel" öğesini seçiniz.
- ② Run: testi başlatır.
- ③ Stop: testi durdurur.
- ④ Exit: ana ekrana geri döndürür.

PROSEDÜR

1. GES-58005, GES-53004 ve GES-53008 güneş enerji modüllerinin AC girişlerini besleme şebekesine bağlayınız.
2. GES-53011' in değişken direncini en sağa doğru çeviriniz.
3. Şekil 4-1'de gösterilen elektriksel bağlantıları tamamlayınız.
4. Şekil 4-2de gösterildiği gibi GES-53004'ü ve GES-53008'in RS-485 (iletişim arabirimi) portunu bilgisayara bağlayınız.
5. GES-53004 ve GES-53008 üzerinde "Power" düğmesine basınız. GES-500 yazılımını açınız ve "P\A Experiment 4 with R-Load" menüsünü seçiniz.
6. Halojen ampulün açısını 180° olarak ayarlayınız, gücü açınız ve ışık kesici düğmeyi (halojen ampul anahtarı) maksimum konuma getiriniz ve güneş panelinin açısını 0° olarak ayarlayınız.

7. "Run" butonuna tıklayınız.

8. Değişken direnci (GES-53011) sağ uçtan sol uca doğru yavaşça çeviriniz.

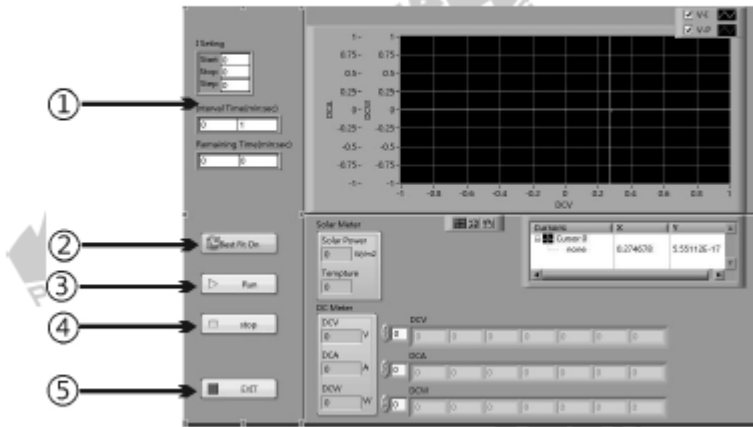
9. Test bittikten sonra işlemi durdurmak için "Stop" butonuna basınız.

10. GES-53011'in değişken direncini en sağa doğru çeviriniz ve ışık kesici düğmeyi (halojen ampul anahtarı) tamamen kapanıncaya kadar en düşük seviyeye getiriniz ve daha sonra besleme şebekesini kesiniz.

SONUÇ

Bir güneş pili ışığa maruz kaldığında elektron-deşik çiftleri ışığın yoğunluğuna orantılı olarak üretilir. Negatif yüklü elektronlar n-türü yarıiletkenine doğru ilerlerken pozitif yüklü deşikler p-türü yarıiletkenine doğru ilerler. Elektronlar ve deşikler bir gerilim oluşturacak şekilde her iki elektrotta toplanırlar. Bu iki elektrot arasında bir yük bağlandığında yüke doğru bir akım akışı başlar böylece üretilen güç yüke transfer edilir. Güneş pillerinin çıkış karakteristikleri bir I-V eğrisi biçiminde ifade edilir. Güneş pili I-V eğrisi yük direnci değiştirilerek ve bununla birlikte akım ve gerilim ölçülerek oluşturulur. I-V eğrisinin ve yük direncinin kesiştiği nokta güneş pilinin çalışma noktasıdır. Bu notadaki akım ve gerilim sırasıyla I_p ve V_p 'dir. Kare alandaki en büyük çalışma noktası güneş pilinin maksimum çıkışıdır.

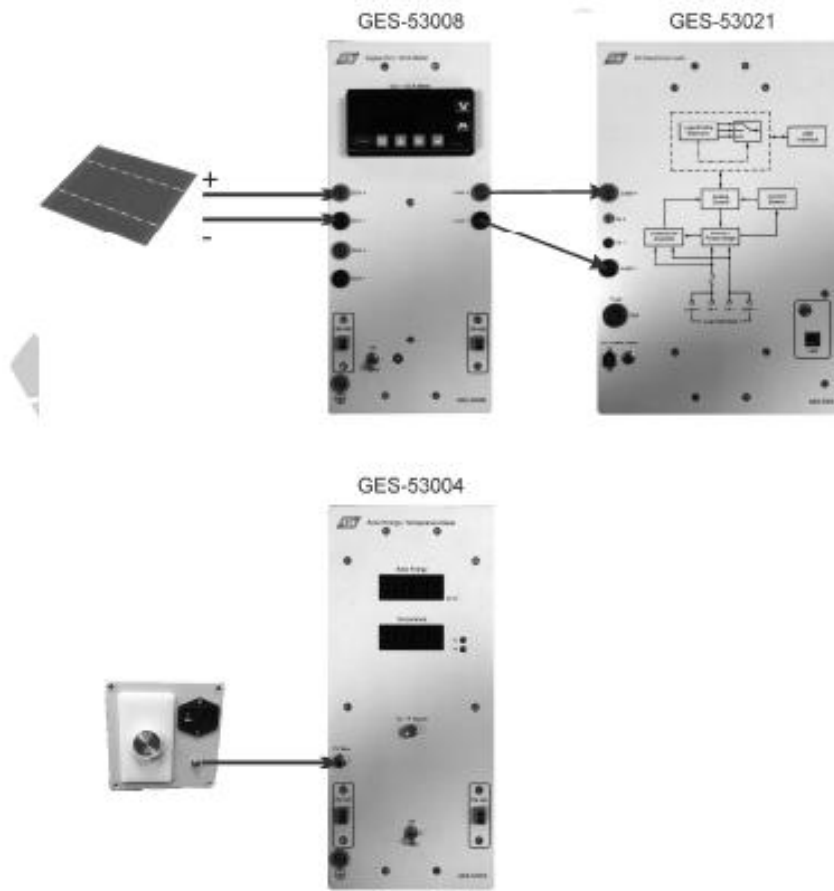
ÖLÇÜM AMAÇLI GES-53021 VE GES-500 KULLANIMI



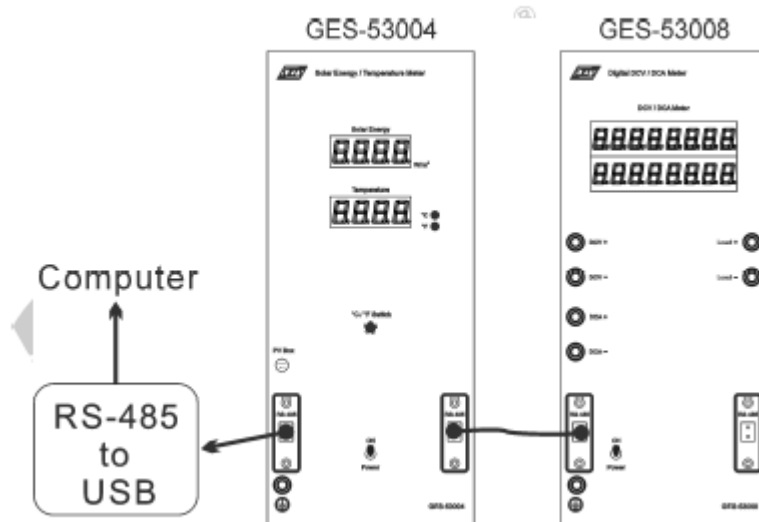
Şekil 4-4

- ① Güneş enerjisi bölümünün AC girişini besleme şebekesine bağlayınız.
- ② Best Fit On: testi tamamladıktan ve stop butonuna bastıktan sonra en iyi eğim çizgisini almak için "Best Fit On" butonuna tıklayınız.
- ③ Run: testi başlatır.
- ④ Stop: testi durdurur.
- ⑤ Exit: ana ekrana geri döndürür.

1. GES-53021 (DC elektronik yük) opsiyonel modüldür.
2. GES-58005, GES-53004 ve GES-53008 güneş enerji modüllerinin AC girişlerini besleme şebekesine bağlayınız.
3. GES-53021 modülünün "DC Power Input" girişine bağlı olacak DC 12V adaptör güç çıkışını alınız.
4. Şekil 4-5'de gösterildiği gibi elektriksel bağlantıları gerçekleştiriniz.



Şekil 4-5



Şekil 4-6

5. GES-53021 USB portunu bilgisayara bağlayınız.
6. Şekil 4-6'da gösterildiği gibi GES-53004' ve GES-53008'in RS-485 (iletişim arabirimi) portunu bilgisayara bağlayınız.
7. GES-500 yazıtımını açınız ve "PV-Experiment 4 with R-Load" menusunu seçiniz.
8. Halojen ampulün açısını 180° olarak ayarlayınız, gücü açınız ve ışık kesici düğmeyi (halojen ampul anahtarı) maksimum konuma getiriniz ve güneş panelinin açısını 0° olarak ayarlayınız
9. Yükleme ayarlarına bu değerlen giriniz.

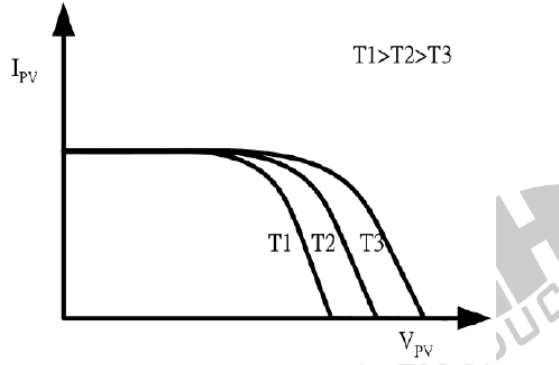
Tablo 4-1

Start	0.02
Stop	1.5
Step	0.4
Interval Time	10

10. "Run" butonuna basınız.
11. Test bittikten sonra işlemi durdurmak için "Stop" butonuna basınız. Testi sonlandırmak için "Exit" butonuna basınız.
12. IŞık kesici düğmeyi (halojen ampul anahtarı) tamamen kapanıncaya kadar en düşük seviyeye getiriniz ve daha sonra besleme Şebekesinin gücünü kesiniz.

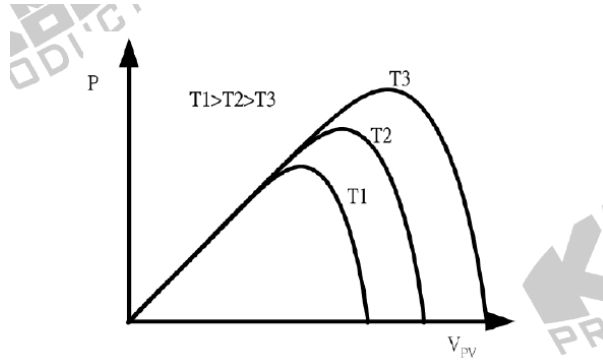
GÜNEŞ PİLİ ÜZERİNDE SICAKLIK ETKİSİ

Şekil 5-1'de gösterildiği gibi daha yüksek sıcaklık güneş pilinin çıkışında oluşacak daha güçlü gerilim V_{pv} demektir. Diyotlar üzerinden geçen akım T_r referans sıcaklığından daha fazla olacaktır . Öyle ki güneş pilinin çıkış akımı azalacaktır.



Şekil 5-1 Farklı sıcaklıklar altında $I_{pv}.V_{pv}$

Şekil 5-2'de gösterildiği gibi aynı güneş pili çıkış gerilimi V_{pv} altında eğer sıcaklık artarsa çıkış gücü P azalacaktır.



Şekil 5-2 Farklı sıcaklıklar altında $P-V_{pv}$

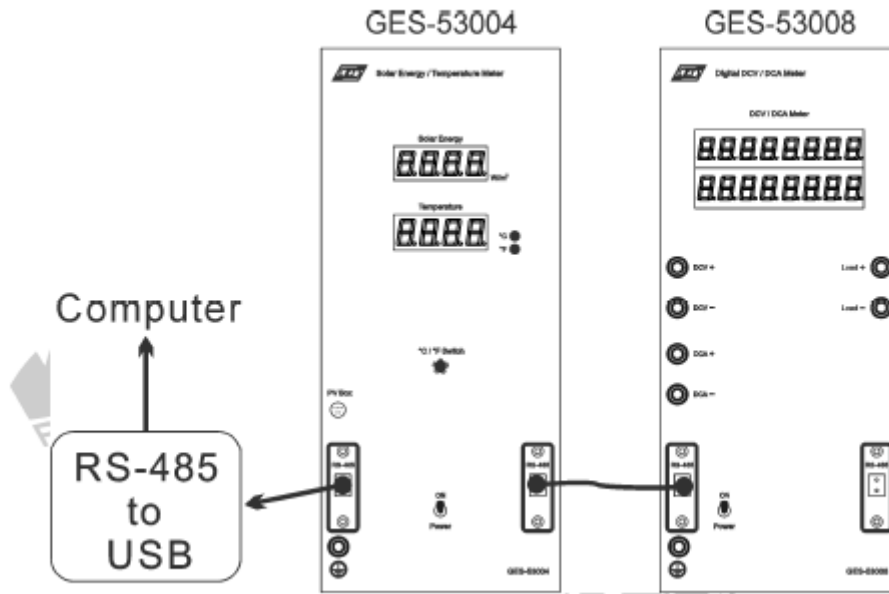
Güneş ışınımı ısı iletimi ve PN eklemi güç kaybı çalışan güneş pili sıcaklığının ortamdan daha yüksek olacak şekilde artmasına neden olacaktır. Bu nedenle sıcaklığın güneş pilinin elektriksel karakteristikleri üzerine etkilerinin dikkate alınması gerekir.

GEREKLİ EKİPMAN

1. GES-58005	1PC
2. GES-53004	1PC
3. GES-53008	1PC
4. GES-53011	1PC
5. USB-RS-485	1PC

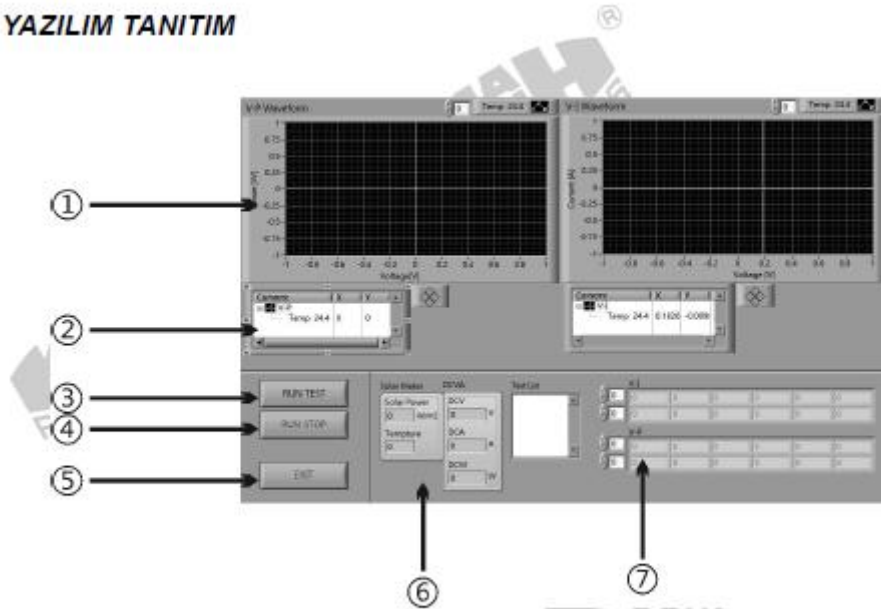
6. GES-53021 (Opsiyonel) 1PC BAĞLANTI DİYAGRAMI

GES 53008
GES-53004



Şekil 5-4

YAZILIM TANITIM



Şekil 5-5

- ① Diyagram ekranı
Fare üzerinde sağ butona tıklayınız ve daha sonra verileri excel'e aktarmak için "Export/Export Data To Excel" öğesini seçiniz.
- ② İmleçler: İmleçler veri ekranı.
- ③ RUN TEST: Testi başlatır.
- ④ RUN STOP: Testi durdurur.
- ⑤ EXIT: Ana ekrana geri döndürür.
- ⑥ Veri Ekranı: "Test List" üzerinde sağ butona tıklayınız ve daha sonra çizelgeler veya sayılar ekranını seçebilirsiniz.
- ⑦ Test Listesi: "RUN TEST" butonuna Test Listesi hemen toplanacaktır. Sayaç ikiden daha fazla olduğunda çoklu seçim yapmak için "Ctrl" tuşuna basabilirsiniz. Fare üzerinde sağ butona basarak çizelgeler veya sayılar ekranını seçebilirsiniz.

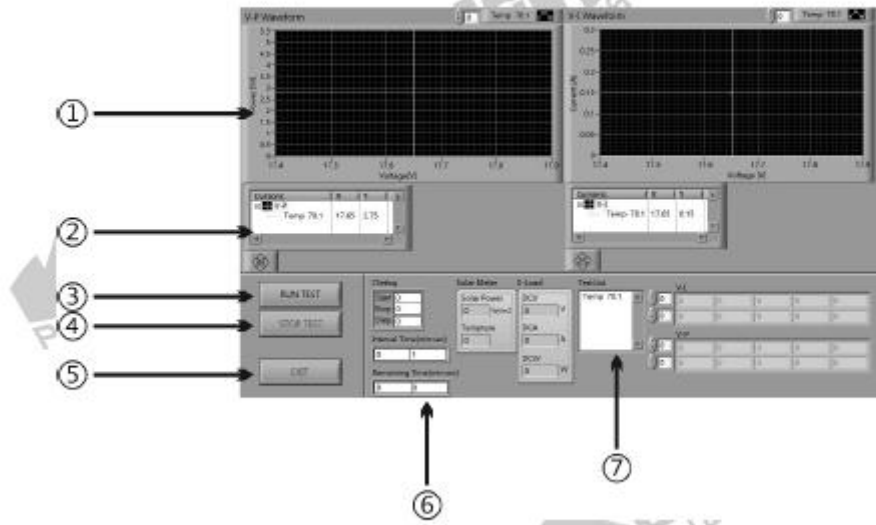
PROSEDÜR

1. GES-58005, GES-53004 ve GES-53003 güneş enerji modüllerinin AC girişlerini besleme şebekesine bağlayınız.
2. GES-53011'in değişken direncini en sağa doğru çeviriniz.
3. Şekil 5-3'de gösterilen elektriksel bağlantıları tamamlayınız.
4. Şekil 5-4'de gösterildiği gibi GES-53004'ü ve GES-53008'in RS-485 (iletişim arabirimi) portunu bilgisayara bağlayınız.
5. GES-53004 ve GES-53008 üzerinde "Power" düğmesine basınız. GES-500 yazılımı açınız ve "PV-Experiment 5 with R-Load" menüsünü seçiniz.
6. Halojen ampulün açısını 180° olarak ayarlayınız, gücü açınız ve ışık kesici düğmeyi (halojen ampul anahtarı) maksimum konuma getiriniz ve güneş panelinin açısını 0° olarak ayarlayınız.
7. "Run Test" butonuna tıklayınız.
8. Değişken direnci (GES-53011) sağ uçtan sol uca doğru yavaşça çeviriniz.
9. Test bittikten sonra işlemi durdurmak için "Run Stop" butonuna basınız.
10. Güneş panelinin sıcaklığı 80°C'ye çıkana kadar bekleyiniz, 7-10 arası adımları tekrar uygulayınız.
11. Bu deney tamamlandıktan sonra GES-53011'in değişken direncini en sağa doğru çeviriniz ve ışık kesici düğmeyi (halojen ampul anahtarı) tamamen kapanıncaya kadar en düşük seviyeye getiriniz ve daha sonra besleme şebekesini kesin.

SONUÇ

Yukarıda bahsedilenlere göre artık biz aydınlatma veya sıcaklık değişiminin güneş pilinin çıkışı üzerinde çok önemli faktörler olduğunu biliyoruz. Bu nedenle güneş pilinin harici faktörlerin değişimine nasıl uyum sağlayacağı ve optimum çıkış gücünün her zaman korunması optimum gücü izlemenin amacı olmuştur.

ÖLÇÜM AMAÇLI GES-53021 VE GES-500 KULLANIMI

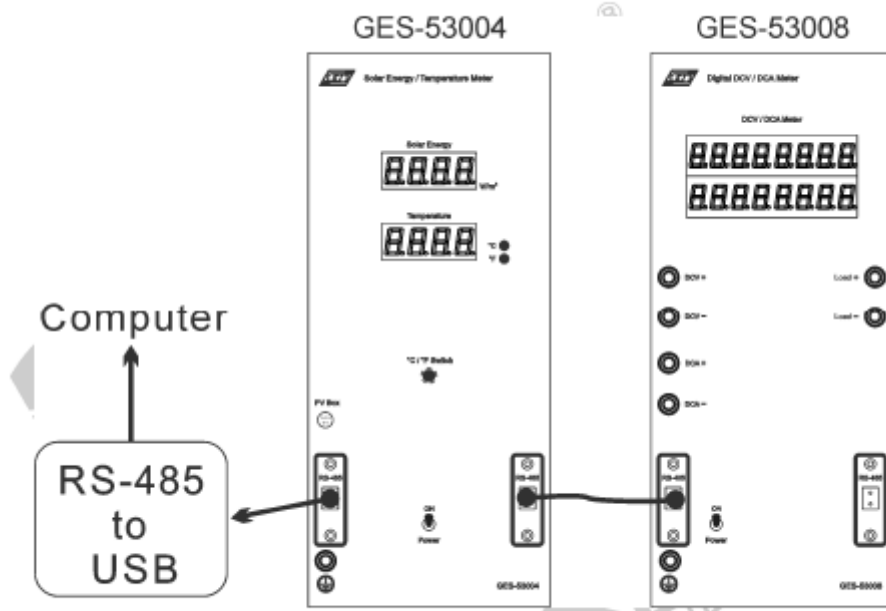


Şekil 5-6

- ① Fare üzerinde sağ butona tıklayınız ve daha sonra verileri excel'e aktarmak için "Export/Export Data To Excel" öğesini seçiniz.
- ② İmleçler: İmleçler veri ekranı.
- ③ RUN TEST: Testi başlatır.
- ④ STOP TEST: Testi durdurur.
- ⑤ EXIT: Ana ekrana geri döndürür.
- ⑥ Sabit akım (C.C) yükleme ayarları.
- ⑦ Test Listesi: "RUN TEST" butonuna Test Listesi hemen toplanacaktır. Sayaç ikiden daha fazla olduğunda çoklu seçim yapmak için "Ctrl" tuşuna basabilirsiniz. Fare üzerinde sağ butona basarak çizelgeler veya sayılar ekranını seçebilirsiniz.

1. GES-53021 (DC elektronik yük) opsiyonel modüldür.
2. GES-58005, GES-53004 ve GES-53008 güneş enerji modüllerinin AC girişlerini besleme şebekesine bağlayınız.

- GES-53021 modülünün "DC Power Input" girişine bağlı olacak DC 12V adaptör güç çıkışı alınız.
- Şekil 5-7'de gösterildiği gibi elektriksel bağlantıları gerçekleştiriniz.



Şekil 5-8

- GES-53021 USB portunu bilgisayara bağlayınız.
- Şekil 5-8'da gösterildiği gibi GES-53004'ü ve GES-53008'in RS-48S (iletişim arabirimi) portunu bilgisayara bağlayınız.
- GES-500 yazılımını açınız ve "PV-Experiment 5 with E-Load" menüsünü seçiniz.
- Yükleme ayarlarına bu değerleri giriniz:

Tablo 5-1

Start	0.02
Stop	1.5
Step	0.4
Interval Time	10

- Halojen ampulün açısını 180° olarak ayarlayınız, gücü açınız ve ışık kesici düğmeyi (halojen ampul anahtarı) maksimum konuma getiriniz ve güneş panelinin açısını 0° olarak ayarlayınız.
- "Run Test" butonuna basınız.

11. GES-53004 güneş panelinin sıcaklığını 80 °C'ye çıkana kadar izleyiniz ve daha sonra 10'ncu adımı tekrarlayınız.
12. Test bittikten sonra işlemi durdurmak için "Stop" butonuna basınız. Testi sonlandırmak için "Exit" butonuna basınız.
13. Işık kesici düğmeyi (halojen ampul anahtarı) tamamen kapanıncaya kadar düşük seviyeye getiriniz ve daha sonra besleme şebekesinin gücünü kesiniz.

FARKLI IŞIK AÇILARI EĞRİLERİNDEN ETKİLENEN GÜNEŞ PİLLERİ

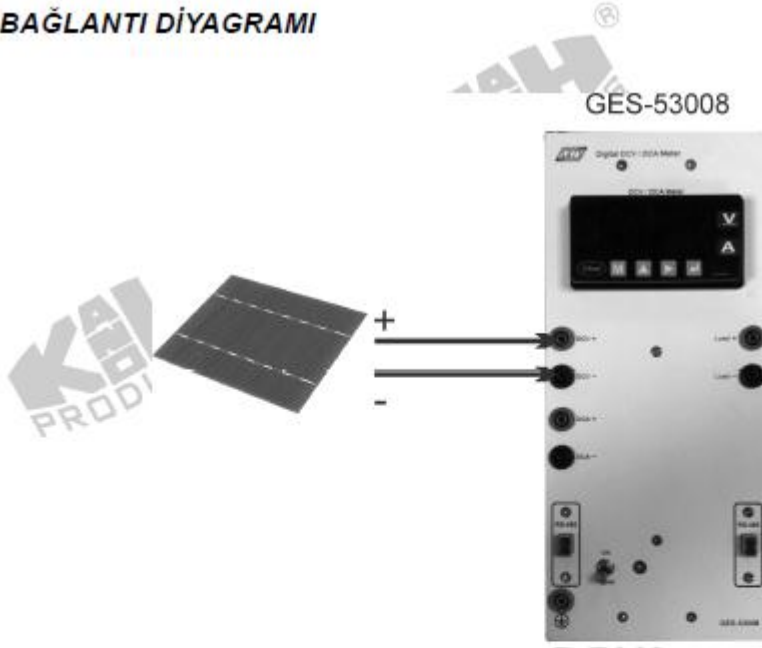
Güneş pilleri güneşe doğru bakarken maksimum enerjiyi alırlar fakat güneşin yüksekliği zamanla değişecektir. Güneş pilleri güneeye doğru baksa da anlık ağı zamanla değişecektir; maksimum değer yaz gün dönümünde ve minimum değer kış gün dönümünde gerçekleşir. Eğer her zaman gelen ışıktan maksimum değeri elde ettiğimizden emin olmak istiyorsanız o zaman otomatik güneş izleme sistemi kullanmanız gerekmektedir, ancak bu aygıt karmaşıklığı ve alt yapı maliyetini arttıracaktır, bu nedenle birçok yöntem güneş pil modülünü güneşe doğru yerel bir enlemde belirli bir eğime sahip çerçeveye sabitler.

Bu deneyde güneş kaynağını simüle etmek amacıyla 1000W'lık bir aydınlatma lambası kullanılacak, güneş panellerinin geliş açısı ayarlanacak ve güç çıkışı ile birlikte açılı değişiklikleri kaydedilecektir; dolayısı ile güneş panelleri ayarı ile gün ışığı ıŐıması arasındaki ilişki anlatılacaktır. Ayrıca güneş panelleri optimal yerleŐimine ait gerçek bir doğrulama sonucu alacağız.

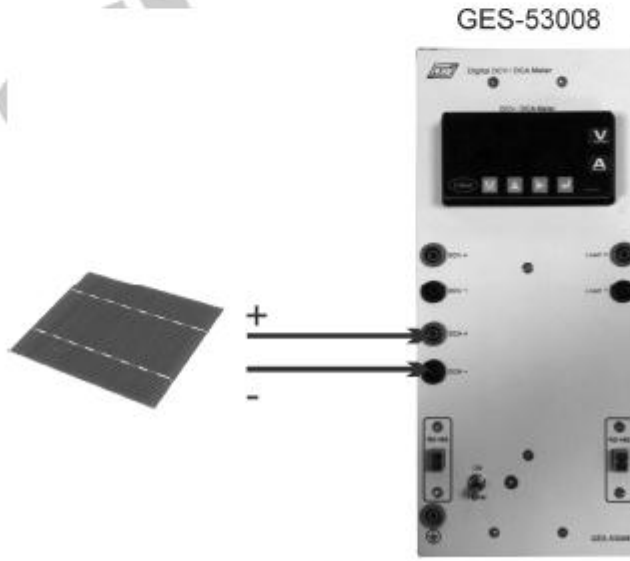
GEREKLİ EKİPMAN

1. GES-58005 1 PC
2. GES-53008 1 PC

BAĞLANTI DİYAGRAMI



Şekil 6-1



Şekil 6-2

PROSEDÜR

1. GES-58005 ve GES-53008 güneş enerji modüllerinin AC girişlerini besleme şebekesine bağlayınız.
2. Şekil 6-1'de gösterildiği gibi güneş pillerinin pozitif terminalini GES-53008 modülünün DCV "+" portuna ve güneş pillerinin negatif terminalini terminalini GES-53008 modülünün DCV "-" portuna bağlayınız.

3. Halojen ampulün açısını 180° olarak ayarlayınız, gücü açınız ve ışık kesici düğmeyi (halojen ampul anahtarı) maksimum konuma getiriniz ve güneş panelinin açısını 0° olarak ayarlayınız.
4. Öncelikle açıyı ayarlamak için Tablo 6-1'e göre güneş panellerinin açık devre gerilimini ölçünüz. 0° 'den 90° 'ye kadar her 15 derecede bir gözlem gerçekleştiriniz ve Tablo 6-1 'e kaydediniz.
5. Bu deney bittikten sonra ışık kesici düğmeyi (halojen ampul anahtarı) tamamen kapanıncaya kadar en düşük seviyeye getiriniz ve daha sonra gücü kesiniz.
6. Şekil 6-2'de gösterildiği gibi güneş pillerinin pozitif terminalini GES-53008 modülünün DCA "+" portuna ve güneş pillerinin negatif terminalini GES-53008 modülünün DCA "-" portuna bağlayınız.
7. Halojen ampulün açısını 180° olarak ayarlayınız, gücü açınız ve ışık kesici düğmeyi (halojen ampul anahtarı) maksimum konuma getiriniz ve güneş panelinin açısını 0° olarak ayarlayınız.
8. Açıyı ayarlamak için Tablo 6-1'e göre güneş panellerinin kısa devre akımını ölçünüz. 0° 'den 90° 'ye kadar her 15 derecede bir gözlem gerçekleştiriniz ve Tablo 6-1 e kaydediniz.
9. Bu deney bittikten sonra ışık kesici düğmeyi (halojen ampul anahtarı) tamamen kapanıncaya kadar en düşük seviyeye getiriniz ve daha sonra gücü kesiniz.
10. GES-500 yazılımını çalıştırdığınız, "PV-Experiment 6" menüsünü seçiniz.
11. Tablo 6.1 verisini sırasıyla yazılım tablosuna ginniz. Daha sonra tablo içeriğine göre bir grafik çizdirmek için "run" butonuna basınız. Grafik alan üzerinde bir excel veya bir grafik dosyası almak için sağ butona tıklayabilirsiniz.

Tablo 6-1

Işığın Geliş Açısı	Açık Devre Gerilimi (V_{oc})	Kısa Devre Akımı (I_{sc})
0°		
15°		
30°		
45°		
60°		
75°		
90°		

SONUÇ

Bu deneyin sonuçları güneş paneli ile gün ışığı arasındaki 0° 'lik geliş açısının maksimum bir güç üretebildiğini göstermektedir. Gerçek yaşam uygulamalarında güneşin yükseklik açısı ve güneş panellerinin meyil açısı ayarları, yerel enlem ve

boylam göz önünde bulundurulmalıdır. Eğer güneşin geliş açısı 0° 'de tutulabilirse o zaman bu açı kesinlikle güneş panelinin maksimum gücü üretmesini sağlar.

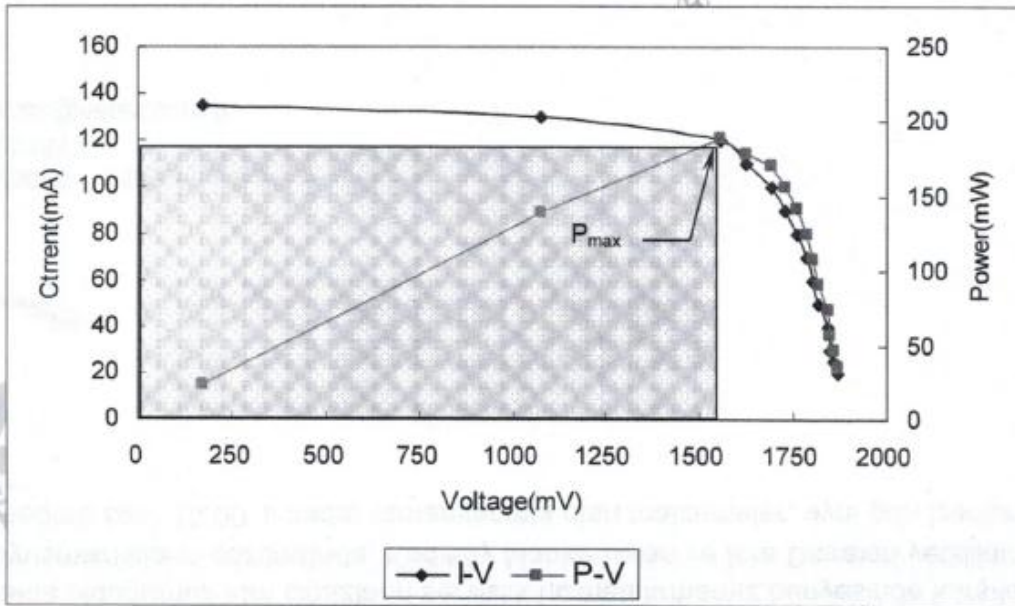
GÜNEŞ PİLİNİN VERİMLİLİĞİ VE MAKSİMUM GÜCÜ

Bir güneş pilinin dönüşüm verimliliği çıkış elektrik gücünün giriş ışınım gücüne oranı olarak tanımlanır. I-V eğrisindeki noktası genellikle maksimum güç noktası (MPP) olarak isimlendirilir ve bu ifade güneş pilinin maksimum güç çıkışı anlamına gelir. Şekil 7-1'deki P_{max} noktası güneş pilinin kendi maksimum gücünü ürettiği gerilim ve akım noktasıdır. MPP'den faydalanarak I-V eğrisi altındaki büyük bir alana sahip dikdörtgen elde edilebilir.

Bir güneş pilinin dönüşüm verimliliği bu güneş pili elektriksel bir devreye bağlı iken emilen ışıktan elektriksel enerjiye dönüştürülen gücün yüzdesi olarak tanımlanır ve aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$\eta\% = \frac{P_{max}}{E \times A} \times 100\%$$

Burada P_{max} , ifadesi Watt cinsinden maksimum güç çıkışını E ifadesi W/m^2 cinsinden ışık yayılımını ve A ifadesi m^2 cinsinden ışığa-duyarlı alanı ifade eder. Aslında bir güneş pilinin verimlilik ölçümü standart test koşulları altında gerçekleştirilmelidir. Işık yayılımı ve pil sıcaklığı gibi bu test koşulları Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) tarafından belirlenir. Bu deneyde güneş pilinin dönüşüm verimliliğinin tespiti için gerekli ölçümler ve hesaplamalar üzerine odaklanılmıştır. Yukarıda bahsedilen standart test koşulları yok sayılmıştır.



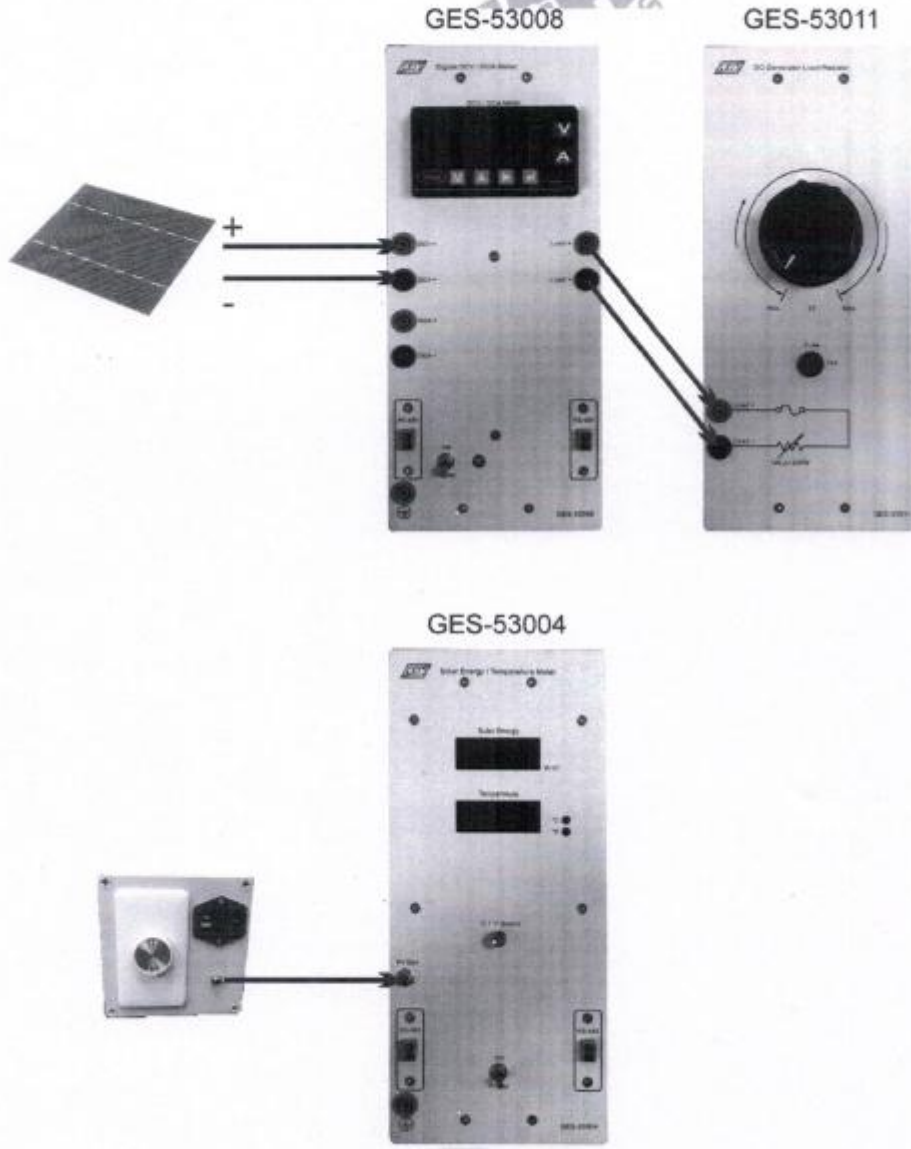
Şekil 7-1 Maksimum güç çıkışı

GEREKLİ EKİPMAN

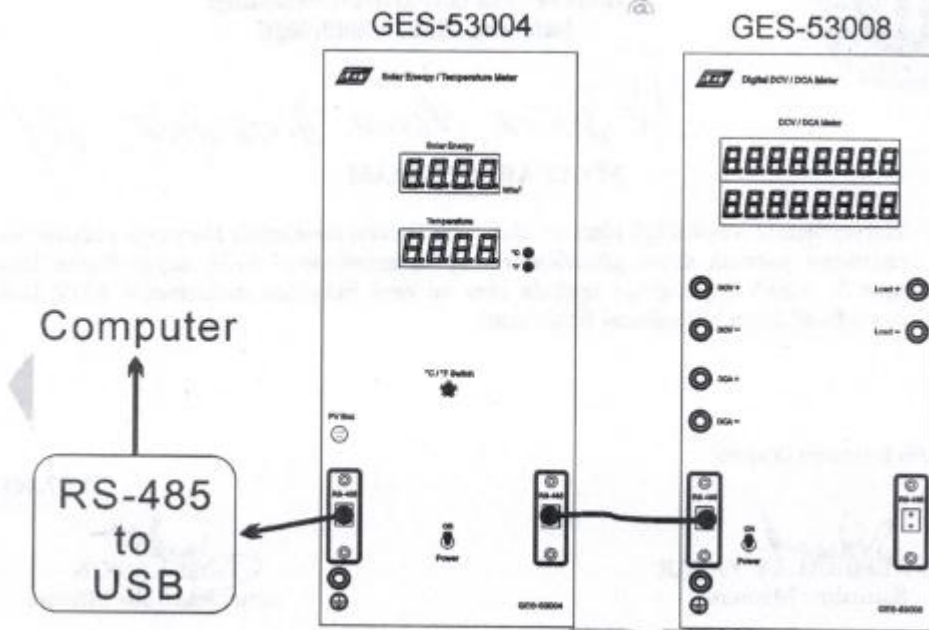
1. GES-58005 1PC

2. GES-53004 1PC
3. GES-53008 1PC
4. GES-53011 1PC
5. USB-RS-485 1PC
6. GES-53021 (Opsiyonel) 1PC

BAĞLANTI DİYAGRAMI

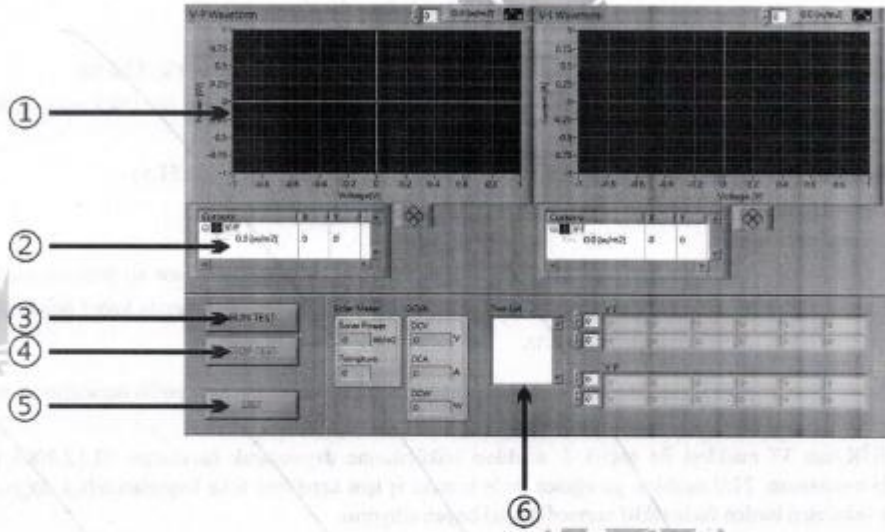


Şekil 7-2



Şekil 7-3

YAZILIM TANITIMI



Şekil 7-4

- ① Diyagram ekranı
Fare üzerinde sağ butona tıklayınız ve daha sonra verileri excel'e aktarmak için "Export/Export Data To Excel" öğesini seçiniz.
- ② İmleçler: İmleçler veri ekranı.
- ③ RUN TEST: Testi başlatır.
- ④ STOP TEST: Testi durdurur.
- ⑤ EXIT: Ana ekrana geri döndürür.
- ⑥ Test Listesi: "RUN TEST" butonuna Test Listesi hemen toplanacaktır. Sayaç ikiden daha fazla olduğunda çoklu seçim yapmak için "Ctrl" tuşuna basabilirsiniz. Fare üzerinde sağ butona basarak çizelgeler veya sayılar ekranını seçebilirsiniz.

PROSEDÜR

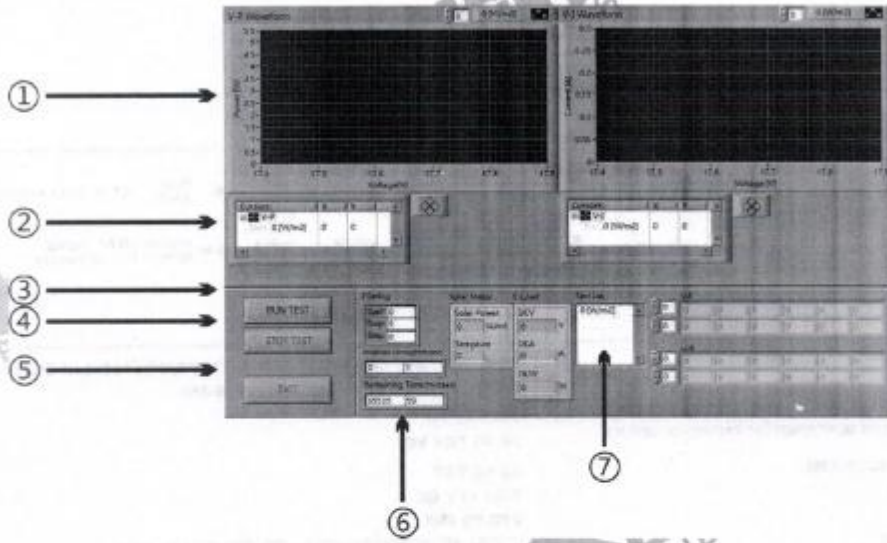
1. GES-58005, GES-53004 ve GES-53008 güneş enerji modüllerinin AC girişlerini besleme şebekesine bağlayınız.
2. GES-53011'in değişken direncini en sağa doğru çeviriniz.
3. Şekil 7-2'de gösterilen elektriksel bağlantıları tamamlayınız.
4. Şekil 7-3'de gösterildiği gibi GES-53004'ü ve GES-53008'in RS-485 (iletişim arabirimi) portunu bilgisayara bağlayınız.

5. GES-53004 ve GES-53008 üzerinde "Power" düğmesine basınız. GES-500 yazılımını açınız ve "PV-Experiment 7 with R-Load" menüsünü seçiniz.
 6. Halojen ampulün açısını 180° olarak ayarlayınız, gücü açınız ve ışık kesici düğmeyi (halojen ampul anahtarı) maksimum konuma getiriniz ve güneş panelinin açısını 0° olarak ayarlayınız.
 7. "Run Test" butonuna tıklayınız.
 8. Değişken direnci (GES-53011) sağ uçtan sol uca doğru yavaşça çeviriniz.
 9. Test bittikten sonra işlemi durdurmak için "Stop Test" butonuna basınız
 10. Bu deney tamamlandıktan sonra GES-53011'in değişken direncini en sağa doğru çeviriniz.
 11. Işık kesici düğmeyi ortaya kadar (saatin tersi yönünde) ayarlayınız ve daha sonra 7-10 arası adımları tekrarlayınız.
 12. Işık kesici düğmeyi (saatin tersi yönünde) minimum noktaya kadar çeviriniz fakat tamamen kapatmayınız, daha sonra 7-10 arası adımları tekrarlayınız.
 13. Bu deney tamamlandıktan sonra GES-53011'in değişken direncini en sağa doğru çeviriniz ve ışık kesici düğmeyi (halojen ampul anahtarı) tamamen kapanıncaya kadar en düşük seviyeye getiriniz ve daha sonra besleme şebekesini kesiniz.
- Yukarıdaki teste göre artık güneş pili çıkış gücünün aydınlatma yoğunluğu, sıcaklık, hasarlı bileşen ve fotovoltaik materyal vs. gibi faktörlerden etkileneceğini biliyoruz. Güneş pilinin maksimum etkisini elde etmek için güneş enerji sisteminin güç seviyesini kontrol etmek ve farklı durumlar altında güneş pilinden maksimum gücü elde edebilmek gerekir. Kuşkusuz bu test bir durumu simüle etmektedir ve herhangi bir güç izlemesi yapmayacaktır. En önemlisi güneş pili çıkış gücünün farklı durumlar altında farklılık arz edeceğini anlıyor olmamız gerekir.
14. Veriyi kaydedin ve programı kapatın.

SONUÇ

Yukarıdaki teste göre artık güneş pili çıkış gücünün aydınlatma yoğunluğu, sıcaklık, hasarlı bileşen ve fotovoltaik materyal vs. gibi faktörlerden etkileneceğini biliyoruz. Güneş pilinin maksimum etkisini elde etmek için güneş enerji sisteminin güç seviyesini kontrol etmek ve farklı durumlar altında güneş pilinden maksimum gücü elde edebilmek gerekir. Kuşkusuz bu test bir durumu simüle etmektedir ve herhangi bir güç izlemesi yapmayacaktır. En önemlisi güneş pili çıkış gücünün farklı durumlar altında farklılık arz edeceğini anlıyor olmamız gerekir.

ÖLÇÜM AMAÇLI GES-53021 VE GES-500 KULLANIMI



Şekil 7-5

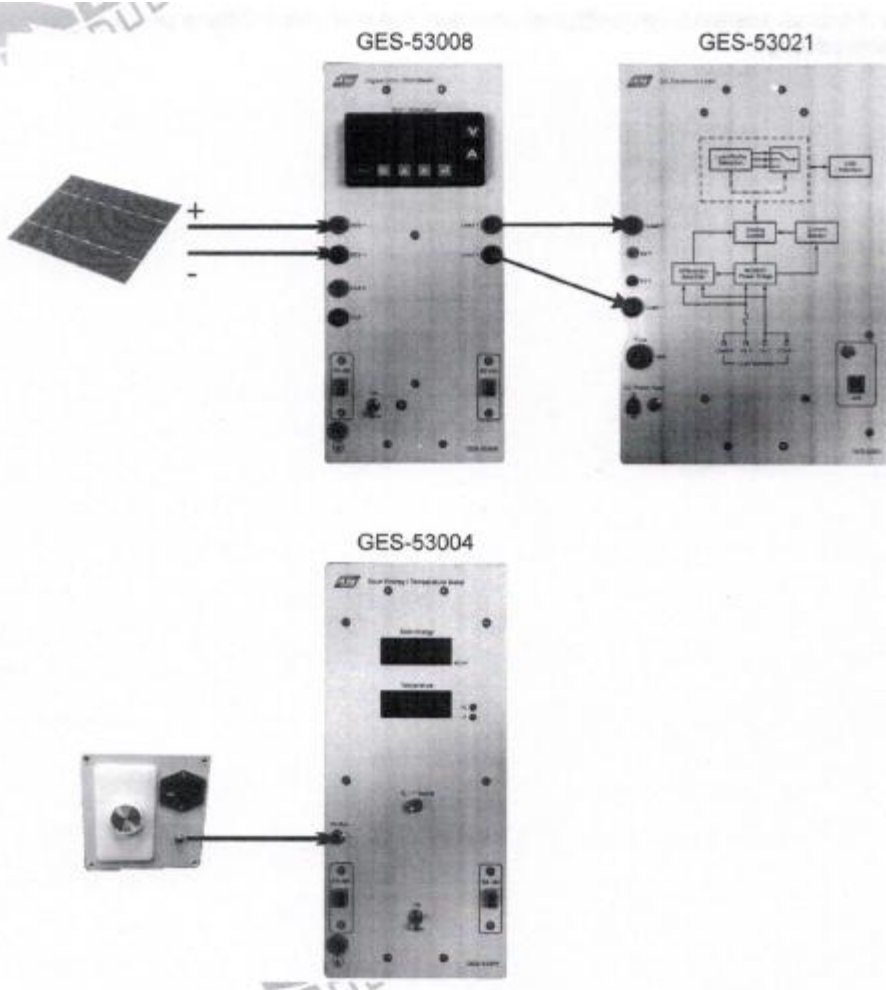
- ① Fare üzerinde sağ butona tıklayınız ve daha sonra verileri excel'e aktarmak için "Export/Export Data To Excel" öğesini seçiniz.
- ② İmleçler: İmleçler veri ekranı.
- ③ RUN TEST: Testi başlatır.
- ④ STOP TEST: Testi durdurur.
- ⑤ EXIT : Ana ekrana geri döndürür.
- ⑥ Sabit akım (C.C) yükleme ayarları.
- ⑦ Test Listesi: "RUN TEST" butonuna Test Listesi hemen toplanacaktır. Sayaç ikiden daha fazla olduğunda çoklu seçim yapmak için "Ctrl" tuşuna basabilirsiniz. Fare üzerinde sağ butona basarak çizelgeler veya sayılar ekranını seçebilirsiniz.

1. GES-53021 (DC elektronik yük) opsiyonel modüldür.

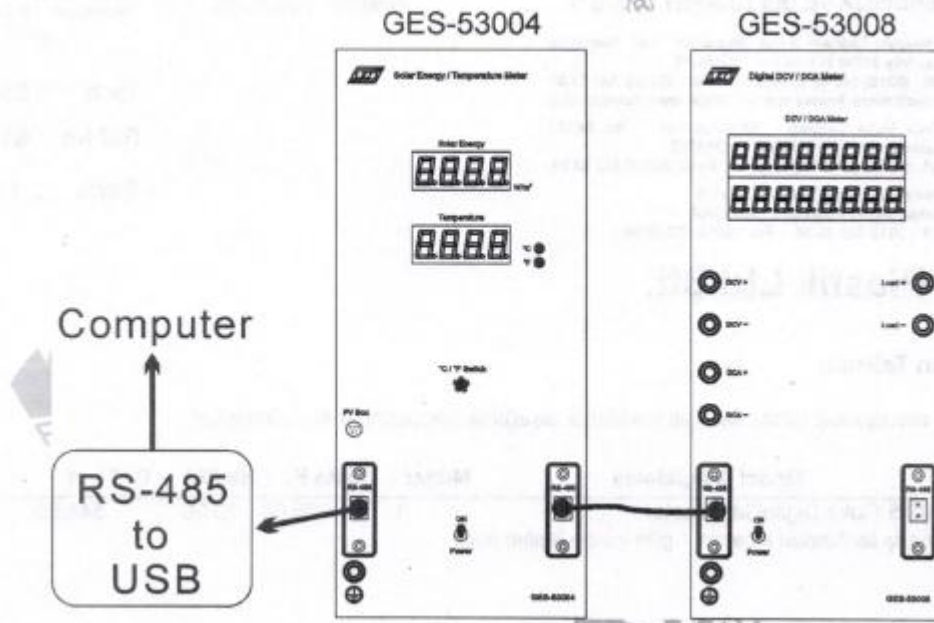
2. GES-58005, GES-53004 ve GES-53008 güneş enerji modüllerinin AC girişlerini besleme şebekesine bağlayınız.

3. GES-53021 modülünün "DC Power Input" girişine bağlı olacak DC 12V adaptör güç çıkışı almınız.

4. Şekil 7-6'da gösterildiği gibi elektriksel bağlantıları gerçekleştiriniz.



Şekil 7-6



Şekil 7-7

5. GES-53021 USB portunu bilgisayara bağlayınız.
6. Şekil 7-7'da gösterildiği gibi GES-53004'ü ve GES-53008'in RS-485 (iletişim arabirimi) portunu bilgisayara bağlayınız.
7. GES-500 yazılımını açınız ve "PV-Experiment 7 with E-Load" menüsünü seçiniz.
8. Yükleme ayarlarına bu değerleri giriniz:

Tablo 7-1

Start	0.02
Stop	1.5
Step	0.4
Interval Time	10

9. Halojen ampulün açısını 180° olarak ayarlayınız, gücü açınız ve ışık kesici düğmeyi (halojen ampul anahtarı) maksimum konuma getiriniz ve güneş panelinin açısını 0° olarak ayarlayınız.
10. "Run Test" butonuna basınız.

11. Test bittikten sonra işlemi durdurmak için "Stop Test" butonuna basınız.
12. Işık kesici düğmeyi ortaya kadar (saatin tersi yönünde) ayarlayınız ve daha sonra 10-11 arası adımları tekrarlayınız.
13. Işık kesici düğmeyi (saatin tersi yönünde) minimum noktaya kadar çeviriniz fakat tamamen kapatmayınız, daha sonra 10-11 arası adımları tekrarlayınız.
14. Veriyi kaydediniz ve programı kapatınız.

GÜVENLİK ÖNLEMLERİ

Yapacağınız deneyde kendi sağlığınız için güvenlik önlemlerine dikkat etmeniz gerekir. Güvenliğinizin herşeyden önemli olduğunu unutmayınız. Aşağıda verilen bazı güvenlik önlemlerini dikkatli bir şekilde okuyarak uygulamaya özen gösteriniz.

- Görevlilerin yapacağı uyarılar dikkatle dinlenmeli ve uygulanmalıdır.
- Eğer ilk kez bir laboratuvarında çalışmaya başlamışsanız elektrik panosu, yangın söndürücü ve ilk yardım dolabının yerlerini öğreniniz.
- İlk yardım gereçlerinin kullanılabilir durumda olduğundan emin olunuz.
- Gerekli ilk yardım merkezlerinin telefon numaralarını kolayca ulaşabileceğiniz bir yere not ediniz.
- Elektrik çarpmaları ile ilgili ilk yardım bilgilerini öğreniniz.
- Laboratuvarında çalışmaya başlamadan önce, yapacağınız deneyde kullanacağınız cihazların kablolarının prizlerde takılı olup olmadığını kontrol ediniz, takılı ise fişleri prizlerden çıkarınız.
- Laboratuvarında deney yapmak üzere kullanılacak prizlerde toprak hattının bulunması zorunludur.
- Kullanacağınız cihazların kablolarında çatlaklar, yırtıklar, kopmalar olup olmadığını kontrol ediniz. Belirtilen aksaklıkların bulunması durumunda bu cihazları kullanmayınız ve gerekli onarımların yapılması için görevlileri uyarınız.
- Cihazlarda kullanılan fişlerin prizlere tam olarak takıldığını kontrol ediniz. Eğer fişler prizlere tam olarak takılmazsa fişler fazla akım çekerek ısınma, yanık, yangın veya patlama gibi kazalara neden olabilir.
- Yapacağınız deneyi Deney Düzenliğinin Kurulması bölümüne uygun olarak hazırladıktan sonra görevlilerden onay alınız.
- Görevlilerden “deneye başlayabilirsiniz” onayını almadan devreye elektrik enerjisi vermeyiniz.
- Deneyi gerçekleştirdikten sonra cihazları kapatınız ve fişlerini prizlerden çıkartınız. Deney masasında bulunan cihazları, araç ve gereçleri tehlike yaratmayacak bir şekilde düzenli olarak bırakınız.
- Deneyi tamamladığınızı görevlilere bildirin.

TEORİK BİLGİ

Güneş ve çevresinde dolanan gezegenlerden oluşan güneş sistemi dünya için temel bir enerji kaynağıdır. Bugün kullanılan çeşitli enerji kaynaklarının büyük kısmı, güneşin sebep olduğu olaylar sonucu ortaya çıkar. Günlük güneş enerjisi ile dünya aydınlatılabilmekte, yağışlar ile su döngüsü sağlanabilmekte ve en önemlisi de, fotosentez ile canlı yaşam sürdürülebilmektedir. Hayati önemdeki bu yıldızın endüstriyel anlamda enerji üretimi de mümkündür. Güneş yarıçapı 700.000 km (dünya yarıçapının yaklaşık 109 katı), kütlesi 2×10^{30} kg (dünya kütlesinin yaklaşık 330.000 katı) olan bir yıldızdır. Güneş kendi eksenini etrafında dönmektedir. Bu dönüş, güneş ekvator bölgesinde 24 günde, kutup bölgelerinde de 30 günde tamamlanmaktadır. Merkezindeki sıcaklık 8-40 milyar kelvin olarak tahmin edilen güneşin yüzey sıcaklığı yaklaşık 6000 K'dir. Merkezindeki yüksek sıcaklık nedeniyle her bir saniyede 650 milyon ton H_2 'den 646 milyon ton He meydana gelmektedir. Aradaki kütle farkı karşılığında $3,86 \times 10^{26}$ joule enerji açığa çıkmakta ve bu enerji ışınım şeklinde uzaya yayılmaktadır. Toplam enerji rezervi $1,8 \times 10^{47}$ J olan güneş daha milyonlarca yıl ışınmasını sürdüreceğinden, dünya için sonsuz bir enerji kaynağıdır.

Dünya hem kendi çevresinde dönmekte, hem de güneş çevresinde eliptik bir yörüngede dönmektedir. Bu nedenle, dünyaya güneşten gelen enerji hem günlük olarak hem de yıl boyunca değişmektedir. Dünyanın kendi çevresindeki dönüş ek-

seni güneş çevresindeki dolanma yörüngesi düzlemiyle $23,5^\circ$ lik bir açı yapıyor. Bu nedenle yeryüzüne düşen güneş şiddeti yörünge boyunca (yıl boyunca) değişmektedir ve böylece mevsimler oluşmaktadır.

Güneşten saniyede yaklaşık $3,86 \times 10^{26}$ J'lük enerji dünyaya ışınlımlarla gelmektedir. Güneşin saldığı toplam enerji göz önüne alındığında bu çok küçük bir değerdir ve bugün kullandığımız toplam enerjinin yaklaşık 20 bin katıdır. Dünya ile güneş arasındaki mesafe bir yıl boyunca 147 ile 150 milyon kilometre arasında değişir. Dünyaya gelen güneş enerjisi çeşitli dalga boylarındaki ışınlımlardan oluşur. Güneş ışınları dünyaya yaklaşık 8 dakikada ulaşır (güneş ışınları saniyede 300.000 km'lik ışık hızıyla yol alırlar). Atmosfer tabakasının dış yüzeyine, güneş ışınlımına dik olacak şekilde düşünölen bir metrekairelik alana bir saniyede gelen güneş ışınlımı miktarına "güneş sabiti" (S) adı verilir. Güneş sabiti değeri $S=1,37 \text{ kW/m}^2$ dir. Bu değeri, tanım gereği, yıl boyunca değışmez alınabilir. Ancak, dünyanın güneş çevresindeki yörüngesi bir çember olmayıp bir elips olduğundan, yıl boyunca bu değerde % 3,3'lük bir değışim söz konusudur. Yeryüzüne soğurma ve yansımaya olaylarından dolayı bu enerjinin 832 W/m^2 lik kısmı ulaşır.

Güneş ışınları olarak tüm dalgaboylarındaki elektromanyetik dalgalar anlaşılır. Farklı dalgaboyu, frekans ve enerjiye sahip olan bu ışınlar radyo ve mikro dalgalar, kızılötesi, görünür ve ultraviyole ışık, X ve gama ışınları olarak adlandırılır. Elektromanyetik ışınlar atmosfer, su ve diğer ortamlardan değışik oranlarda geçebildikleri gibi uzay boşluğundan da geçebilen tek enerji türüdür. Güneşten dünyamıza gelen ışınların yaklaşık % 50'si görünür, % 45'i kızılötesi ve geri kalan kısmı da morötesi ışıktır. Dünyamıza güneşten gelen enerji miktarı % 100 kabul edilirse: Güneşten gelen enerjinin yaklaşık % 25'i atmosferin etkisiyle ve bulutlara çarparak uzaya geri yansır. % 25'i atmosferde dağılmaya uğrar. Dağılan bu ışınların % 9'u uzaya geri yansır. % 16'sı yeryüzünü dolaylı olarak ısıtır. % 15'i atmosfer ve bulutlar tarafından absorplanır (emilir). % 8'i yeryüzüne çarpınca uzaya geri yansır. % 27'si doğrudan yeryüzüne ulaşır ve yeryüzünü ısıtır. Ayrıca yeryüzü, atmosferden % 4 oranında uzun dalgaboylu ışınlar da alır. Böylece yeryüzüne doğrudan ve dolaylı ulaşan enerji miktarı % 47'dir. Bu enerjinin % 8'i doğrudan uzaya geri döner. Geriye kalan % 39'u atmosferi uzun dalgaboylu ışıma, buharlaşma ve dokunmayla ısıtır.

Insanoğunun güneş enerjisinden yararlanması ilk insandan günümüze kadar çeşitli yollarla sağlandığı yapılan çalışmalardan anlaşılmaktadır. Güneş ışınları yardımıyla tohumların kurutulması, ışınların parlak yüzeylerden yansıtılarak haberleşmede kullanılması bu yolların ilklerinden sayılabilir. Teknolojinin gelişmesiyle güneş enerjisinden yararlanma yolları çeşitlenmiştir. Güneş enerjisinden faydalanma yollarından bazıları:

- Sıcak su elde edilmesi, ✓
- Konutların ısıtılması ve serinletilmesi, ✓
- Kurutma, ✓
- Güneş fırınları ve güneş ocakları, ✓
- Tuz elde edilmesi, ✓
- Deniz suyundan saf su elde edilmesi, ✓
- Yüzme havuzlarının ısıtılması, ✓
- Isı pompası, ✓
- Elektrik elde edilmesi, ✓
- Yapma fotosentez, ✓
- Tarımda faydalanma, ✓
- Soğutma sistemlerinde güneş enerjisinden yararlanma, ✓
- Güneş pompaları, ✓

olarak karşımıza çıkar.

Güneş enerjisi uygulamaları yöntem, malzeme ve kullanılan teknoloji açısından çeşitlilik göstermekle birlikte iki ana gruba ayrılabilir:

- **Güneş enerjisi ısı uygulamaları:** Güneş kolektörleri adını verdiğimiz bu sistemlerde güneş enerjisinden ısı enerjisi elde edilir. Bu enerji doğrudan kullanılabilirdiği gibi elektrik enerjisi üretiminde de kullanılabilir.
- **Güneş enerjisi elektrik uygulamaları-Güneş pilleri:** Fotovoltaik piller de denen bu yarıiletken malzemeler güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çevirirler.

Güneş Kolektörleri

Güneş ışınları ile bir akışkanın sıcaklığının artmasını sağlayan sistemlere güneş kolektörleri adı verilir. Başka bir ifadeyle güneş kolektörleri, güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştürürler.

Güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştüren güneş kolektörlerini üç grupta inceleyebiliriz. Bunlar düzlem, parabolik ve silindirik-parabolik kolektörlerdir. Düşük sıcaklık uygulamalarında düzlem kolektörler ve yüksek sıcaklık uygulamalarında diğer kolektör modelleri tercih edilir.

150°C' den düşük sıcaklıklarda düzlem kolektörünün uygulama alanlarından bazıları:

- Kullanma suyunun ısıtılması (akışkanlı kolektörler),
- Bina ısıtma ve havalandırma (havalı kolektörler),
- Tarım da ürün kurutma ve seracılık,
- Su damıtımı ve tuz üretimidir.

150°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda parabolik ve silindirik-parabolik kolektörlerinin uygulama alanlarından bazıları:

- Sulama için su pompaları,
- Küçük motorlar ve güneş tencereleri,
- Buhar jeneratörüyle elektrik üretimi,
- Güneş fırınları,
- Elektrik enerjisi üretimi,
- Madde araştırılması,
- Seramiklerdir.

Düzlemsel Güneş Kolektörleri

Düzlemsel güneş kolektörleri, güneş enerjisinin toplandığı ve herhangi bir akışkana aktarıldığı çeşitli tür ve biçimlerdeki aygıtlardır. Güneş enerjisinden yararlanarak akışkan sıcaklığının 100°C'den düşük olabileceği sistemlerde (sıcak su elde edilmesi ve konut ısıtması gibi) düzlemsel kolektörler kullanılır. Bu tip kolektörleri ülkemizin hemen hemen her yerinde görebiliriz. Kolektör modeli faydalanılan enerji türüne göre belirlenir. Akışkanlı kolektörler sıcak su temininde ve havalı kolektörler evlerin ısıtmasında kullanılır.

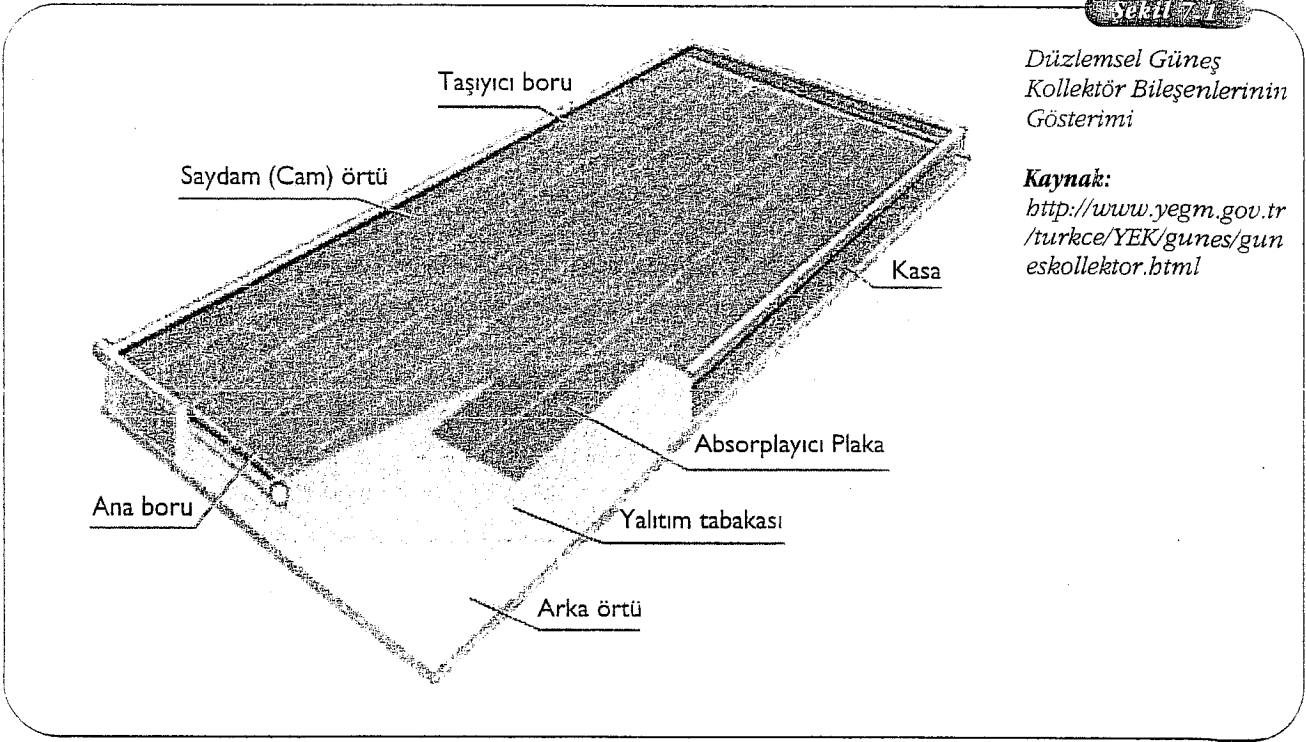
Havalı Kolektörler

Havalı güneş kolektörleri absorplayıcı yüzey ve sistemdeki akışkan olan hava yardımıyla güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Absorplayıcı yüzeye gelen güneş ışınlarının büyük bir kısmı absorplanır ve taşınım ile sistemde dolaştırılan havaya aktarılır. Havalı güneş kolektörlerinde, gelen güneş ışınımını yüksek oranda geçiren, buna karşın kolektörden çevreye taşınımlı ısı akışının ve uzun dalga boylu ışın geçişine engel olan levha veya film türünde saydam malzemeler kullanılır.

Havali toplayıcılar uzun ömürlü, kararlı bir verime sahip, konutların ısıtması için uygun, donma ve korozyon gibi problemleri olmayan sistemlerdir. Havali güneş kolektörleri genellikle tarımsal ürünlerin kurutulması ve seraların ısıtılmasında kullanılır.

Akışkanlı Kolektörler

Şekil 7.1'de düzlemsel güneş kolektörü şematik olarak gösterilmiştir. Düzlemsel güneş kolektörleri, üst yüzeyden aşağıya doğru, camdan yapılan üst örtü, cam ile absorplayıcı plaka arasında yeterince boşluk, akışkanın geçeceği taşıyıcı ve ana borular, kolektörün en önemli parçası olan absorplayıcı plaka, yalıtım tabakası ve bunları içine alan bir kasadan oluşmuştur.



Şekil 7.1
Düzlemsel Güneş Kolektör Bileşenlerinin Gösterimi

Kaynak:

http://www.yegm.gov.tr/turkce/YEK/gunes/gun_eskolektor.html

Akışkan olarak su kullanılan kolektörlerde korozyon ve donma dikkate alınması gereken iki önemli husustur. Normal musluk suyu oldukça korozif olduğundan korozyona karşı bazı tedbirler alınmalıdır.

Sistemde kullanılan suyun antifrizli olması donmayı, dolayısıyla donmadan meydana gelecek zararları önler. Antifrizli su kullanıldığında, sistemde bir ısı değiştirgeci kullanma zorunluluğu vardır. Çünkü antifrizli suyu direkt olarak kullanamayız. Böylece antifrizli su ile kullanma suyu devresi birbirinden ayrılmış olur. Isı değiştiricisi sistemin verimini biraz düşürür.

Akışkanlı kolektörlerde ısı taşıyıcısı olarak su dışında bazı akışkanlar da kullanılabilir. Bu akışkanlarda aranacak bazı özellikler yüksek alevlenme ve kaynama noktası sıcaklığına sahip olmalarıdır. Ayrıca, bu akışkanlar korozyona neden olmamalıdır.

Düzlemsel Güneş Kolektörlerinin Temel Elemanları

Düzlemsel toplayıcılar genel olarak Şekil 7.1'de görüldüğü gibi saydam (cam) örtü, absorplayıcı plaka, ısı yalıtım malzemesi ve kolektör kasasından ibarettir.

Saydam Örtü

Kollektöre güneş ışınımının girişinin sağlanması, kollektörden taşınım ile çevreye olan ısı kaybının azaltılması ve absorplayıcı yüzeyin toz, yağmur ve dolu gibi olumsuz hava şartlarından korunması saydam örtünün görevidir. Güneş ışınımı saydam örtü yüzeyi üzerine düştüğü zaman, yüzey tarafından bir kısmı yansıtılır, bir kısmı absorplanır ve büyük bir kısmı geçirilir. Kullanılan saydam örtünün kısa dalga boylu güneş ışınımını geçirme oranı büyük, absorplayıcı yüzeyden geri yansıyan uzun dalga boylu güneş ışınımının dışarı çıkmaması için de uzun dalga boylu ışınımını geçirme oranının küçük olması istenir. Kollektör örtüsü olarak genellikle cam veya plastik esaslı malzemeler kullanılmaktadır. Cam, güneş ışınlarını geçirmesi ve ayrıca absorplayıcı yüzeyden yansıyan uzun dalga boylu ışınları geri yansıtması nedeni ile son derece uygun bir örtü malzemesidir. Günlük hayatta kullandığımız pencere camının güneş ışınlarını geçirme katsayısı % 88'dir. Geriye kalan kısım, ışığın camdan geçişi sırasında cam tarafından absorplanır. Plastik örtüler genellikle teflon, poli-karbonat ve plexiglas gibi cam takviyeli plastik esaslı malzemelerden yapılır. Camların plastik esaslı örtülere göre dezavantajı kırılma ve kütlelerinin büyük olmasıdır. Plastik malzemeler ise cama göre daha dayanıklı ve elastiktirler. Ancak çizilmeye ve aşınmaya karşı cama göre daha dayanıksızdır ve hava koşullarından daha fazla etkilenirler.

Absorplayıcı Plaka

Absorplayıcı plaka kollektörün en önemli kısmıdır. Güneş enerjisi absorplayıcı (emici) plaka tarafından absorplanarak (emilerek) büyük bir kısmı faydalı ısı enerjisine dönüştürülür, sistemdeki borulardan geçen sıvıya aktarılır ve böylece akışkanın sıcaklığı artar. Sıcaklığı artan akışkan kullanım amacına uygun olarak ya depolanıp gerektiği zaman kullanılır ya da kapalı sistemde dolaşır. Güneş enerjisinin geriye kalan kısmı ışınım, taşınım ve iletim yoluyla çevreye yayılır. Aynı zamanda bir miktarı da kollektörde depolanarak kollektör sıcaklığının artmasına yol açar.

Absorplayıcı plaka kollektörün alt ve üst tarafında bulunan birer anaboru ile bunların arasına yerleştirilmiş metal akışkan boruları ve absorplayıcı yüzeyden oluşur. Absorplayıcı yüzey akışkan borular ile ısı direnci çok küçük olacak şekilde sıkı temas ettirilmelidir. Akışkan boruları ısı iletim katsayısı yüksek olan malzemelerden yapılmalıdır. Genellikle bakır, paslanmaz çelik ve alüminyum borular kullanılır.

Absorplayıcı yüzeyler genellikle bakır, paslanmaz çelik ve alüminyumdan yapılırlar. Kollektörlerde absorplayıcı plaka mümkün olduğu kadar güneş enerjisini absorplaması ve ısı enerjisine dönüştürmesi için kaplanması gerekir. Absorplayıcı plaka kaplaması olarak siyah mat boya veya seçici yüzey kaplamaları kullanılır.

Siyah mat boyanın güneş ışınımını absorplama miktarı yaklaşık % 90-98 aralığındadır. Buna karşılık, yayıcılığı da yaklaşık % 85-92 gibi yüksek, istenmeyen bir değerdir. Bu yüzeylerin seçicilik özellikleri yoktur. Bu yüzden siyah boyalı yüzeyler absorplayıcı yüzey için tam ideal yüzeyler değildir. İdeal siyah yüzeyler bütün dalga boylarında ve her açıdan gelen ışınımın tamamını yutar. Siyah boya olarak genellikle polyester, akrilik ve epoksi reçine esaslı mat boyalar kullanılır.

Kısa dalga boylu ışınımın tamamına yakını yutan ve uzun dalga boylu ışınımı çok az yayan yüzeylere seçici yüzey denir. İyi bir seçici yüzey ideal bir absorplayıcıdır. Absorplayıcı plaka seçici yüzey olarak adlandırılan tabakalarla kaplıdır. Seçici yüzeyler bakır, paslanmaz çelik ve alüminyum gibi malzemelerin üzerine siyah

nikel, siyah bakır, siyah krom gibi kaplamalar yapılarak elde edilir. Isı da iyi bir seçici yüzeydir ancak yüzey üzerine kaplanması zordur. Seçici yüzeyler koyu renkli görünmesine rağmen gerçekte siyah bir yüzey olmadığı için ışınım yayma oranı küçüktür. Böylece, seçici yüzey kaplamasıyla absorplayıcı plaka sıcaklığı artırılarak akışkana olan ısı enerjisi aktarımı yükseltilebilir.

Isı Yalıtım Tabakası

Kollektörün arka ve yan yüzeylerden olan ısı kayıplarını en aza indirmek için absorplayıcı plaka ile kasa arası uygun bir ısı yalıtım maddesi ile kaplanmalıdır. Kollektördeki akışkan boruların boş kalması durumunda absorplayıcı plakanın sıcaklığının yaklaşık 150°C'ye ulaşması nedeniyle kullanılacak olan yalıtım malzemesinin bu sıcaklığa dayanması gerekir. Isı yalıtım tabakası nem ve yağmura karşı dirençli ve zamanla şekil değiştirmemelidir. Ayrıca, yanmaya karşı dayanıklı ve ısı iletim katsayısı küçük olmalıdır. Kollektörlerde ısı yalıtım malzemesi olarak cam yünü, taş yünü, poliüretan köpük ve benzeri yalıtım malzemeleri kullanılır.

Kollektör Kasası

Kollektör kasası ısı yalıtım malzemesinin su ve yağmurdan dolayı ıslanmasını önleyecek biçimde yapılmalıdır. Özellikle kollektöre su borularının giriş ve çıkışında kasanın tam sızdırmazlığı sağlanmalıdır. Sıvılı kollektörlerde sızdırmazlığın yüzde yüz sağlanamadığı durumlarda camda yoğunlaşacak su buharını dışarıya atmak amacıyla kasanın iki yanına delik açılmalıdır. Kollektör kasası olarak alüminyum, paslanmaz çelik, galvaniz çelik, ve plastik gibi çeşitli malzemeler kullanılmaktadır. Kollektör yapımında kullanılan malzemelerin ısı genleşme katsayıları dikkate alınarak kasalar boyutlandırılmalıdır.

Güneş Kollektör Sistemleri

Güneş kollektörlü sistemleri tabii dolaşimli ve pompalı olmak üzere ikiye ayrılırlar. Her iki sistemde ayrıca açık ve kapalı sistem olarak tasarlanmaktadır.

Doğal Dolaşimli Sistem

Isı aktarımında kullanılan akışkan kollektör sisteminde kendiliğinden dolaşır. Bu dolaşım kollektörde ısınan suyun yoğunluğunun azalması ve yükselmesi özelliğinden kaynaklanmaktadır. Bu tür sistemlerde su deposu kollektörün üst seviyesinden yukarıda olması gerekmektedir. Deponun alt seviyesinden alınan soğuk su kollektörlerde ısınarak yoğunluğu azalır ve deponun üst seviyesine yükselir. Gün boyu devam eden bu olay sonunda depodaki su ısınmış olur. Kendiliğinden dolaşimli sistemler daha çok küçük miktarda su ihtiyaçları için uygulanır.

Pompalı Sistem

Isı aktarımında kullanılan akışkan güneş kollektöründe pompa yardımı ile dolaştırılır. Böyle bir sistemde su deposunun kollektörden yukarıda olma zorunluluğu yoktur. Büyük sistemlerde su hatlarının uzunluğundan dolayı suyun akmasına karşı direncin artması sonucu tabii dolaşımın sağlanmaması ve büyük bir deponun kollektörden daha yukarıda tutulmasının kolay olmamasından dolayı pompa kullanma zorunluluğu doğmuştur. Pompalı sistemler otomatik kontrol devresi yardımı ile çalıştırılırlar.

Açık Sistem

Açık sistemler kullanım suyu ile kolektörlerde dolaşan suyun aynı olduğu sistemlerdir. Kapalı sistemlere göre verimleri yüksek ve maliyeti ucuzdur. Açık sistem güneş kolektörleri suyun az kireçli ve donma problemlerinin olmadığı bölgelerde tercih edilirler.

Kapalı Sistem

Kullanım suyu ile ısıtma suyunun farklı olduğu sistemlerdir. Kolektörde ısınan su bir eşanjör vasıtasıyla ısınıp kullanım suyuna aktarır. Kapalı sistem güneş kolektörleri donma, kireçlenme ve korozyon problemlerinin olduğu yerlerde tercih edilirler.

Güneş Kolektör Verimini Etkileyen Faktörler

Güneş enerjisi uygulamalarında kullanılan kolektörlerin verimi malzemelerin doğru seçilmesine bağlıdır. Bu seçimde verimi yüksek ve maliyeti düşük olmakla birlikte rekabet edebilir bir kolektör üretmek başlıca amaç olmalıdır. Bir kolektörün verimliliği, topladığı faydalı enerji miktarının, üzerine gelen enerji miktarına oranı olarak tanımlanır. Verimli bir güneş kolektöründe, gelen güneş ışınımının büyük bir kısmının absorplayıcı plaka tarafından absorplanması, ısı yalıtım malzemesi kullanılarak oluşacak ısı kayıplarının en aza indirilmesi ve ısıya dönüşen güneş enerjisinin hemen hemen tamamının akışkana iletilmesi sağlanmalıdır. Kolektör verimini etkileyen en önemli parametreler; absorplayıcı plaka, absorplayıcı yüzey kaplaması, akışkanın kanal şekli, akışkan boru merkezleri arası uzaklık, kolektör kasasında kullanılan malzeme, ısı yalıtım malzemesi, saydam örtü, kolektörün eğimi ve yönüdür.

Saydam Örtü

Saydam örtünün geçirgenliği zamanla önemli ölçüde azalmamalıdır ve yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklı olmalıdır. Örtü malzemesinin en önemli avantajı kolektörün ısı kayıplarını azaltmasıdır.

Cam örtünün, toplam ışık geçirme oranı da kolektör verimini etkilemektedir. Cam, üzerine düşen güneş ışınlarının görünür bölgedeki kısmının % 85-90'ını geçirir. Geriye kalan kısım, ışığın camdan geçişi sırasında cam tarafından absorplanır veya yansıtılır. Absorplanan ışık miktarı camın içerdiği demir oksit (Fe_2O_3) oranına bağlıdır. Demir oranının artmasıyla absorbe edilen ışık miktarı da artar.

Absorplayıcı Plaka

Absorplayıcı yüzeyin ve akışkan boruların aynı cins malzemedен bir bütün olarak imal edilmesi tercih edilmelidir. Çünkü farklı cins malzeme kullanımında korozyon, hava filmi, nem birikmesi gibi olumsuzluklarla karşılaşmaktadır. Kolektör verimi absorplayıcı yüzey kalınlığının artmasıyla artar. Yüzey kalınlığının artması maliyeti arttıran bir unsurdur. Absorplayıcı yüzey malzemesi olarak metallerle birlikte plastikler de kullanılmaktadır. Plastik absorplayıcı yüzeyler düşük sıcaklık uygulamalarında tercih edilmektedir. Plastik kolektörlerin dezavantajı düşük ısı iletiminden dolayı absorplayıcı plaka ve akışkan arasındaki ısı transferinin düşük olmasından dolayı kolektör verimini düşürmektedir.

Boru Merkezleri Arası Uzaklık ve Boru Sayısı

Borular absorplayıcı yüzey üzerine aralıklarla yerleştirilirler. Boruların arasında kalan absorplayıcı yüzeyler boruya tutturulmuş kanatlar şeklinde görev yaparlar. İki bu kanatlardan borulara ve borulardan da içlerindeki sıvıya aktarılır.

Borular arası mesafe arttıkça (kollektörün birim genişliği için kullanılan boru sayısı azaldıkça) kanat verimi dolayısıyla kollektör verimi azalır. Borular arası mesafe küçüldükçe kollektör verimi artar. Kollektör verimini etkileyen bir diğer önemli parametre de boru sayısıdır. Kollektörde kullanılan boru sayısı azaldıkça kollektör verimi azalır. Buna karşılık, boru sayısı arttığında sistemdeki basınç kayıpları, sarf edilen malzeme miktarı ve işçilik maliyeti artacaktır.

Absorplayıcı Yüzey Kanat Geometrisi

Düzlemsel güneş kollektörlerinde absorplayıcı yüzeyler düz, parabolik kanallı ve zig zag kanallı gibi farklı geometrilerde üretilmektedir. Düzlemsel güneş kollektörlerinde, kanatlarda kullanılan malzeme miktarı kollektörün maliyetini doğrudan etkilediğinden, sağlanan enerjiyi en az maliyetle akışkana aktarılacak kanat yapısının belirlenmesi ekonomik açıdan önemlidir. Yapılan araştırmalar sonucunda, daha az malzeme kullanılan kanat yüzeylerinin kanat verimini çok fazla etkilemediği ancak kollektör başına malzeme maliyetini etkilediği ortaya çıkmıştır.

Absorplayıcı Yüzey Kaplamaları

Ülkemizde üretilen kollektörlerde absorplayıcı plakalar mat siyah boya ile boyanmaktadır. Mat siyah yüzeylerin ışınımı absorplama oranları % 90-98, uzun dalga-boylu ışınımı yayma oranları, % 85-92 mertebesinde. Yani absorpladıkları ışınının çoğunu geri yaymaktadırlar. Kollektör verimini arttıran en önemli parametrelerden biri de, absorplayıcı plakanın seçici yüzeyle kaplanmasıdır. Absorplayıcı plaka yüzeyinde seçicilik özelliği bulunduğu absorplayıcı plaka, yüksek absorplayıcı ve düşük ısı yayma özelliklerine sahiptir.

Kollektör Kasası ve Yalıtımı

Kasa imalatında da absorplayıcı plaka ile aynı cins malzeme kullanılmalıdır. Kasa ısı yalıtım malzemesinin ıslanmasını önleyebilecek sızdırmazlıkta olmalı ve özellikle kollektör akışkan boru giriş ve çıkışlarında kasanın tam sızdırmazlığı sağlanmalıdır.

Kollektör kasası imalatında, kullanılan malzemelerin ısıl genleşmeleri dikkate alınarak kasa boyutları belirlenmelidir. Kasa, üzerine yerleştirilen kollektörü taşıyabilmelidir. Absorplayıcı plaka ile kasa arasına ısı yalıtımı uygulanmalıdır. Isı yalıtım malzemesi olarak ısıl köprü oluşturmadığı ve ıslandığı zaman iletkenliğinde ısıl azalma olmadığı için poliüretan köpük tercih edilmelidir.

Kollektör Eğimi ve Yönü

Kollektör yüzeyi genel olarak tam güney yönüne bakmalıdır. Ancak zorunlu durumlarda kollektör yüzeyi güneyden doğuya veya batıya doğru en çok 15° döndürülebilir. Kollektörün eğim açısı, genel olarak kurulduğu yerin enlem derecesine eşit olmalıdır. Ancak kollektör yaz aylarında kullanılacaksa, enlem derecesinden 15° eksik ve kış aylarında enlem derecesinden 15° fazla olmalıdır.

Bir güneş kollektörünün verimini etkileyen faktörler sadece kollektörün tasarımı değil aynı zamanda hava durumu, güneşe göre kollektörün yerleşme açısı ve absorplayıcı plakanın sıcaklığı gibi diğer çalışma koşulları da kollektörün verimini etkiler.

Bu deneyde temsili hava koşullarını oluşturmak üzere bir halojen lamba ve soğuk hava üfleyicisi kullanılacaktır. Deneyde, kollektör ile halojen lamba uyumlu bir şekilde yerleştirilecektir. Ortalama absorplayıcı yüzey sıcaklığı yaklaşık olarak seçilen depo sıcaklığı kabul edilebilir. Kollektör örtüsü olan cam, üzerine düşen güneş enerjisininin büyük miktarını absorplarken küçük bir miktarını da yansıtır. Geçen ışınım absorplayıcı plaka üzerine çarpar ve büyük bir kısmı absorplanır. Birim zamanda ve birim alanda absorplayıcıda ısı enerjisine dönüşen ışınım enerjisi q_a ,

$$q_a = \alpha \cdot \tau \cdot q_i \quad (7.1)$$

ile verilir. Burada q_i kollektörün bulunduğu pozisyonadaki ışık şiddeti, α absorplayıcı yüzeyin absorpsiyon faktörü ve τ cam örtünün geçirgenlik faktörüdür.

Isı enerjisine dönüştürülen ışınım enerjisinin tamamı faydalı enerji olarak elde edilemez. Dönüşen enerjinin bir miktarı, ısı yayılmasıyla, ısı iletimiyle veya ısı akışıyla kaybolur. Diğer bir kısmı absorplayıcı plakanın sıcaklığında bir artışa neden olabilir, yani kollektörde depolanır. Birim zamanda ve birim alanda üretilen faydalı enerji q_N

$$q_N = q_a - q_l - q_{st} \quad (7.2)$$

eşitliği ile verilir. Burada q_l birim zamanda ve birim alanda kaybolan enerjiyi, q_{st} deney koşullarına göre birim zamanda ve birim alanda depolanan enerjiyi temsil etmektedir. Yapacağınız deney koşullarında q_{st} değerini, sıcaklık farkı durağan durumda sabit giriş sıcaklığında ölçüldüğü için, yaklaşık olarak sıfır kabul edebilirsiniz.

Absorplayıcı plakada ısı kayıpları absorplayıcının sıcaklığı ne kadar yüksekse o kadar büyüktür. Isı yalıtım tabakasının özelliği ısı iletim kayıplarını belirler. Bu kayıplar ışımaya bağlı olarak ön yüzeyde ve konveksiyonla meydana gelir. Bu kayıplar (q_f),

$$q_f = k \cdot (\vartheta_{ab} - \vartheta_{or}) \quad (7.3)$$

eşitliği ile verilir. Burada k ısı iletim katsayısını, ϑ_{ab} absorplayıcı plakanın sıcaklığını ve ϑ_{or} ortam sıcaklığını temsil etmektedir.

Bir güneş kollektörünün verimi (η) faydalı enerjinin ışıma enerjisine oranı ile belirlenir.

$$\eta = \frac{q_N}{q_i} = \alpha \cdot \tau - \frac{k \cdot (\vartheta_{ab} - \vartheta_{or})}{q_i} \quad (7.4)$$

Absorplayıcı plakanın sıcaklığı ölçülemeyebilir ancak suyun kollektöre giriş (ϑ_g) ve çıkış (ϑ_c) sıcaklıkları ölçülebilir. Ayrıca, (7.4) numaralı eşitlik absorplayıcı plakadan suya ısı aktarımında dikkate alınmaz. Absorpsiyon plakasının verim faktörü f ,

$$\eta = f \left(\alpha \cdot \tau - \frac{k \cdot (\vartheta_w - \vartheta_{or})}{q_i} \right) \quad (7.5)$$

eşitliği ile tanımlanır. Burada ϑ_w ortalama su sıcaklığıdır ve

$$\vartheta_w = \frac{\vartheta_g + \vartheta_c}{2} \quad (7.6)$$

eşitliği ile verilir.

DİKKAT

Faydalı güç (P_u), durağan durumda, giriş ve çıkış su sıcaklıkları farkından ve suyun akış hızından (yapacağınız deneyde, $m^* = 100 \text{ cm}^3/\text{dak}$) belirlenir ve

$$P_u = c \cdot m^* (\hat{\theta}_c - \hat{\theta}_g) \quad (7.7)$$

eşitliği ile verilir. Burada c suyun özgül ısısıdır ve değeri $4,19 \times 10^3 \text{ joule/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ 'dir.

100 cm³/dak'lık su akış hızı kaç kcal/dakika'dır?



SIRA SİZDE

1

Deneyde kullanacağınız kolektörün halojen lambaya göre bulunduğu konumda ışık şiddeti yaklaşık olarak $q_i = 1 \text{ kW/m}^2$ değerindedir. Absorplayıcı plakanın alanı $A = 0,12 \text{ m}^2$ dir.

Su akış hızı 200 cm³/dakika olan bir düzlemsel kolektörde giriş ve çıkış su sıcaklıkları farkı 20°C'dir. Kolektörün sağladığı faydalı güç kaç watt'tır?



SIRA SİZDE

2

Farklı koşullar altında bir güneş kolektörünün yüzde verimi

$$\eta = \frac{P_u}{q_i \cdot A} \times 100 \quad (7.8)$$

eşitliği ile verilir. Tablo 7.1'de çeşitli koşullarda gerçekleştirilen deneylerde, kolektör su sıcaklıkları ve kolektör verimleri görülmektedir.

Deney Numarası	Isı Yalıtımı	Cam Panel	Işık Kaynağı	Hava Üfleyicisi	Giriş Suyu Sıcaklığı (°C)	Çıkış Suyu Sıcaklığı (°C)	Verim %
1	-	-	-	-	5	10	29
2	-	+	-	-	5	7,5	15
3	+	-	+	-	20	32,5	73
4	+	+	+	-	50	58	47
5	+	+	+	+	50	58	47
6	-	+	-	+	50	56	35
7	-	+	+	+	50	53	17

Tablo 7.1
Farklı koşullarda bir güneş kolektörünün verimi (PHYWE LEP 3.6.01)

DENEYDE KULLANILAN ARAÇ VE GEREÇLER

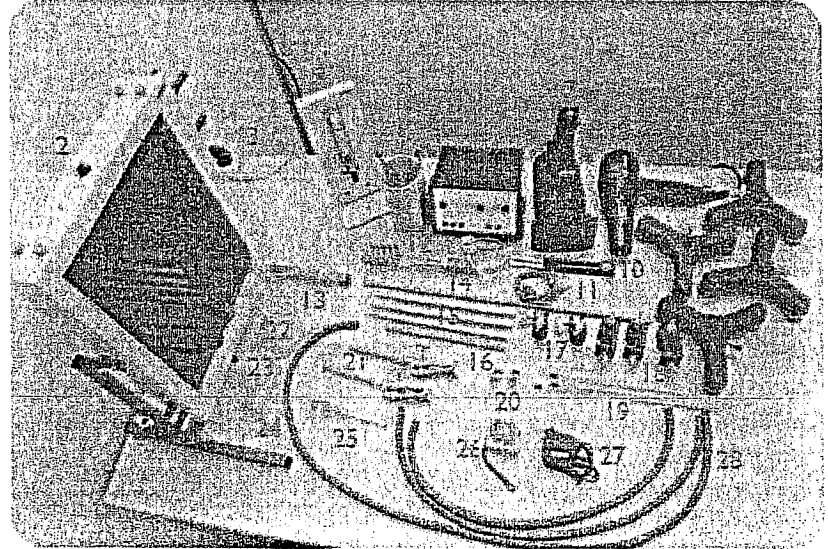
Deneyde kullanılacak araç - gereç ve miktarları aşağıda liste halinde verilmiştir.

1. Güneş kolektörü ayaklığı 1 adet
2. Güneş kolektörü 1 adet
3. Cam beher (5000 ml) 1 adet
4. Akış hızı göstergeli sirkülasyon pompası 1 adet
5. Eşanjör (Isı deyiştiricisi) 1 adet
6. Güç kaynağı 0-12 V DC / 6 V; 12 V AC 1 adet
7. Halojen lamba (1000 W) 1 adet

8. Sıcak-soğuk hava üfleyicisi (1700 W).....1 adet
9. Üçlü ayak.....4 adet
10. Ortası başluklu metalik renkli plaka1 adet
11. Bağlantı kablosu (kırmızı ve mavi renk ve 750 mm uzunluğunda)2 adet
12. Su ısıtıcı (1000 watt, 220-250V).....1 adet
13. Cam beher (2000 ml).....1 adet
14. Destek çubuğu (yuvarlak, çap 10 mm ve 750 mm uzunluğunda).....1 adet
15. Destek çubuğu (kare şeklinde ve 250 mm uzunluğunda)3 adet
16. Destek çubuğu (yuvarlak, çap 10 mm ve 250 mm uzunluğunda).....1 adet
17. İki yönlü tutturucu.....2 adet
18. Dik açılı tutturucu.....3 adet
19. Laboratuvar tipi termometre
(-10..+100 °C)2 adet
(-10..+110 °C)1 adet
20. Kauçuk hortum sıkma kelepçesi2 adet
21. Kısaçlı tutturucu.....2 adet
22. Cam veya plastik huni (huni çapı kauçuk hortumun iç çapına eşit) ..1 adet
23. Plastik beher (100 ml).....1 adet
24. Balon joje (50 ml lik ve tabanında genişleme için delik bulunan) ve örgülü şeffaf su hortumu (50 mm)1 adet
25. Torna vida.....1 adet
26. Şerit metre (2 m).....1 adet
27. Dijital kronometre (1/100 s).....1 adet
28. Kauçuk gaz hortumu (4 m).....1 adet
- Deneye başlamadan önce yukarıda listelenen ve Şekil 7.2'de gösterilen araç ve gereçlerin tam olup olmadığını kontrol ediniz.

Şekil 7.2

Deneyde
Kullanılan Araç
ve Gereçler

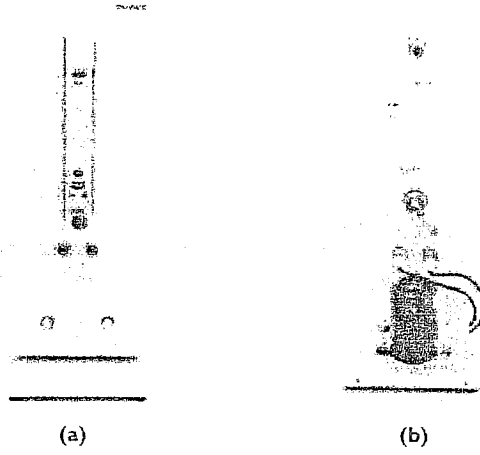


DENEY DÜZENEGİNİN KURULMASI

Deneyde kullanılacak kollektörde, suyun sirkülasyonunu sağlamak için pompa- dan ve suyun akış hızını ölçmek için akış ölçerden faydalanılır. Sıvı akış ölçeri Şe- kil 7.3a'da ve sirkülasyon pompası akış ölçerin bulunduğu setin arka tarafında ol- mak üzere Şekil 7.3b'de görülmektedir.

Şekil 7.4

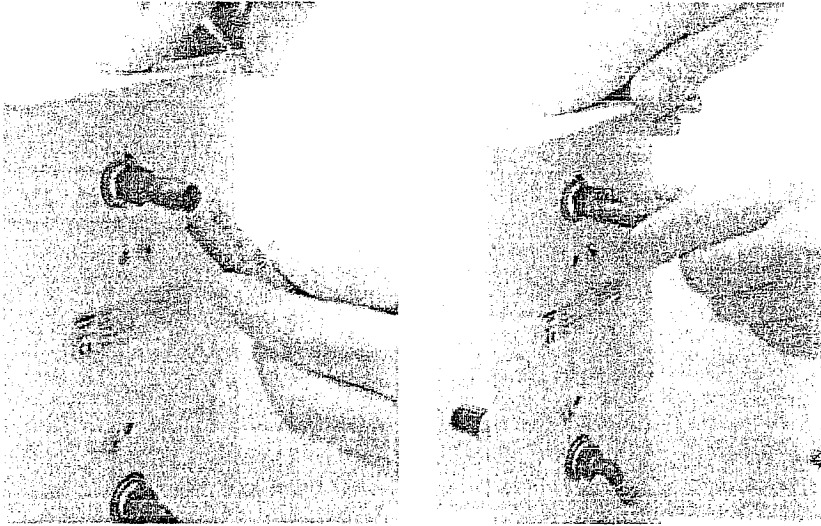
Su Akış Ölçer (a) ve Sirkülasyon Pompası (b)



30 cm uzunluğundaki kauçuk gaz hortumun bir ucunu Şekil 7.4'te görüldüğü gibi sıvı akış ölçerin üst tarafında bulunan sıvı çıkış yuvasına takınız.

Şekil 7.4

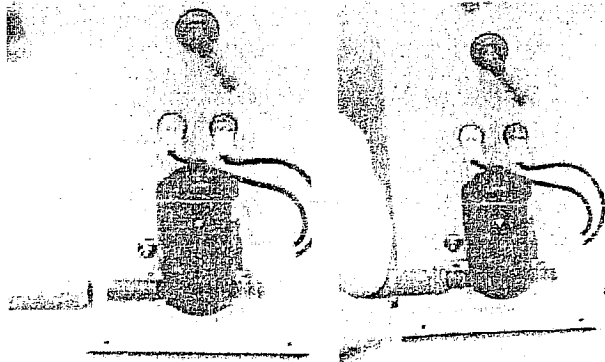
Kauçuk Gaz Hortumun Su Akış Ölçere Takılması



Benzer şekilde 150 mm uzunluğundaki kauçuk gaz hortumun bir ucunu Şekil 7.5'te görüldüğü gibi sirkülasyon pompasının sıvı giriş yuvasına takınız.

Şekil 7.5

Kauçuk Gaz Hortumun Sirkülasyon Pompasına Takılması



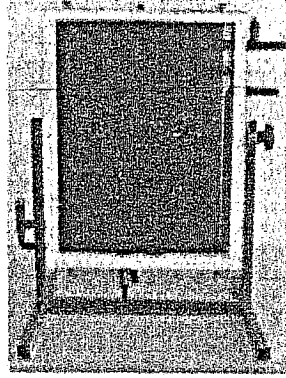
Güneş kolektörünü üzerinde duracağı kolektör ayaklığına Şekil 7.6'a'daki gibi yerleştiriniz. Kolektörü dış etkenlerden korumak için Şekil 7.6b'deki gibi cam panel kullanılmaktadır.

DİKKAT

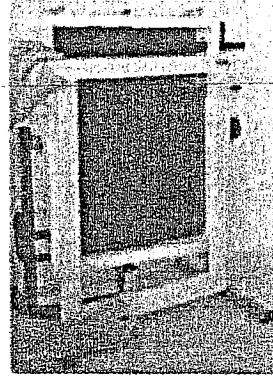
Kolektör paneli cam koruyucusuna yanlışlıkla dikleştirilirse, kırılabilir ve sizi kesebilir.

Şekil 7.6

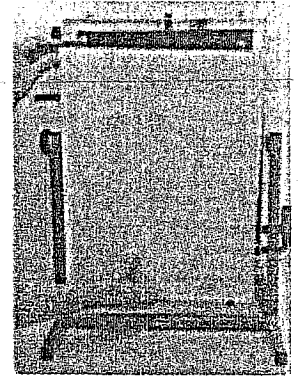
Güneş Kolektörünün Destek Ayacağına Yerleştirilmesi (a), Cam Koruyucu (b) ve Isı Yalıtım Paneli (c)



(a)



(b)

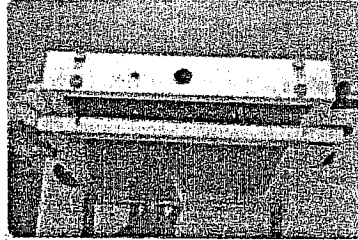


(c)

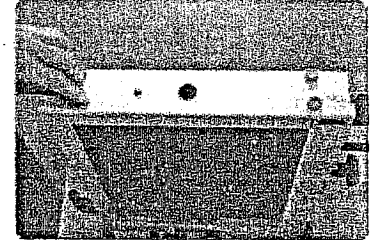
Kolektör paneli cam koruyucusunun kenarlarında bulunan girinti yerlerini kolektör üzerindeki vidalara karşı gelmek üzere koruyucu Şekil 7.7a'da görüldüğü gibi kolektöre yerleştiriniz. Cam paneli kolektöre yerleştirdikten sonra vidaları aracılığı ile Şekil 7.7b'de görüldüğü gibi kolektöre sabitleyiniz.

Şekil 7.7

Cam Koruyucunun Kolektöre Yerleştirilmesi (a) ve Kolektöre Sabitlenmesi (b)



(a)



(b)

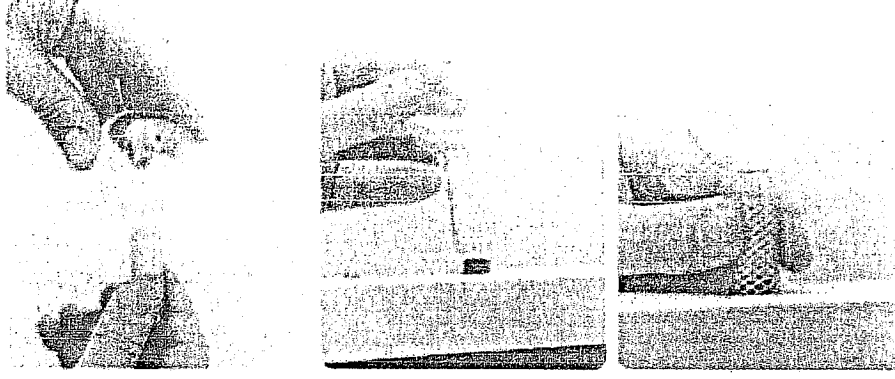
Güneş kolektörünün arka yüzeyine Şekil 7.6c'de görüldüğü gibi ısı yalıtım panelini yerleştiriniz. Bu işlem cam koruyucusunun güneş kolektörüne sabitlenmesine benzerdir. Cam koruyucu sabitlenmesi için yapılan açıklamaları ısı yalıtım paneli için tekrarlayınız.

Kolektörde ısınan su bir miktar genişleyecektir. Sistemdeki genişleyen suyun fazla miktarının toplanacağı yer olarak dibi delikli olan balon joje kullanılacaktır. Dibi delikli balon jopenin kolektöre bağlanması için yaklaşık 5 cm uzunluğunda örgülü şeffaf su hortumu kullanılacaktır. Şeffaf hortumu Şekil 7.8'deki gibi balon jeye takınız. Daha sonra hortumun boşta kalan diğer ucunu kolektör kasasının üzerinde bulunan siyah renkli yuvaya dikkatlice takınız.

DİKKAT

Örgülü şeffaf su hortumunu balon jeye takarken, hortumun ucunu dikkatlice balon jeye sokunuz. Hortumun ucunu balon jeye sokarken, hortumun ucunu balon jeye sokmadan önce hortumun ucunu balon jeye sokmanız gerekir.

Şekil 7.8



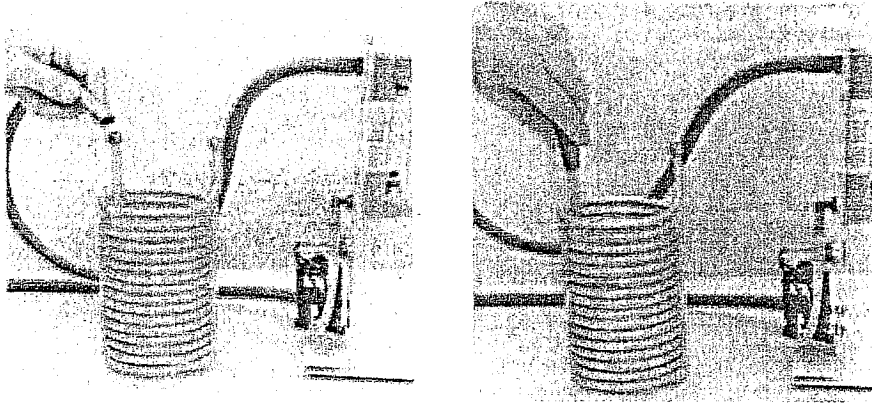
Orgünlü Şeffaf Su Hortumunun Balon Jojeye ve Güneş Kolektöründeki Emniyet Yuvasına Takılması

Su akış ölçerin eşanjöre ve kolektöre bağlantısı için aşağıdaki işlemleri gerçekleştiriniz.

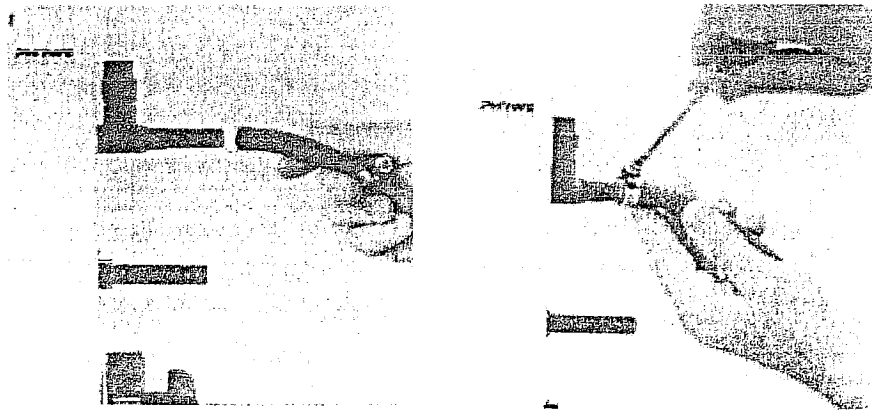
- Daha önceden akış ölçerin çıkış ucuna bağladığınız kauçuk hortumun boşta kalan diğer ucunu Şekil 7.9a'da görüldüğü gibi eşanjörün alt ucundan gelen çıkış ucuna takınız.
- Benzer şekilde sirkülasyon pompasının sıvı giriş yuvasından gelen kauçuk hortumu Şekil 7.9b'de görüldüğü gibi güneş kolektörünün sağ üst kısmındaki sıvı çıkış ucuna takınız ve tornavida yardımı ile kelepçeyi sıkarak hortumu sabitleyiniz.

Böylece sıvı akış ölçerin sirkülasyon devresine bağlantısı sağlanmış olur.

Şekil 7.9



(a)



(b)

Su Akış Ölçerin Eşanjöre Bağlantısı (a) ve Kauçuk Hortumun Kolektöre Sabitlenmesi (b)

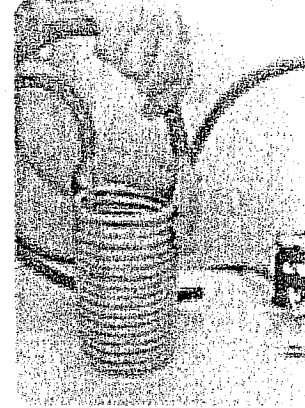
Şimdi de eşanjörün kollektöre bağlantısı için aşağıdaki işlemleri gerçekleştiriniz.

- Eşanjörün boşta olan ucuna yaklaşık 75 cm uzunluğundaki kauçuk hortumun bir ucunu Şekil 7.10a'da görüldüğü gibi takınız.
- Kauçuk hortumun boşta kalan diğer ucunu güneş kollektörünün sağ tarafında bulunan sıvı çıkış ucuna Şekil 7.10b'de görüldüğü gibi takınız ve torna-vida yardımı ile kelepçeyi sıkarak hortumu sabitleyiniz.

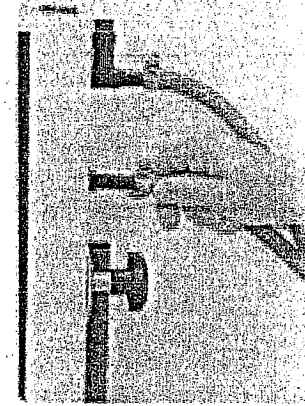
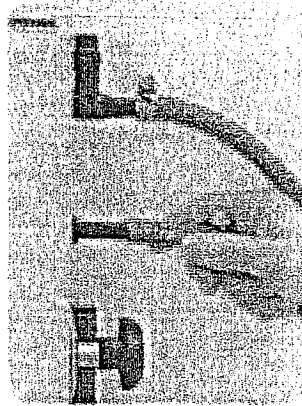
Böylece sıvı akış ölçer, eşanjör ve güneş kollektörünün sıvı sirkülasyon bağlantıları tamamlanmış olur.

Şekil 7.10

*Eşanjörün Çıkış
Ucuna Kauçuk
Hortumun
Takılması (a) ve
Hortumun Güneş
Kollektörüne
Takılması (b)*



(a)

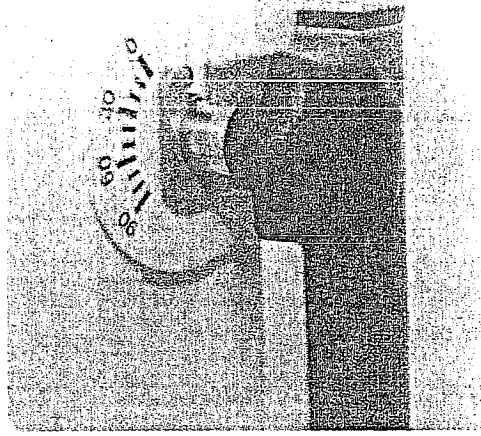


(b)

Güneş kollektörünün konumunu ayarlamak için aşağıdaki işlemleri gerçekleştiriniz.

- Güneş kollektörünü üzerinde bulunduğu düzleme dik konumda olup olmadığını kontrol ediniz.
- Güneş kollektörü üzerinde bulunan sıfır aç çizgisinin Şekil 7.11'de görüldüğü gibi destek ayağının sağ tarafındaki tutucunun köşesine gelmesini sağlayınız ve sabitleme vidası ile kollektörü destek ayağına sabitleyiniz.

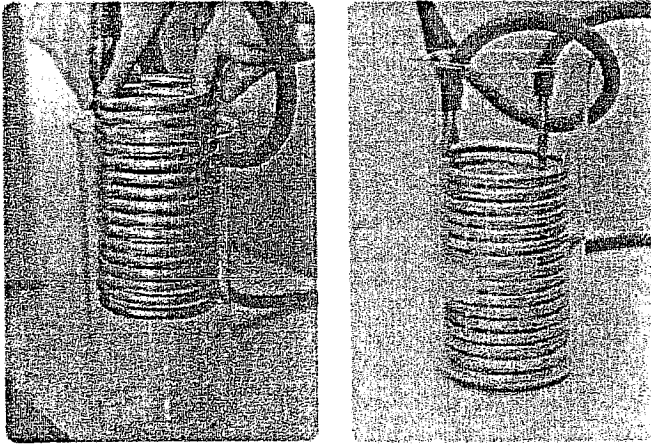
Şekil 7.12



Güneş
Kolektörünün
Üzerinde
Bulunduğu
Düzleme Dik
Konuma Getirilmesi

Güneş kolektörü sistemine bağlantısı yapılmış olan eşanjörü 2 litrelik behere dikkatlice yerleştiriniz. (Şekil 7.12b). Eşanjör helezonik yapıda olduğundan her iki yanından esnemesine izin vermeyecek şekilde iki elinizle tutunuz ve behere yavaşça yerleştiriniz.

Şekil 7.13



Eşanjörün Beherede
Yerleştirilmesi

Eşanjörün bulunduğu beheredeki suyun sıcaklığını ölçmek için kullanacağınız termometreyi beherede yerleştirmek için aşağıdaki işlemleri gerçekleştiriniz.

DİKKAT

- Termometre tutacağı hazırlamak için destek çubuğunu üçgen ayak üzerindeki kanala yerleştiriniz ve üçgen ayakta bulunan vida ile Şekil 7.13a'da görüldüğü gibi destek çubuğunu sabitleyiniz. Destek çubuğuna iki yönlü tutturucuyu üstten geçirerek sabitleyiniz. Kısaçlı tutturucuyu iki yönlü tutturucuya Şekil 7.13b'de görüldüğü gibi takarak tutturucudaki üst vida ile sabitleyiniz. Böylece termometre tutacağı kullanılmak üzere hazırdir.

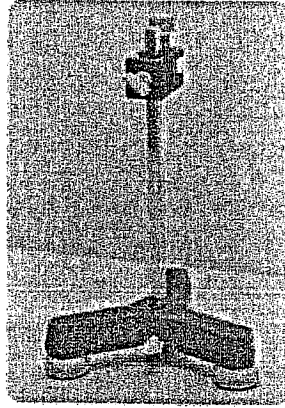
DİKKAT

- Hazırlamış olduğunuz termometre tutacağı Şekil 7.13c'de görüldüğü gibi eşanjörün bulunduğu beherin yanında uygun bir yere getiriniz. Kısaçlı tutturucunun mantarlı tutma kısmının beherin ortasına gelmesini sağlayınız. Sıcaklık ölçmek için kullanacağınız laboratuvar tipi cam termometrenizi (-10....+100 °C aralıklı) Şekil 7.12d'de görüldüğü gibi kısaçlı tutturucunun arasına alınız ve tutturucunun vidasını yavaş bir şekilde sıkarak cam termometreyi sabitleyiniz. Termometrenin ucu eşanjör veya cam beherin çeperi ile temas etmemelidir.

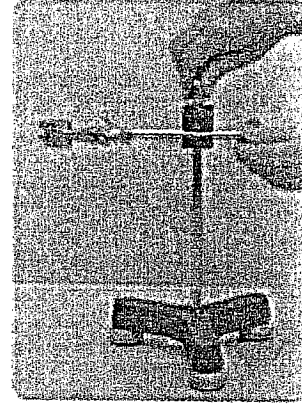
Böylece eşanjörün bulunduğu beherdeki suyun sıcaklığını belirlemek için kullanacağımız deney düzeneği hazırdır.

Şekil 7.13

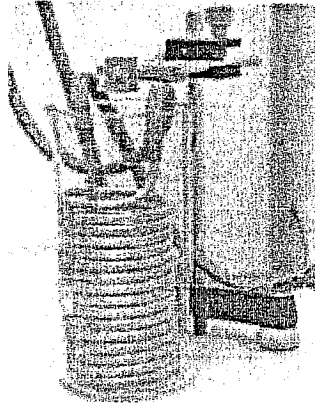
Termometre
Tutacağı (a - c) ve
Cam
Termometrenin
Tutacağına
Sabitlemesi (d).



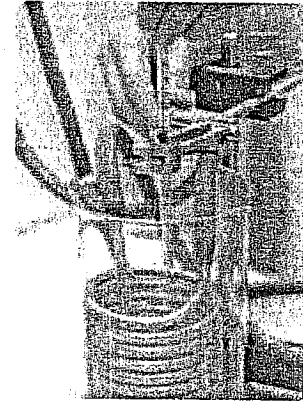
(a)



(b)



(c)



(d)

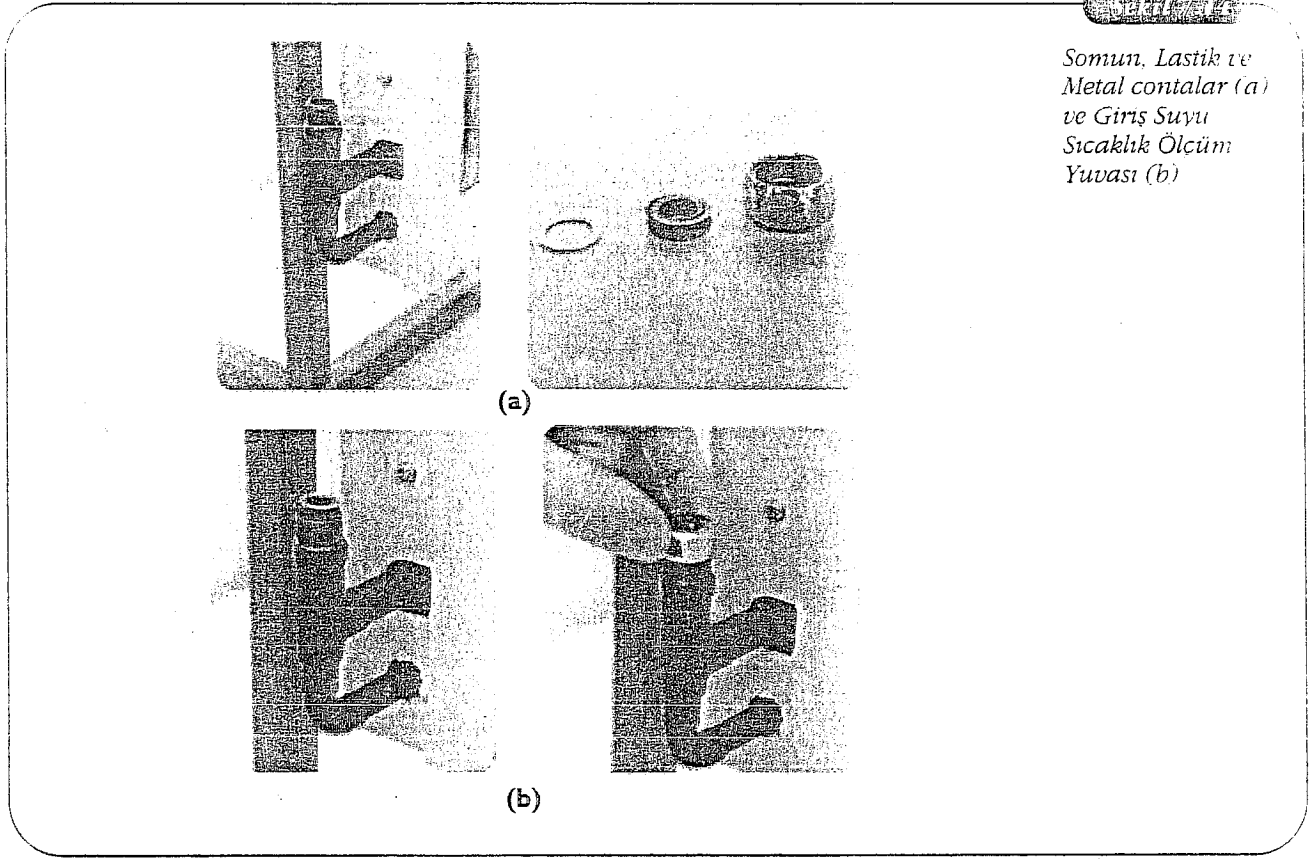
Güneş kolektörüne giriş suyunun sıcaklığını ölçmek için kullanacağınız termometreyi kolektöre yerleştirmek için aşağıdaki işlemleri gerçekleştiriniz.

DİKKAT

Ölçüm için kullanılacak termometrenin ölçme aralığı -10...+100 °C olarak ayarlanmalıdır.

- Termometrenin güneş kolektörüne takılmasında kullanacağınız somun, lastik ve metal contalar ile güneş kolektörünün sol tarafında bulunan giriş suyu sıcaklık ölçme borusu Şekil 7.14a'da görülmektedir.

- Sekil 7.14a'da görülen borunun en üstüne önce lastik sonra metal contayı yerleştiriniz. Daha sonra somunu boruyu tutacak kadar sıkınız (Sekil 7.14b).



Somun, Lastik ve Metal contalar (a) ve Giriş Suyu Sıcaklık Ölçüm Yuvası (b)

Cam termometreyi metal boruya sokarken dikkatli davranınız. Aksi takdirde kırılabilir.

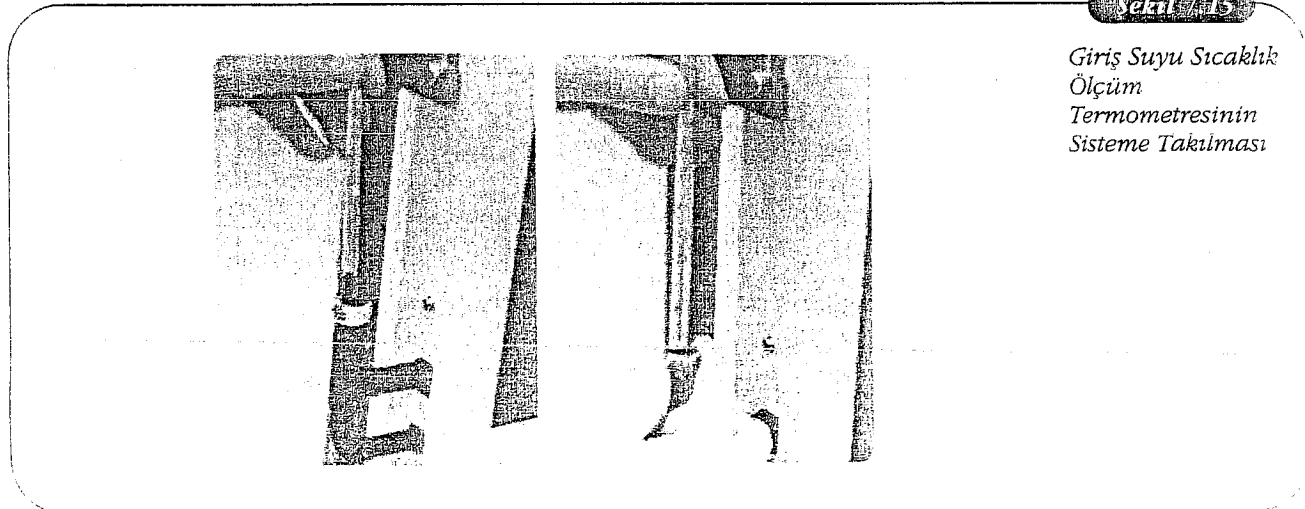


DIKKAT

- Sıcaklık ölçmek için kullanacağınız laboratuvar tipi cam termometrenizi (-10 ...+100 °C aralıklı) Şekil 7.15'te görüldüğü gibi somun takmış olduğunuz su borusuna bir miktar girmesini sağlayınız. Bir elinizle termometreyi tutarken diğer elinizle yavaşça somunu saatin dönüşü yönünde sıkarak termometreyi sabitleyiniz. Termometrenin ucu metal borunun tabanına temas etmemelidir.

Sekil 7.15

Giriş Suyu Sıcaklık Ölçüm Termometresinin Sisteme Takılması

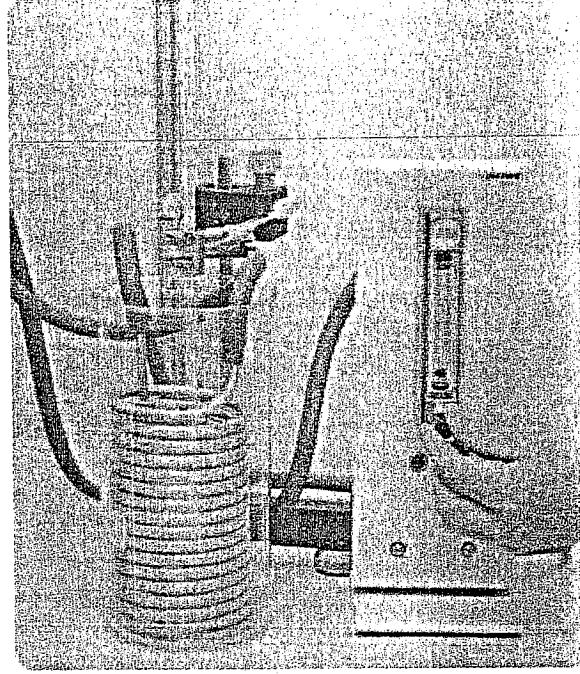


Şimdi de güneş kollektörüne ve sirkülasyon sistemine saf su doldurmak için aşağıdaki işlemleri gerçekleştiriniz.

- Şekil 7.16'da görüldüğü gibi su akış ölçerin akış hızı ayar düğmesini saatin dönüşünün tersi yönünde çevirerek açınız.

Şekil 7.16

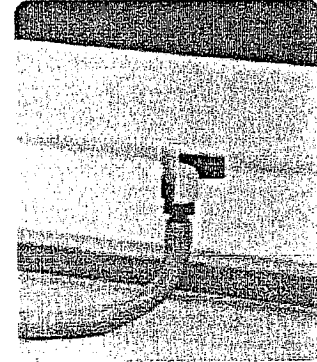
*Su Akış Ölçerin
Açık Konuma
Getirilmesi*



- Güneş kollektörünün alt kısmında bulunan su tahliye musluğuna yaklaşık 1,5 m uzunluğundaki kauçuk hortumunu Şekil 7.17'de görüldüğü gibi takınız.

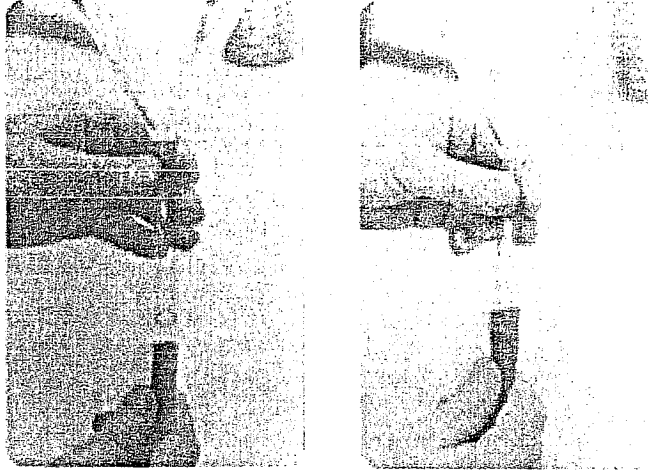
Şekil 7.17

*Güneş Kollektörü
Su Tahliye
Borusunun
Takılması*



- Kauçuk hortumun boşta kalan ucuna cam veya plastik huniyi Şekil 7.18'de görüldüğü gibi takınız ve su tahliye musluğunu açınız.

DİKKAT



Cam Huninin Su Tabliye Hortumuna Takılması

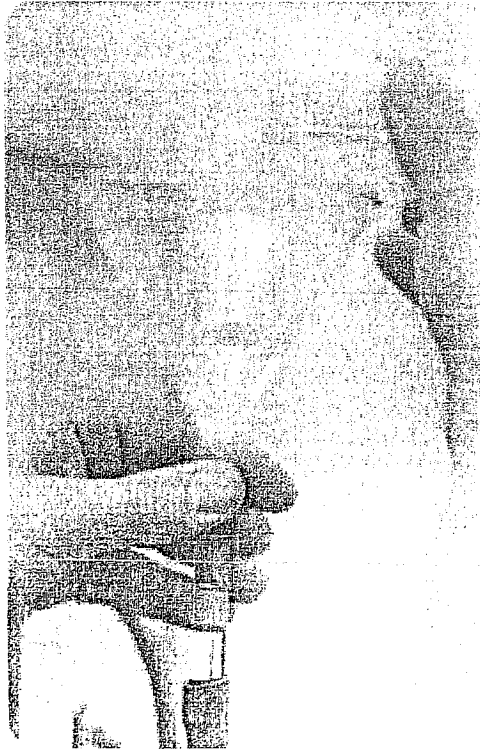
Eğer cam huni kullanıyorsanız kauçuk hortuma dikkatli olunuz. Elinizi kesebilirsiniz.



DİKKAT

- Şekil 7.19'da görüldüğü gibi güneş kolektörü tahliye musluğuna taktığınız kauçuk hortumu ve huniyi kullanarak kolektör sistemini saf suyla doldurunuz. Su doldurma işlemi esnasında huni seviyesi ile güneş kolektörünün üst seviyesinin aynı olmasına dikkat ediniz. Kolektöre su doldurmak için 100 ml'lik plastik beheri kullanmanız su doldurma işlemi kolaylaştıracaktır. Kolektör sisteminin hacmi yaklaşık 500 ml'dir. Kolektörün su ile dolup dolmadığını çıkış suyu sıcaklık ölçümü için kullanılacak olan borudan gözleyebilirsiniz.

Şekil 7.19

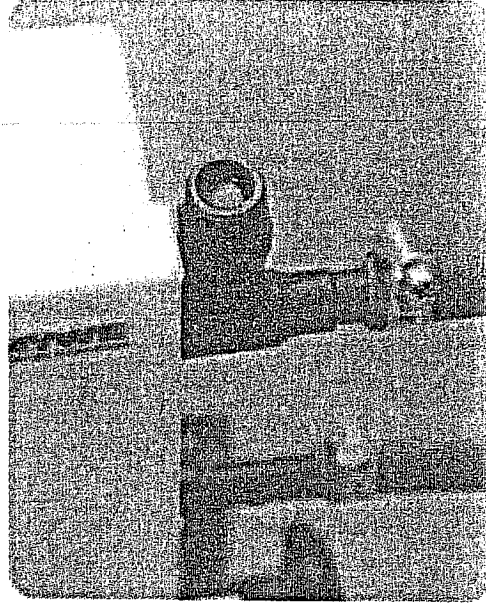


Güneş Kollektör Sistemine Saf Su Doldurulması

- Borunun içi Şekil 7.20'de görüldüğü gibi su ile dolduğunda kollektörün alt tarafında bulunan su tahliye musluğunu kapatınız. Huniyi kauçuk hortumdan çıkarınız ve masa üzerinde uygun bir yere bırakınız. Su tahliye hortumunu masada sisteme takılı olarak bırakınız.

Şekil 7.20

Güneş
Kollektöründeki
Su Seviyesinin
Kontrol Yeri

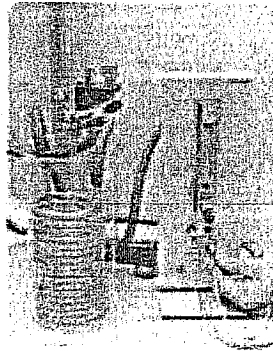


Kollektör sisteminde kalan hava kabarcıklarını çıkarmak ve deney esnasında su sirkülasyonunu sağlamak için sirkülasyon pompası kullanılacaktır. Sirkülasyon pompasının güç kaynağına elektriksel bağlantısını sağlamak için aşağıdaki işlemleri gerçekleştiriniz.

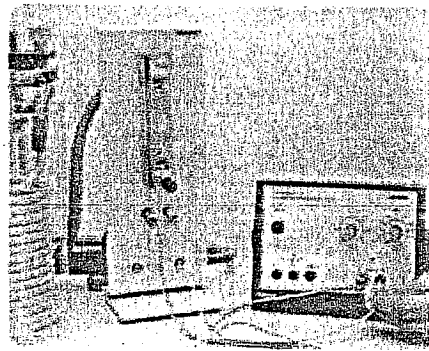
- Kırmızı ve mavi renkli elektrik bağlantı kablolarını Şekil 7.21a'da görüldüğü gibi su akış ölçerinin altında bulunan aynı renkli yuvalara takınız.

Şekil 7.21

Elektrik Bağlantı
Kablolarının Su
Akış Ölçerine (a)
ve DC Güç
Kaynağına
Takılması (b)



(a)



(b)

- Renkli kabloların boşa kalan uçlarını da Şekil 7.21b'de görüldüğü gibi dc güç kaynağı üzerindeki aynı renkli yuvalara takınız. Böylece sirkülasyon pompasının güç kaynağına elektriksel bağlantısı sağlanmış olur.

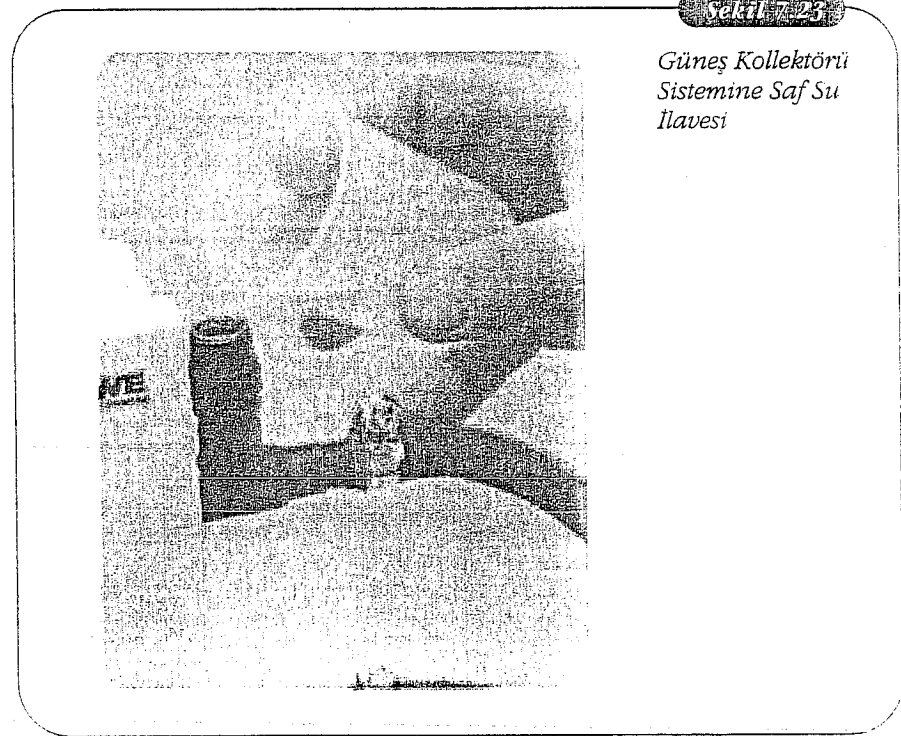
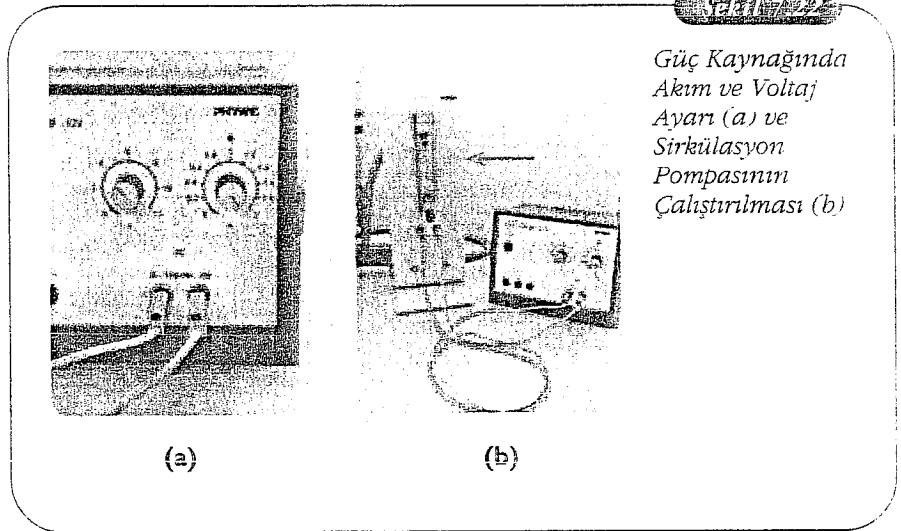
Sirkülasyon pompasını çalıştırmak için aşağıdaki işlemleri gerçekleştiriniz.

- Güç kaynağı üzerindeki V (VOLTAJ) düğmesini Şekil 7.22a'da görüldüğü gibi 4 volt çizgisine getiriniz. Benzer şekilde A (AKIM) düğmesini 2 amper çizgisine getiriniz.
- Su akış hızı ölçerinin üzerindeki açma kapama düğmesinin açık konumda olduğunu kontrol ediniz. Düğme saatin dönüş yönünde çevrildiğinde akış ölçer açık konumda demektir.
- Güç kaynağını topraklı prize takınız ve güç kaynağının arka yüzünde bulunan açma-kapama düğmesi ile güç kaynağını çalıştırınız.

Sirkülasyon pompasının çalışması ile birlikte Şekil 7.22b'de görüldüğü gibi su akış ölçerinde bulunan siyah renkli bilya yukarı doğru hareket ederek suyun güneş kolektörü sisteminde dolaştığını gösterecektir. Bu esnada su akış ölçerden geçen hava kabarcıklarını görebileceksiniz. Sistem içinde kalan hava kabarcıkları su sirkülasyonu ile birlikte lıkır-lıkır şeklinde ses çıkararak kolektör üzerinde bulunan çıkış suyu sıcaklığını ölçmek için kullanacağınız borudan tahliye olacaktır.

Hava kabarcıklarının sistemden tahliye olması ile birlikte Şekil 7.20'de görüldüğü gibi başlangıçta dolu olan su seviyesi düşmeye başlayacaktır. Sistemdeki su seviyesini tekrar eski durumuna getirmek için Şekil 7.23'te görüldüğü gibi 100 ml'lik beherle yeterli miktarda saf su ekleyiniz. Su akış ölçerden hava kabarcıklarının geçişi kayboluncaya kadar sirkülasyon pompasını çalıştırmaya ve gerekiyorsa saf su eklemeye devam ediniz. Hava kabarcıkları kaybolunca sistemin tamamen su ile dolduğuna dikkat ederek dc güç kaynağını açma-kapama düğmesinden kapatınız.

Güneş kolektörü çıkış suyunun sıcaklığını ölçmek için kullanacağınız termometreyi kolektöre yerleştirmek için aşağıdaki işlemleri gerçekleştiriniz.



- Termometrenin güneş kollektörüne takılmasında kullanacağınız somun, lastik ve metal contalar Şekil 7.14a'da görülmektedir. Güneş kollektörünün sağ tarafında en üstte bulunan çıkış suyu sıcaklık ölçme borusu üzerine Şekil 7.24'te görüldüğü gibi önce lastik sonra metal contayı yerleştiriniz. Somunu boruya takınız ve boruyu tutacak kadar sıkınız.

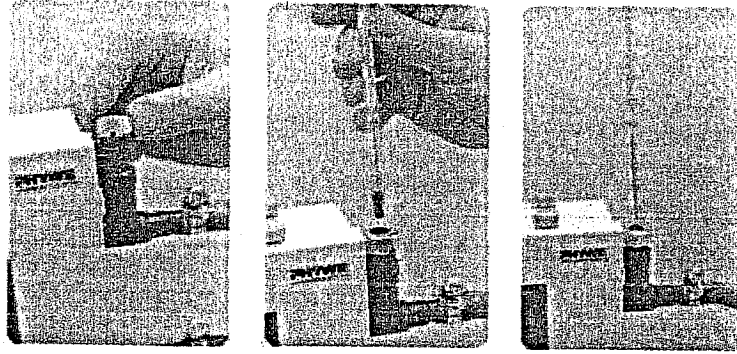
DİKKAT

Çıkış suyu sıcaklık ölçme borusu, termometre kollektörüne takılırken, Pa. Üstünlüğü, suyunun boru içine girmesine dikkat edilmelidir.

- Sıcaklık ölçmek için kullanacağınız laboratuvar tipi cam termometrenizi (-10 ...+110 °C aralıklı) Şekil 7.24'te görüldüğü gibi somun takmış olduğunuz su borusuna bir miktar girmesini sağlayınız. Bir elinizle termometreyi tutarken diğer elinizle yavaşça somunu saatin dönüşü yönünde sıkarak termometreyi boruya sabitleyiniz. Termometrenin ucu metal borunun tabanına temas etmemelidir.

Şekil 7.24

Çıkış Suyu Sıcaklık Ölçüm Termometresinin Ölçüm Yuvasına Takılması

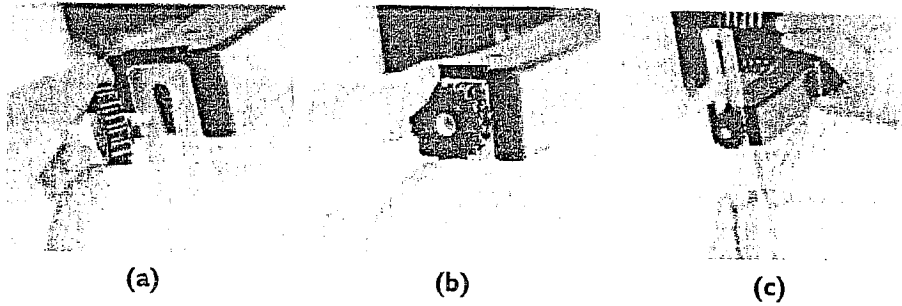


İşık kaynağı olarak kullanacağınız lamba sistemini hazırlamak için aşağıdaki işlemleri gerçekleştiriniz.

- Lambanın destek çubuğuna takılması için ortası boşluklu metalik renkli plakayı Şekil 7.25a'da görüldüğü gibi halojen lambanın tabanında bulunan yuvaya takınız ve sıkıştırma vidası ile bir miktar sıkınız (Şekil 7.25b). Metal plakayı Şekil 7.25c'de görüldüğü gibi bir miktar sola doğru kaydırarak, sıkıştırma vidası ile halojen lambaya sabitleyiniz.

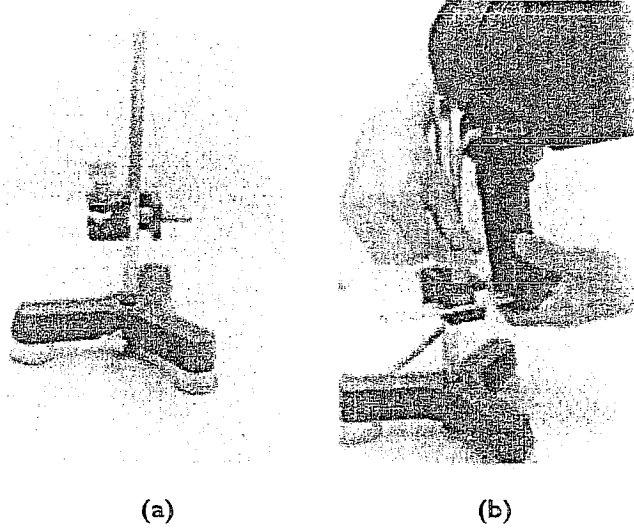
Şekil 7.25

Metalik Renkli Plakanın Halojen Lambaya Takılması



- Halojen lambanın takılacağı kare şeklindeki destek cubugunu üçgen ayak içindeki yuvaya yerleştiriniz ve sıkıştırma vidası ile sabitleyiniz (Şekil 7.26a). Halojen lambaya takılı metalik renkli plakayı Şekil 7.26b'de görüldüğü gibi iki yönlü tutturucuya yerleştiriniz ve sıkıştırma vidası ile sabitleyiniz.

Şekil 7.26

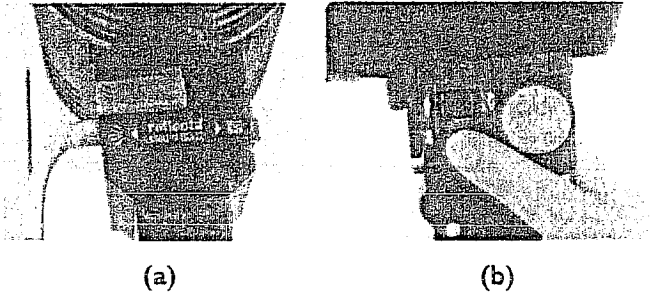


Üçgen Ayaklı Destek Çubuğu (a) ve Halojen Lambanın Destek Çubuğuna Takılması (b)

Halojen lamba doğrusal ve küresel olmak üzere iki farklı yayılma doğrultusuna sahip ışık üretmektedir. Bu deneyde küresel olarak yayılan ışık kullanılacaktır. Şekil 7.27a'da görüldüğü gibi lambanın tutacağında bulunan turuncu renkli mandalı dairesel olarak çevirerek ışık doğrultusu seçim işlemini yapınız.

- Halojen lambanın açma-kapatma anahtarı Şekil 7.27b'de görülen lambanın tutacağındaki düğmedir. Açma-kapatma anahtarının üzerindeki anahtar da ışık şiddeti seçici anahtarıdır. Az veya fazla ışık şiddeti seçeneği bu anahtarla belirlenir.

Şekil 7.27



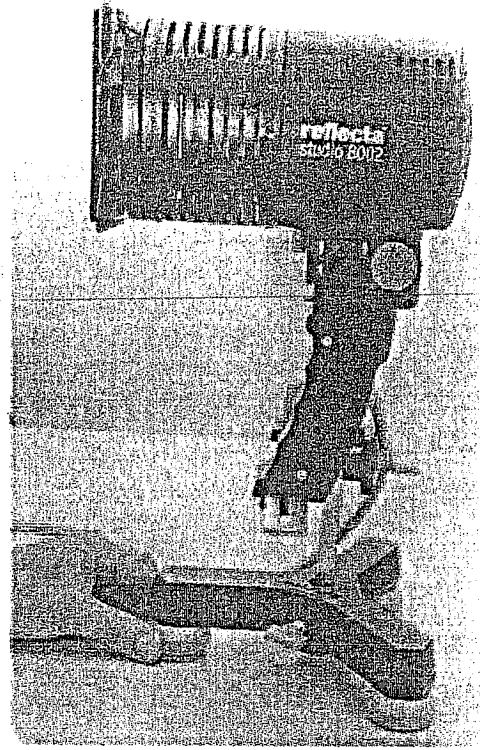
İşık Yayılma Doğrultusu (a) ve Halojen Lamba Açma-Kapatma ve Işık Şiddeti Ayar Anahtarları (b)

DİKKAT

- Halojen lambayı üzerinde bulunduğu masaya paralel olmasını Şekil 7.28'de görüldüğü gibi üçgen ayakta bulunan ayar vidalarından uygun olanını sağa-sola çevirerek sağlayınız.

Şekil 7.28

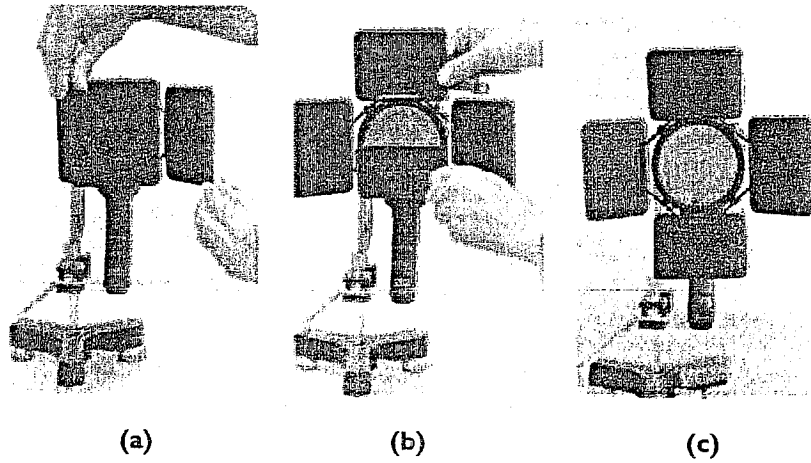
Halojen
Lambanın Zemine
Paralelliğinin
Sağlanması



- Halojen lambanın önündeki koruma kapağını açmak için ilk önce sol ve sağ kanatlarını Şekil 7.29a'daki gibi dairesel olarak çevirerek açınız. Benzer şekilde alt ve üst kapakları Şekil 7.29b'deki gibi açınız. Halojen lamba Şekil 7.29c'de görüldüğü gibi kullanıma hazırdır.

Şekil 7.29

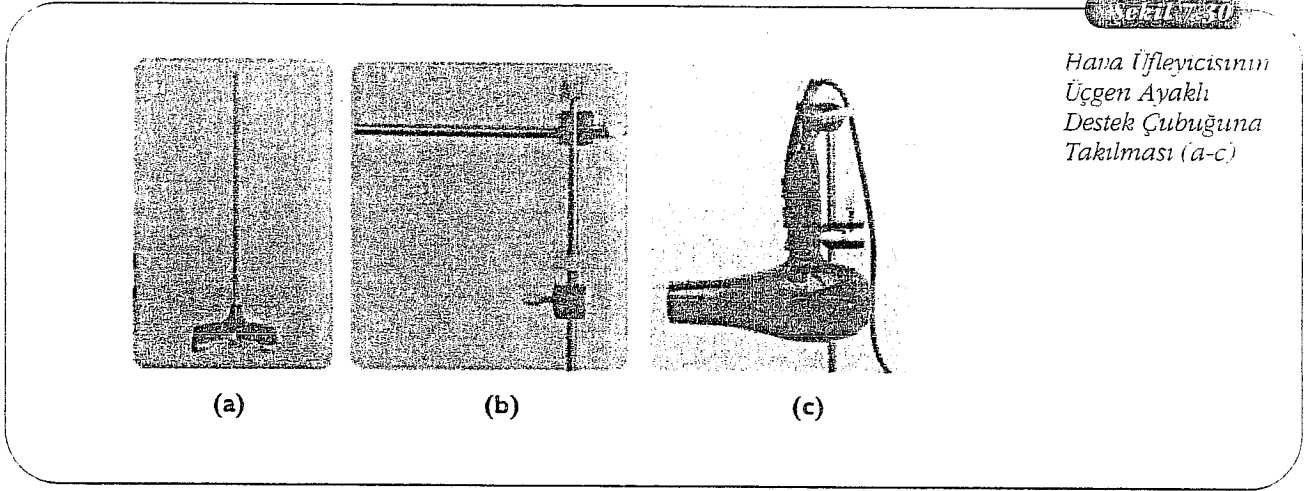
Halojen
Lambanın
Koruma
Kapağının
Açılması (a-c)



Rüzgar kaynağı olarak kullanacağımız hava üfleyicisi sistemini oluşturmak için aşağıdaki işlemleri gerçekleştiriniz.

- Hava üfleyicisini yerleştireceğiniz üçgen ayak üzerine yuvarlak destek çubuğunu Şekil 7.30a'daki gibi yerleştiriniz ve sıkıştırma vidası ile sabitleyiniz.

- Destek çubuğunun üst tarafına ve biraz aşağısına Şekil 7.30b'de görüldüğü gibi iki yönlü tutturucuları takınız ve vida ile sabitleyiniz. Kısa ve yuvarlak destek çubuğunu üst taraftaki iki yönlü tutturucuya yerleştiriniz ve vida ile sabitleyiniz.



- Hava üfleyicisi tutacağına ucunda bulunan askı yerinden üfleyiciyi Şekil 7.30c'de görüldüğü gibi destek çubuğuna takınız ve alt taraftaki iki yönlü tutturucu ile destekleyiniz.

Hava üfleyicisinin üzerinde bulunduğu zemine paralel olmasını sağlayınız.



Behere dolduracağınız suyun sıcaklığının oda sıcaklığının üzerindeki bir değerde olmasını istiyorsanız suyu ısıtmak için taşınabilir su ısıtıcısı kullanınız. Böyle bir deney yapmak istediğinizde su ısıtıcısını behere yerleştirmek için aşağıdaki işlemleri yapmanız gerekir.

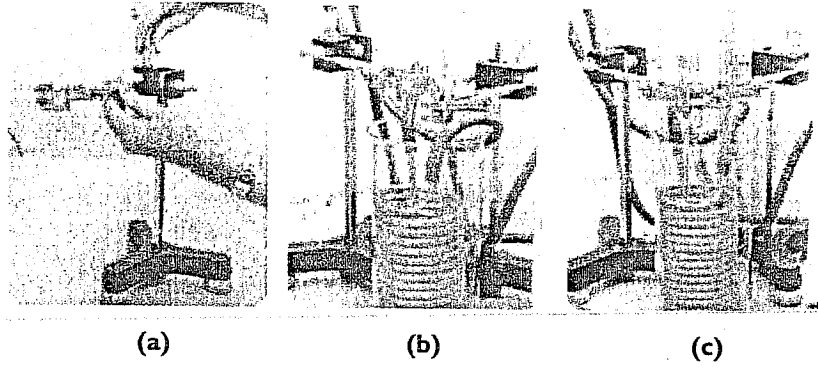
- Su ısıtıcısı tutacağını hazırlamak için destek çubuğunu üçgen ayak üzerindeki kanala yerleştiriniz ve üçgen ayakta bulunan vida ile destek çubuğunu sabitleyiniz. Destek çubuğuna iki yönlü tutturucuyu üstten geçirerek sabitleyiniz. Kısa tutturucuyu iki yönlü tutturucuya Şekil 7.31a'da görüldüğü gibi takarak tutturucudaki üst vida ile sabitleyiniz.
- Hazırlanmış olduğunuz su ısıtıcısı tutacağını Şekil 7.31b'de görüldüğü gibi eşanjörün bulunduğu beherin yanında uygun bir yere getiriniz. Kısa tutturucunun mantarlı tutma kısmının beherin ortasına gelmesini sağlayınız. Su ısıtıcısının tutma yerini Şekil 7.31c'de görüldüğü gibi kısa tutturucunun arasına alınız. Tutturucunun vidasını sıkarak su ısıtıcısını sabitleyiniz. Su ısıtıcısı eşanjör ve cam termometre ile temas etmemelidir.

Böylece beherdeki suyun sıcaklığını istediğimiz değere arttırabilmek için kullanacağımız su ısıtma sistemi hazırdır. Bu deneyde su ısıtıcısı kullanılmamakla beraber yapacağınız deneyden sonra zamanınız olursa Tablo 7.1'de verilen deney numaraları 6 ile 9 arasından istediğiniz birisini yapabilirsiniz.

DİKKAT

Şekil 7.31

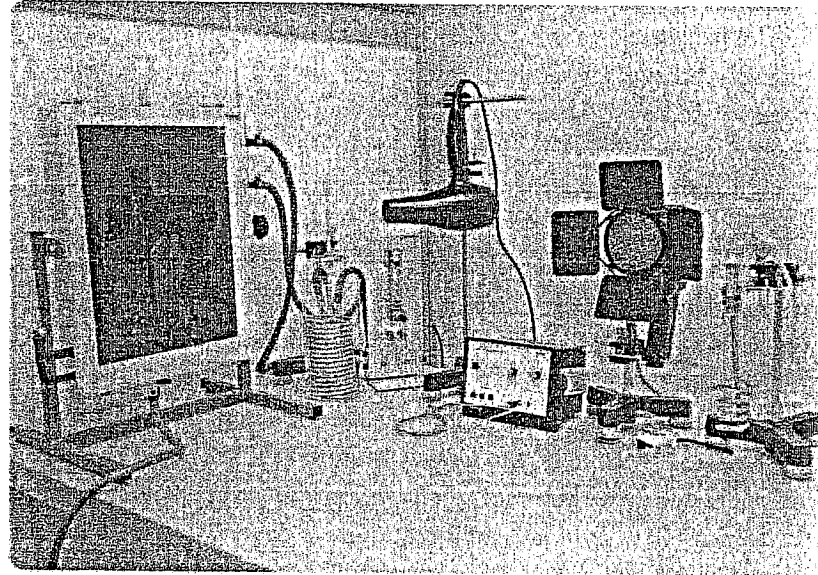
Seyyar Su
Isıtıcısının Üçgen
Ayaklı Destek
Çubuğuna
Takılması



Böylece hazırladığımız güneş kollektörü sistemi Şekil 7.32'de görüldüğü gibi deney yapmak üzere hazırdır.

Şekil 7.32

Güneş Kollektörü
Deney Sistemi



DENEYİN YAPILIŞI

Güneş kollektörünün verimini hesaplamak için iki farklı koşulda deney yapılacaktır. Her iki deneyde de güneş kollektöründe ısı yalıtım paneli ve kollektörü dış etkenlerden koruyucu cam panel takılı olacaktır. Güneş kollektörü ile gerçekleştireceğiniz farklı deney koşulları Tablo 7.2'de verilmiştir.

Tablo 7.2

Farklı Deney
Koşulları ve Ölçüm
Sonuçları

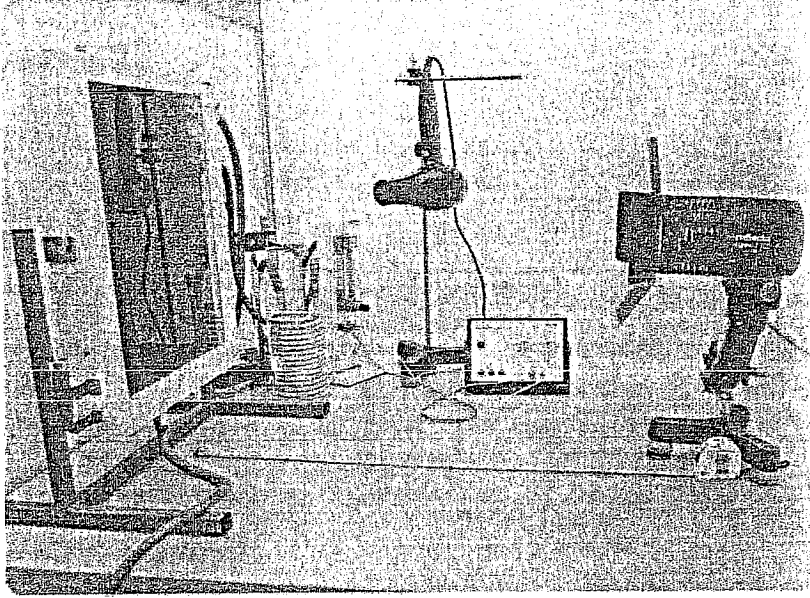
Deney Numarası	Isı Yalıtımı	Cam Panel	Işık Kaynağı	Hava Üfleyicisi	Giriş Suyu Sıcaklığı (°C)	Çıkış Suyu Sıcaklığı (°C)	Verim %
1	+	+	+	+			
2	+	+	+	-			

Bir Numaralı Deney

Bir numaralı deneyin koşulları Tablo 7.2'de verilmiştir. Deneyi yapmak için aşağıdaki işlemleri arkadaşınızla birlikte gerçekleştiriniz.

- Hazırlamış olduğunuz üçgen ayaklı destek üzerinde bulunan halojen lambayı Şekil 7.33'te görüldüğü gibi güneş kolektörünün tam karşısına gelecek şekilde yerleştiriniz. Lamba ile kolektör arasındaki mesafeyi şerit metreyi kullanarak yaklaşık 70 cm olarak belirleyiniz. Ayrıca kolektörün orta noktası ile halojen lamba camının orta noktasının yaklaşık aynı olmasını sağlayınız. Yükseklik ayarı için şerit metreyi kullanınız. Halojen lambanın fişini topraklı prize takınız.

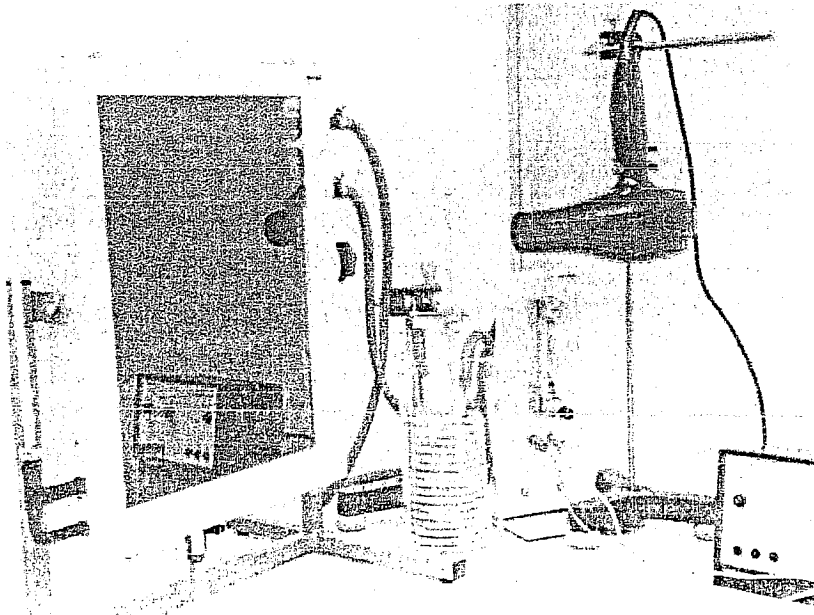
Şekil 7.33



Güneş Kolektörü ile Halojen Lamba Arasındaki Mesafenin Ayarlanması

- Hava üfleyicisini güneş kolektörü ile yaklaşık olarak 30° 'lik açı yapacak şekilde üfleyici ucu güneş kolektöründen bir kenarından yaklaşık 30 cm uzaklığa Şekil 7.34'te görüldüğü gibi yerleştiriniz. Hava üfleyicisinin fişini topraklı prize takınız.

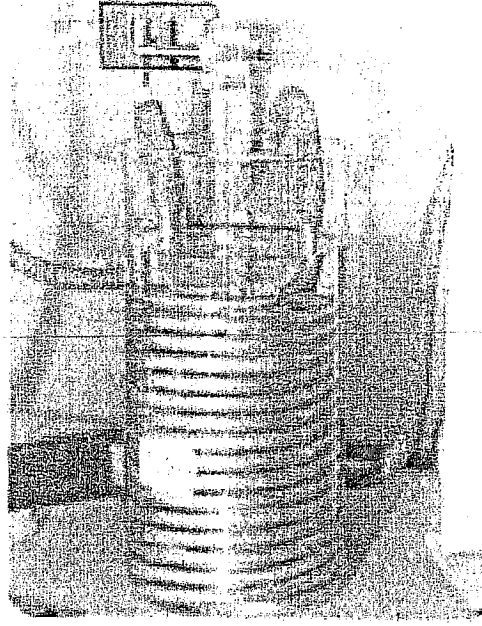
Şekil 7.34



Hava Üfleyicisinin Deney Sistemine Yerleştirilmesi

Şekil 7.35

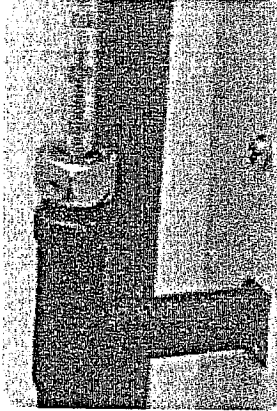
Saf Su Dolu
Beberdeki Su
Sıcaklığının
Okunması



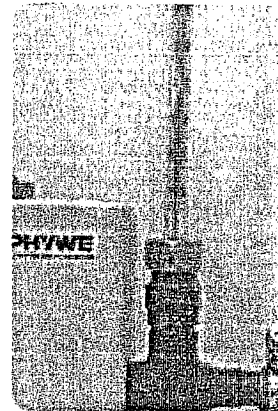
- Isı değiştiricisinin bulunduğu 2 litrelik beheri yaklaşık 20°C sıcaklıkta bulunan 2 litre saf su ile doldurunuz (Şekil 7.35). Yaklaşık 3 dakika bekledikten sonra beherdeki suyun sıcaklığını termometreden okuyunuz.
- Güneş kollektörü devresindeki su girişi ve çıkışındaki sıcaklıkları Şekil 7.36'da görülen ilgili termometrelerden okuyunuz. İki termometrenin gösterdiği sıcaklıkların aynı olup olmadığını kontrol ediniz. Eğer sıcaklık farklılığı varsa Deney Sonuçlarını Değerlendirme bölümünde dikkate alınız.

Şekil 7.36

Kollektöre Giriş ve
Çıkış Su
Sıcaklığının
Okunması



(a)

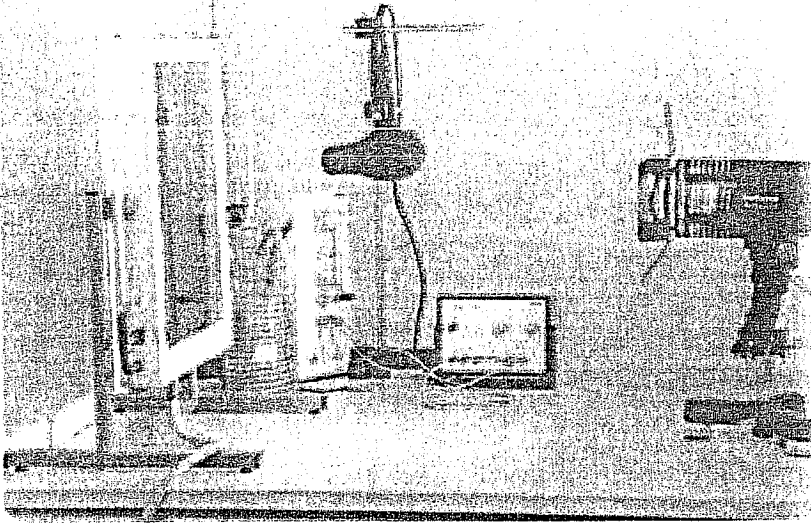


(b)

- Su akış ölçerin ayar düğmesinin tamamen açık olduğunu kontrol ediniz. Değilse açınız.
- DC güç kaynağının 4 V ve 2 A olarak ayarlanmış ve fişinin prize takılı olduğunu kontrol ediniz.

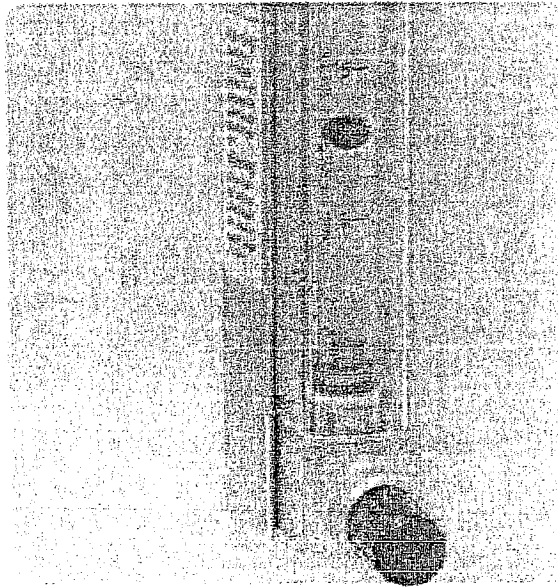
Halojen lambayı açma-kapama düğmesinden açınız. Hava üfleyicisini soğuk hava sağlayacak şekilde çalıştırınız (Şekil 7.37).

*Halojen Lambanın
ve Soğuk Hava
Üfleçicisinin
Çalıştırılması*



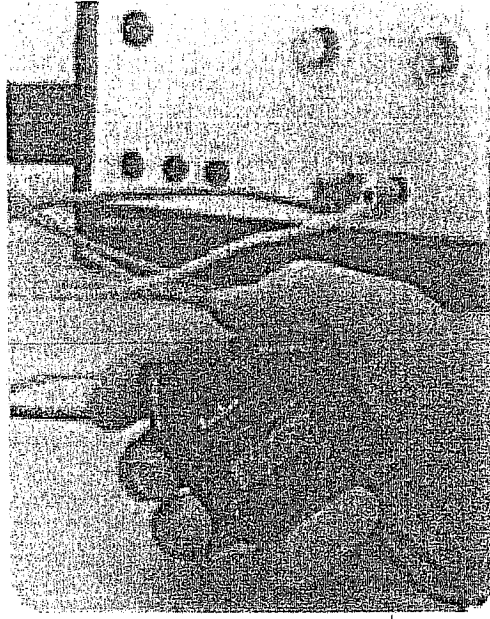
- Sirkülasyon pompasının bağlı olduğu dc güç kaynağını açınız.
- Sirkülasyon devresindeki suyun akış hızını $100 \text{ cm}^3/\text{dakika}$ olarak ayarlayınız. Akış ölçer devredeki suyun akış hızının onda birini göstermektedir. Bu nedenle ayarlamak istediğiniz $100 \text{ cm}^3/\text{dakika}$ değeri için akış ölçerin içindeki siyah renkli gösterge bilyasının Şekil 7.38'de görüldüğü gibi $10 \text{ cm}^3/\text{dakika}$ değerini gösterecek şekilde sabit kalmasını sağlayınız. Bu amaçla akış hızı kontrol düğmesini sağa veya sola gerektiği kadar çeviriniz.
- Deney süresi 15 dakikadır. Şekil 7.39'da görüldüğü gibi zaman ölçeri (kronometre) çalıştırınız.

Şekil 7.38



*Akış Ölçerin $100 \text{ cm}^3/\text{dakika}$
Değerine
Ayarlanması*

Zaman Ölçerin Çalıştırılması



- 15 dakikalık deney esnasında da suyun akış hızını zaman zaman kontrol ediniz. Değişirse tekrar $10 \text{ cm}^3/\text{dakika}$ değerini gelmesini sağlayınız.
- Deney süresi bitince güneş kolektörü giriş ve çıkış su sıcaklıklarını ilgili termometrelerden okuyunuz ve Tablo 7.2'de ilgili yerlere yazınız.

DİKKAT

Deneyin yapılacağı alanın elektrik prizden keskinlikle çekim yapılmalıdır. Lambanın soğukken söndürülmesi için uygun bir yöntem kullanılmalıdır. Aksi halde lamba aşırı sıcaklıktan dolayı zarar görebilir.

- Halojen lambayı açma-kapama düğmesinden kapatınız.
- Sirkülasyon pompasının iki numaralı deneye başlamanıza kadar çalışmaya devam etmesinde bir sakınca yoktur.
- Hava üfleyicisini yaklaşık 3 dakika daha çalıştırınız, sonra açma-kapama anahtarından kapatınız ve masa üzerinde emniyetli bir yere bırakınız.

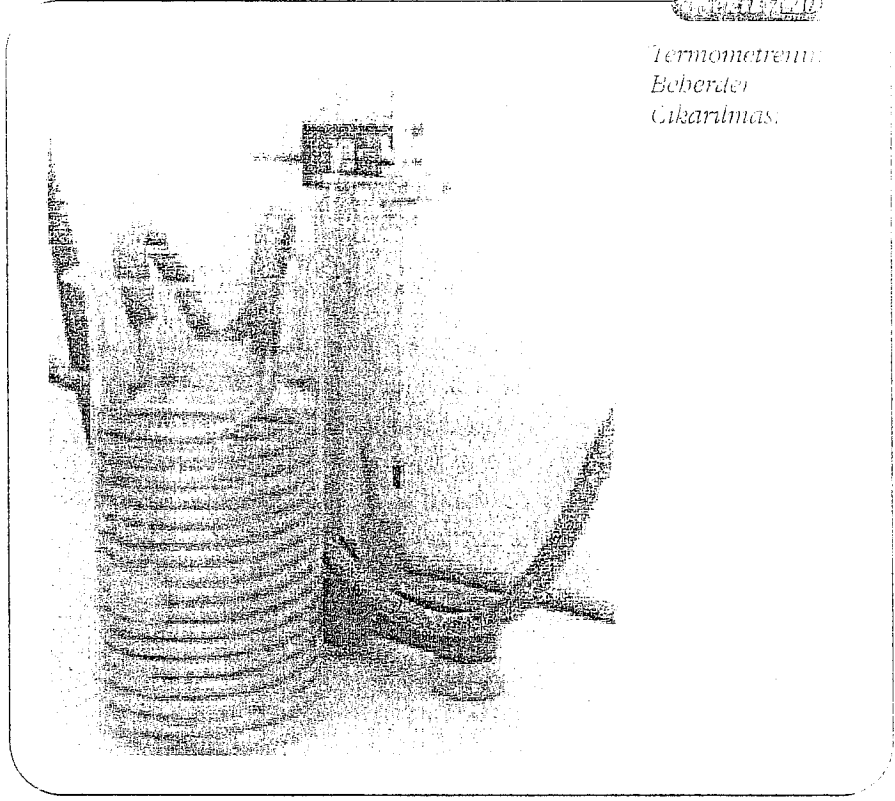
Bir numaralı deneyiniz tamamlanmıştır.

2 Numaralı Deney

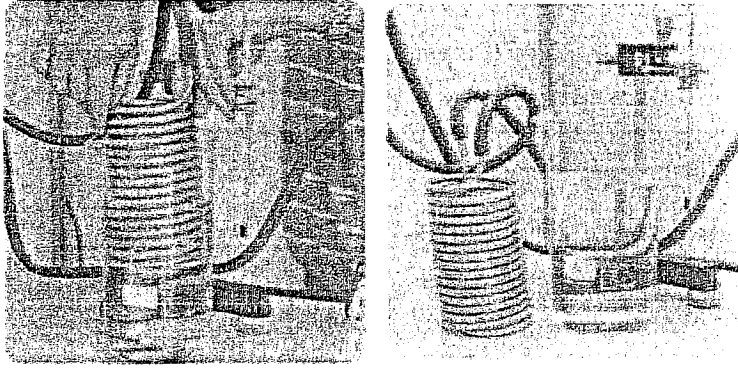
İki numaralı deneyin koşulları Tablo 7.2'de verilmiştir. Deneyi yapmak için aşağıdaki işlemleri arkadaşınızla birlikte gerçekleştiriniz.

- Sirkülasyon pompasını devre dışı bırakmak için dc güç kaynağını açma-kapama anahtarından kapatınız.
- 2 litrelik beherden termometreyi Şekil 7.40'ta görüldüğü gibi tutturucusundan ayırmadan dikkatli bir şekilde çıkarınız ve emniyetli bir yere bırakınız.
- Beherdeki eşanjörü Şekil 7.41'de görüldüğü gibi iki elinizi kullanarak dikkatli bir şekilde çıkarınız ve beherin yanına bırakınız.
- Beherin içindeki saf suyu geri dönüşüm kabına boşaltınız.
- Deneye başlamadan önce beş dakika bekleyiniz.
- Eşanjörü beherin içine dikkatli bir şekilde yerleştiriniz.
- 2 litrelik beheri yaklaşık 20°C sıcaklıkta bulunan 2 litre saf su ile doldurunuz.
- Su akış ölçerin ayar düğmesinin tamamen açık olduğunu kontrol ediniz. Değilse açınız.
- Sirkülasyon pompasını çalıştırmak için dc güç kaynağını açma-kapama anahtarından açınız.

- Sirkülasyon devresindeki suyun akış hızını $100 \text{ cm}^3/\text{dakika}$ olarak ayarlayınız. Akış ölçer devresindeki suyun akış hızının onda birini göstermektedir. Bu nedenle ayarlamak istediğiniz $100 \text{ cm}^3/\text{dakika}$ değeri için akış ölçerin içindeki siyah renkli göstergelerin bilyasının $10 \text{ cm}^3/\text{dakika}$ değerini gösterecek şekilde sabit kalmasını sağlayınız. Bu amaçla akış hızı kontrol düğmesini sağa veya sola gerektiği kadar çeviriniz.
- Daha önce çıkarmış olduğunuz termometreyi tuturucusunu da kullanarak beherde dikkatlice yerleştiriniz.



Şekil 7.20
Termometrenin Beherden Çıkarılması



Şekil 7.21
Eşanjörün Beherden Çıkarılması

- Yaklaşık 3 dakika bekledikten sonra beherdeki suyun sıcaklığını termometreden okuyunuz.
- Güneş kollektörü devresindeki su girişi ve çıkışındaki sıcaklıkları ilgili termometrelerden okuyunuz. İki termometrenin gösterdiği sıcaklıkların aynı olup olmadığını kontrol ediniz. Eğer sıcaklık farklılığı varsa Deney Sonuçlarını Değerlendirme bölümünde dikkate alınız.
- Güneş kollektöründen yaklaşık 70 cm uzakta bulunan halojen lambayı açma-kapama anahtarından açınız.
- Deney süresi 15 dakika dır. Zaman ölçeri (kronometre) çalıştırınız.
- 15 dakikalık deney esnasında da suyun akış hızını zaman zaman kontrol ediniz. Değişirse tekrar $10 \text{ cm}^3/\text{dakika}$ değerini gelmesini sağlayınız.
- Deney süresi bitince güneş kollektörü giriş ve çıkış su sıcaklıklarını ilgili termometrelerden okuyunuz ve Tablo 7.2'de ilgili yerlere yazınız.
- Halojen lambayı açma-kapama anahtarından kapatınız.

DIKKAT

Deneyin sonuna gelinceki ölçülen sıcaklık değeri, Eşitlik 7.7'den hesaplanabilir. Bu hesaplamayı deneyin sonuna gelinceki ölçülen sıcaklık değeriyle karşılaştırınız.

- Sirkülasyon pompasını devre dışı bırakmak için dc güç kaynağını açma-kapama anahtarından kapatınız ve fişini prizden çıkarınız.
- Halojen lambanın açma-kapama anahtarını kapattıktan yaklaşık beş dakika sonra fişini prizden çekiniz ve lambayı masa üzerinde emniyetli bir yere bırakınız.
- 2 litrelik beherdeki eşanjörü ve termometreyi daha önce açıklandığı gibi dikkatlice çıkarınız.
- Beherdeki saf suyu geri dönüşüm kabına boşaltınız.
- Eşanjörü ve termometreyi tekrar boş behere dikkatlice yerleştiriniz.

İki numaralı deneyiniz tamamlanmıştır. Deneyleri tamamladığınızı laboratuvar sorumlusuna bildiriniz.

DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**I Numaralı Deney**

1. Onbeş dakikada taşınan su miktarını kg/dakika cinsinden suyun akış hızı değerini kullanarak hesaplayınız.

.....

.....

.....

2. Deney sonunda kollektöre giriş ve çıkış su sıcaklıkları arasındaki fark kaç °C'dir?

.....

.....

.....

3. Elde edilen faydalı güç değerini joule/dakika cinsinden Eşitlik 7.7'den hesaplayınız.

.....

.....

.....

.....

4. Güneş kollektörünün bulunduğu konumdaki ışık şiddeti 1000 W/m^2 .saat olduğuna göre kollektör üzerine 15 dakika boyunca gelen ışık şiddetini W/m^2 .dakika cinsinden hesaplayınız.

.....

.....

.....

.....

5. İlk dört maddede bulduğunuz değerleri Eşitlik 7.8'de yerine yazarak güneş kolektörünün verimini yüzde olarak hesaplayınız.

.....

.....

.....

.....

2 Numaralı Deney

1. Onbeş dakikada taşınan su miktarını kg/dakika cinsinden suyun akış hızı değerini kullanarak hesaplayınız.

.....

.....

.....

2. Deney sonunda kolektöre giriş ve çıkış su sıcaklıkları arasındaki fark kaç °C'dir?

.....

.....

.....

3. Elde edilen faydalı güç değerini joule/dakika cinsinden Eşitlik 7.7'den hesaplayınız.

.....

.....

.....

.....

4. Güneş kolektörünün bulunduğu konumdaki ışık şiddeti 1000 W/m^2 .saat olduğuna göre kolektör üzerine 15 dakika boyunca gelen ışık şiddetini W/m^2 .dakika cinsinden hesaplayınız.

.....

.....

.....

.....

5. İlk dört maddede bulduğunuz değerleri Eşitlik 7.8'de yerine yazarak güneş kolektörünün verimini yüzde olarak hesaplayınız.

.....

.....

.....

.....

GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ENERJİ LABORATUVARI

DENEY 4

Üç Fazlı Enerji ve Güç Kalitesi Analizörü

Amaç:

Üç fazlı enerji ve güç kalitesi analizörü cihazını tanımak, kullanımını kavramak, farklı ölçüm modlarında parametreleri ölçmek ve doğrulukları hakkında bilgiler sağlamak.

Deneyde kullanılacak malzemeler:

No:	Malzeme Adı:
1	Üç fazlı enerji ve güç kalitesi analizörü
2	Bağlantı elemanları

TEORİ:

Günümüzde teknolojinin hızla gelişmesi, elektrik enerji ve güç kalitesi kavramlarına daha çok önem verilmelerine neden olmaktadır. Başta endüstri alanlarında olmak üzere birçok alanda, kullanılan elektrik enerjisinin daha güvenilir ve kaliteli olması istenmektedir. Güç sistemleri, belirli frekansa ve genliğe sahip sinüsoidal gerilim referans alınarak tasarlanmıştır. Gerilimin genliği, frekansı veya dalga biçimi üzerindeki herhangi bir bozulma, güç kalitesi problemi olarak ortaya çıkmaktadır. Elektriksel güç kalitesini tanımlayan parametreler frekans salınımları, kısa süreli gerilim düşmeleri / yükselmeleri, aşırı ve düşük gerilimler, harmonikler, fazlar arası dengesizlikler ve gerilim dalgalanmaları olarak sıralanmaktadır.

Enerji kalitesi, gerilim, akım ve frekanstaki herhangi bir değişim ile tespit edilen problemin, kullanıcının sisteminde bir arıza veya istenmeyen bir çalışma şeklini oluşturmamasıdır. Enerji kalitesinin parametreleri; gerilim ve akım değerlerindeki darbeler, değer değişiklikleri ve dalgalanmalar, fliker, harmonikler.

Enerjinin üretiminden, en son alıcıya ulaşıncaya kadar geçtiği aşamaların tümünde, gerilim

ve akım büyüklüklerinin sinüsoidal formda olması istenmektedir. “Güç Kalitesi” ifadesi; elektrik enerji sistemlerinde akım ile gerilimin 50 Hz frekansta ve sinüs eğrisi şeklinde olması, güç katsayısının 1'e yakın olması, faz gerilimlerinin dengeli olması vb. gibi şartları belirtmektedir.

Kaliteli enerjinin sağlanması, güç sistemlerine bağlanan cihazların oluşturduğu problemler nedeni ile her zaman mümkün olamamaktadır. Güç kalitesini bozan cihazların çoğunluğu, içlerinde yarıiletken elemanlar bulduran alıcılardır ve “doğrusal olmayan (nonlineer) yükler” olarak isimlendirilirler. Bu tür yükler, enerji kalitesini düşürerek elektronik cihazların enerji sistemlerinde meydana gelen bozulmalara karşı duyarlılığını önemli ölçüde etkilerler. Doğrusal olmayan yükler, enerji sistemlerine harmonik enjekte ederek düşük kaliteli enerjiye sebep olurlar.

Güç sistemine bağlanan bazı elemanlar ve bunların yol açtığı olaylar sebebiyle tam sinüsoidal değişimden sapmalar olabilmektedir. Tam sinüsoidal'den sapma, genellikle harmonik adı verilen bileşenlerin ortaya çıkması ile ifade edilir ve buna sebep olan etkenlerin başında ise manyetik ve elektrik devrelerindeki lineersizlikler (nonlineerlik) gelir.

Akım ve gerilim dalga biçimleri; hem yarı iletkenlerin yapısından, hem de sanayide kullanılan bazı doğrusal olmayan yüklerin (güç elektroniği elemanları, ark fırınları v.b.) etkisiyle, periyodik olmakla birlikte, temel sinüsoidal dalga ile frekans ve genliği farklı diğer dalgaların (harmoniklerin) toplamından meydana gelmektedir.

Temel frekans dışındaki dalgalara “harmonik” adı verilir. Bu dalgalar, Fourier analizi yardımıyla, temel frekans ve diğer frekanslardaki bileşenler cinsinden ifade edilebilir. Fourier analizi ile sinüsoidal şekle sahip olmayan dalgalar, frekansları farklı sinüsoidal dalgaların toplamı şeklinde matematiksel olarak yazılabilir. Bu sayede harmoniklerin analizi kolaylıkla yapılabilir.

Kaliteli Elektrik Enerjisi, şebekenin tanımlanan bir noktasında, gerilimin genlik ve frekansının anma değerlerini koruması ve gerilim dalga şeklinin sinüs biçiminde bulunmasıdır.

Gerilimin genliğinin değişmesi, kesintiler, gerilim darbeleri, fliker, gerilimin doğru bileşen içermesi, dalga şeklinin sinüsten uzaklaşması, frekans değişimleri, üç faz dengesizlikleri enerji kalitesizliğidir.

Enerji kalitesi çoklukla yük tarafından bozulur. V-I karakteristiği lineer olmayan yükler

şebekeden sinüs olmayan akımlar çeker ve bu akımlar şebekede sinüs olmayan gerilim düşümleri oluşturarak besleme noktasındaki gerilimin dalga şeklini bozar.

Gerilim ve/veya akım dalga şekli sinüs biçiminde değilse, bu dalgaya Fourier analizi uygulanarak harmonikler bulunur.

Endüstriyel cihaz ve proseslerin doğru biçimde çalışmasını engeller nitelikte olan elektromanyetik kesintiler, iletilen kesintiye ve ışınlama kesintiye bağlı olarak farklı sınıflara ayrılır:

- düşük frekans (< 9 kHz),
- yüksek frekans (≥ 9 kHz),
- elektrostatik deşarj.

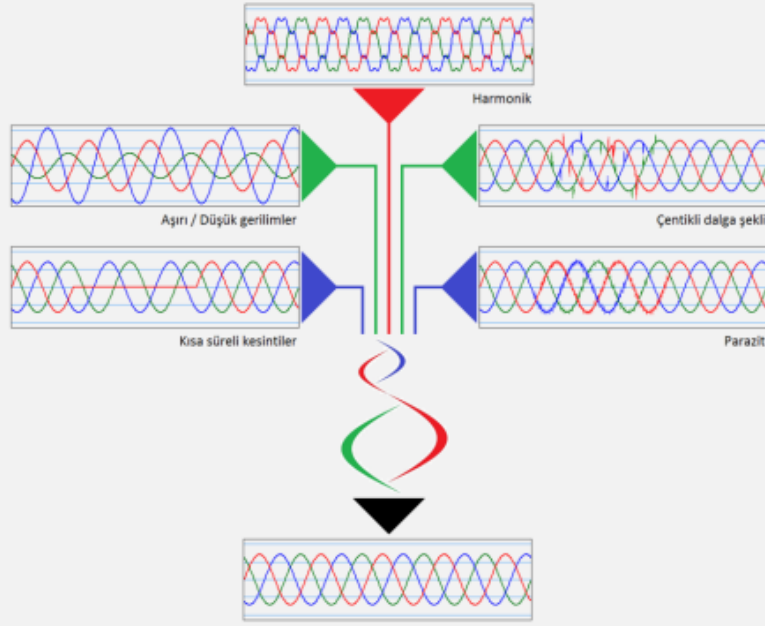
Güç Kalitesi ölçümleri genellikle düşük frekansla sağlanan elektromanyetik kesintilerin karakteristiklerinin belirlenmesiyle ilgilidir:

- Gerilim düşmesi ve kesintisi,
- Harmonikler ve iç harmonikler,
- Geçici güç frekanslı aşırı gerilimler,
- Dalgalanma,
- Geçici aşırı gerilimler,
- Gerilim dalgalanmaları,
- Gerilim dengesizlikleri,
- Güç-frekans dalgalanmaları,
- AC şebekelerde DC,
- Sinyalleme gerilimleri.

Genelde, her bir kesinti türünün ölçülmesi gibi bir gereksinim bulunmamaktadır. Kesinti türleri gerilimin büyüklüğü, dalga formu, frekansı ve simetrisini etkilemelerine göre dört kategoride incelenebilir. Bu karakteristiklerin birçoğu herhangi bir kesinti türü ile kolaylıkla bağdaşabilir. Kesintiler ayrıca süreklilik, yarı süreklilik veya rastgelelik niteliklerine göre de sınıflandırılabilir (yıldırım, kısa devre, anahtarlama, vb.).

Güç kalitesi problemleri :

- Harmonik
- Gerilim çukuru ve tepesi
- Geçici rejim
- Kalkış akımları
- Kesinti
- Fliker
- Frekans değişimleri
- Dengesizlik



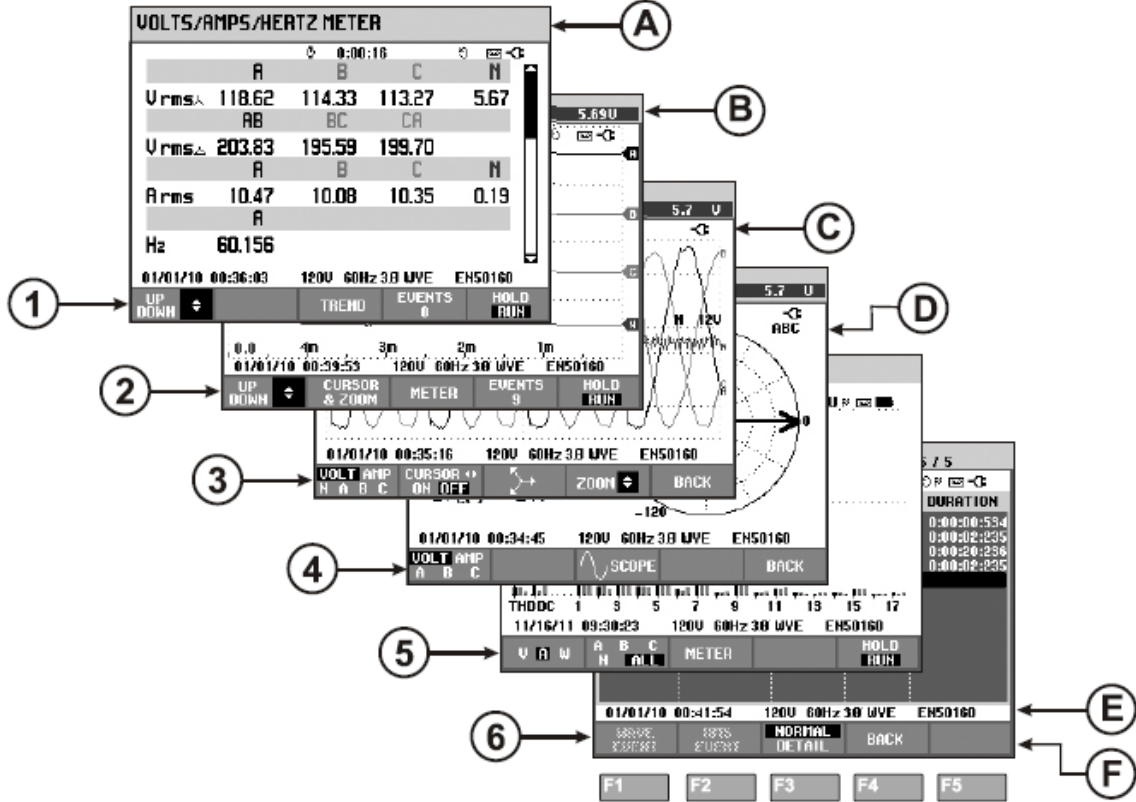
Uygulama Alanları:

- Güç kalitesinin sürekli takibi
- Harmonik analizi
- Şebekelerin EN 61000-4-7, EN 61000-4-15, EN 61000-4-30 standartlarına uygun kontrolü
- Şebeke bağlantı noktalarındaki problemler için arıza analizi
- Müşteriler ve denetleyiciler için güç kalitesi kaydı
- Güç kalitesi standartları için rapor oluşturucu: EN 50160, IEE519, ITIC ...
- Enerji tüketimi için rapor oluşturmak
- Enerji değerlendirme tablosu
- Önemli parametrelerin uzaktan izlenmesi

DENEY:

Analizör fonksiyonlarının çoğunluğu menü aracılığıyla çalıştırılır. Menüler arasında gezinmek için ok tuşları kullanılır. Seçim yapmak için F1 ... F5 fonksiyon tuşları ve ENTER tuşu kullanılır. Aktif Fonksiyon tuşu seçenekleri siyah arka plan ile vurgulanır.

Analizörde ölçüm sonuçlarının en etkin şekilde görüntülediği beş farklı ekran tipi kullanılır. Ekran başlığı, seçilen bilgilendirme dilinde görüntülenir. Aşağıdaki şekilde 1 ... 6 ekran tipleri hakkında genel bilgiler verilmektedir; ortak özellikler A ... F ile açıklanmıştır.



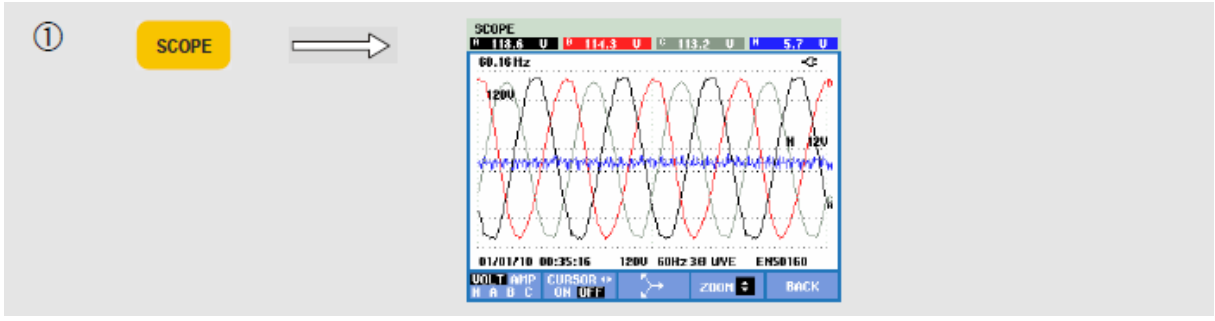
A. Skop Dalga Biçimi ve Fazör:

Skop modu, dalga biçimleri veya vektör şeması aracılığıyla test edilen sistemdeki gerilimleri ve akımları gösterir. Ayrıca faz gerilimleri (rms, esas ve imleç), faz akımları (rms, esas ve imleç), frekans ve gerilimler ile akımlar arasındaki faz açıları gibi sayısal değerler görüntülenir.

Skop Dalga Biçimi ve Fazör, örneğin Volt/Amper/Hertz gibi başka bir aktif ölçümle birlikte kullanılabilir ve değerlerin kaydedilmesini kesintiye uğratmaz.

Skop Dalga Biçimi

Scope (Skop) Dalga Biçimi ekranına girmek için:



Scope (Skop) Dalga Biçimi ekranı, yüksek güncelleme hızıyla gerilim ve/veya akım dalga biçimlerinin osiloskop tarzı görüntülenmesini sağlar. Ekran başlığında ilgili rms gerilim/akım değerleri gösterilir (10/12 döngü rms veya 150/180 döngü rms). Dört dalga biçimi süreci görüntülenir. Kanal A (L1) referans kanaldır.

Kullanılabilir fonksiyon tuşları:

F1 Görüntülenmek üzere ayarlanan dalga biçiminin seçimi: VOLT tüm gerilimleri, AMP ise tüm akımları görüntüler. A (L1), B (L2), C (L3), N (nötr); seçilen fazın gerilim ve akımının eşzamanlı görüntülenmesini verir.

F2 İmleci aç/kapat. İmleci dalga biçiminde yatay olarak hareket ettirmek için sol/sağ ok tuşlarını kullanın.

F3 Fazör ekranına erişim.

F4 Yukarı/aşağı ok tuşları dikey yakınlaştırmak.

F5 Aktif ölçüme geri dönme (örn. Volt/Amper/Hertz).

Skop Dalga Biçimi, akım ve gerilim dalga biçimi şekillerini net bir biçimde görüntüler. Özellikle gerilim dalga biçimleri düz ve sinüzoidal olmalıdır. Eğer gerilimde distorsiyon görürseniz, harmonikler ekranı kontrol edilmelidir. Rms gerilimleri ve frekansı, nominal değerlerine yakın olmalıdır.

Dalga Biçimi ve Fazör ekranları, gerilim uçları ve akım penslerinin doğru şekilde bağlanmış olup olmadıklarını kontrol etmek için kullanılabilir. Vektör diyagramında A (L1), B (L2) ve C (L3) faz gerilimleri, eşit mesafede (120 derece) sırayla görünmelidir. Akım vektörleri, genellikle 30 dereceden az bir faz kaymasıyla birlikte gerilim vektörüyle aynı yönde olmalıdır.

B. Volt / Amper / Hertz

Volt/Amper/Hertz, önemli sayısal ölçme değerlerinin bulunduğu bir Meter (Ölçüm) ekranı görüntüler. İlgili Trend ekranında, Meter (Ölçüm) ekranındaki tüm değerlerin zaman içindeki değişimi görüntülenir. Düşüşler ve yükselmeler gibi olaylar bir tabloda listelenir.

Meter (Ölçüm) ekranı, tüm fazlardaki gerilimler ve akımlar ile ilgili genel bilgiler verir. Rms gerilimleri, nötr-hat ve hat-hat şeklinde gösterilir.

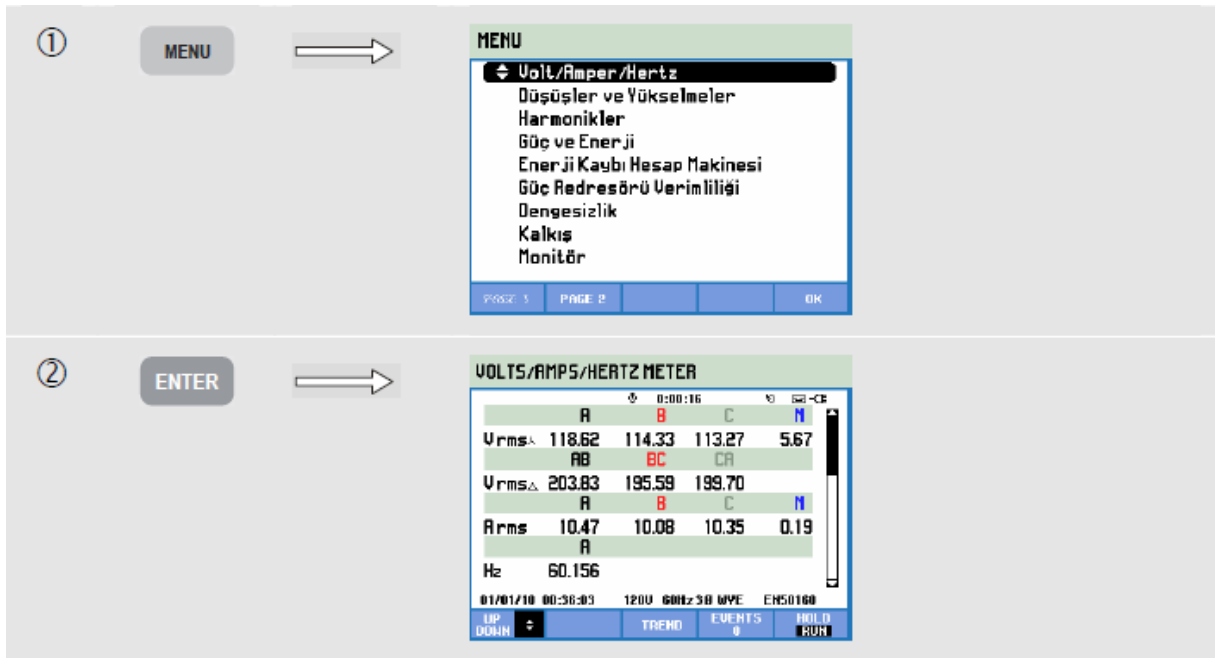
Kullanılabilir fonksiyon tuşları:

F1 Yukarı/aşağı ok tuşları, Meter (Ölçüm) ekranında hareket etmek için kullanılır.

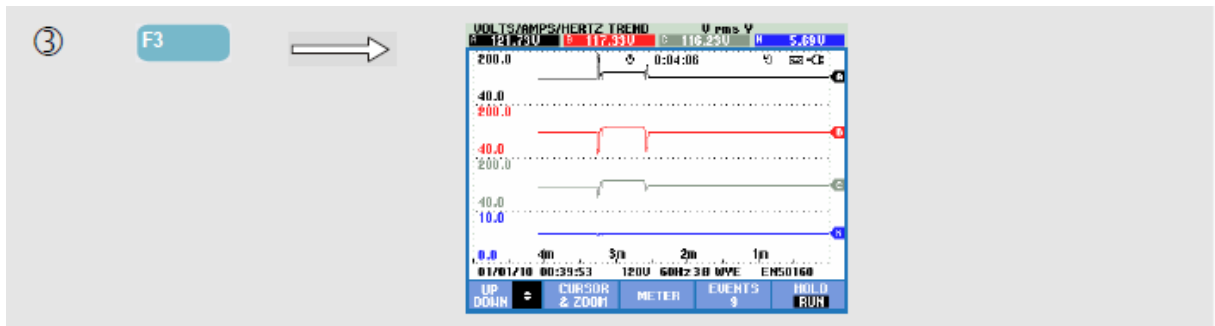
F3 Trend ekranına erişim.

F4 Events (Olay) ekranına erişim. Meydana gelen olay sayısı gösterilir.

F5 Ekran güncelleme için HOLD (Beklet) ve RUN (Çalıştır) arasında geçiş. HOLD (Beklet) seçeneğinden RUN (Çalıştır) seçeneğine geçildiğinde, başlangıcı ve ölçüm süresini tanımlayabilmenizi sağlayan hemen başlatma NOW (Şimdi) veya TIMED (Zamanlamalı) başlatma arasında seçim yapabileceğiniz bir menü açılır.

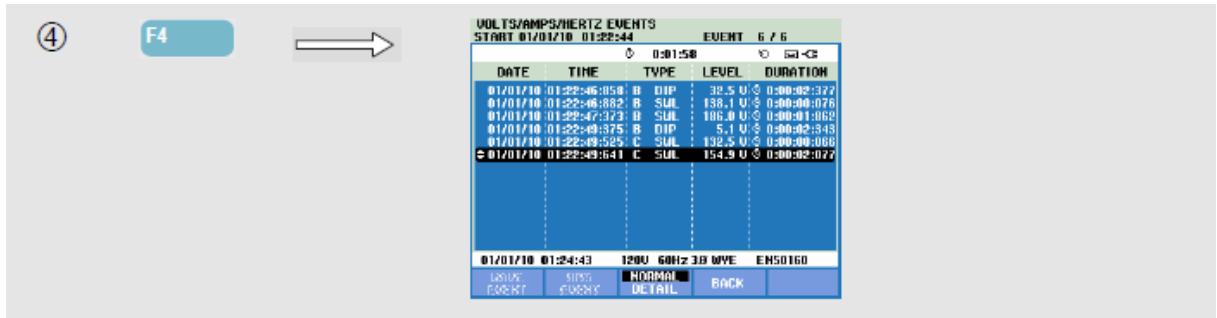


VOLTS/AMPS/HERTZ Trend (VOLT/AMPER/HERTZ Trend) ekranına girmek için:



Meter (Ölçüm) ekranındaki tüm değerler kaydedilir, ancak tek seferde Meter (Ölçüm) ekranı satırlarındaki Trendlerden biri gösterilir. Yukarı/aşağı ok tuşlarını satır seçmeye atamak için F1 fonksiyon tuşuna basın. İzler sağ taraftan oluşturulur. Başlıktaki değerler, sağ tarafta çizilen en güncel değerlere karşılık gelir.

VOLTS/AMPS/HERTZ Events (VOLT/AMPER/HERTZ Olay) ekranına girmek için:



Events (Olay) tablolarında, faz gerilimlerinin eşikleri geçtiği tüm durumlar listelenir. Normal modda temel olay özellikleri listelenir: başlangıç zamanı, süre ve gerilim büyüklüğü. Detail (Ayrıntı), her faz için eşik geçişleri ile ilgili ayrıntıları gösterir.

Aşağıdaki Kısaltmalar ve Simgeler tablolarda kullanılır:

Kısaltma Açıklama	Kısaltma Açıklama
CHG	Hızlı Gerilim Değişikliği
DIP	Gerilim Düşüşü
INT	Gerilim Kesintisi
SWL	Gerilim Yükselmesi
TRA	Geçici Akım
AMP	Amper değeri aşıldı

Simges	Açıklama
	Yükselen gerilim ucu
	Düşen gerilim ucu
	Yukarıya doğru değişim



Aşağıya doğru değişim

Kullanılabilir fonksiyon tuşları:

F1 Dalga olayı ekranına geçiş: bu, seçili olay çevresindeki skop dalga biçimini gösterir.

F2 Rms olayı ekranına geçiş: bu, seçili olay çevresindeki ½ dögülük rms trendini gösterir.

F3 NORMAL ve AYRINTILI olay tablosu arasında geçiş.

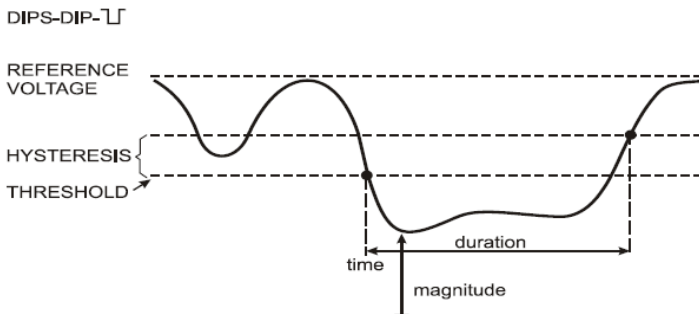
F4 Trend ekranına dönüş.

Gerilim ve frekans, örneğin 120 V, 230 V, 480 V, 60 Hz veya 50 Hz gibi nominal değerlere yakın olmalıdır.

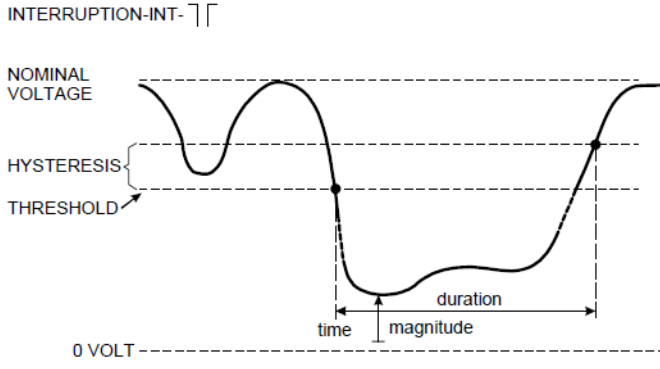
C. Düşüşler ve Yükselmeler

Düşüşleri, Kesintileri, Hızlı Gerilim Değişikliklerini ve Yükselmeleri kaydeder. Düşüşler ve Yükselmeler, normal gerilimden hızlı sapmalardır. Büyüklük *on* volttan *yüzlerce* volta kadar olabilir. Analizör, nominal veya değişken referans gerilim arasında seçim yapabilmenizi sağlar. Değişken referans gerilim, 1 dakika zaman sabiti ile filtrelenmiş olarak ölçülen değerler kullanır. Düşüş sırasında gerilim düşerken yükselme sırasında gerilim yükselir. Üç fazlı sistemlerde, gerilim bir ya da daha fazla fazda düşüş eşiğinin altına düştüğünde düşüş başlar ve tüm fazlar düşüş eşiği artı histerezis değerine eşit ya da bu değerden daha yüksek hale geldiğinde sona erer. Düşüşler ve yükselmeler; süre, büyüklük ve gerçekleşme sıklığı ile ifade edilir.

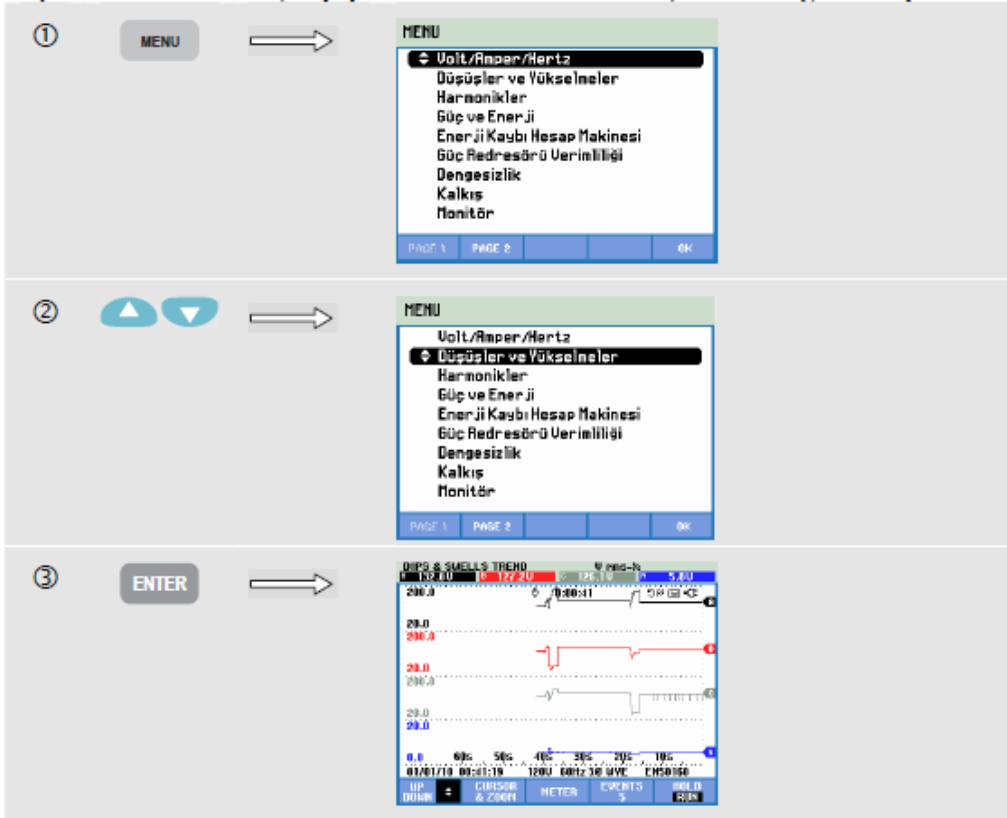
Gerilim *düşüşünün* özellikleri aşağıdaki grafikte gösterilmiştir.



Gerilim *yükselmesinin* özellikleri aşağıdaki grafikte gösterilmiştir.



Dips & Swells Trend (Düşüşler ve Yükselmeler Trend) ekranına girmek için:



Kullanılabilir fonksiyon tuşları:

F1 Yukarı/aşağı ok tuşları, Trend ekranında hareket etmek için kullanılır.

F2 İmleç ve yakınlaştırma menüsüne erişim.

F3 Meter (Ölçüm) ekranına erişim.

F4 Events (Olay) tablolarına erişim. Meydana gelen olay sayısı gösterilir.

F5 Ekran güncelleme için HOLD (Beklet) ve RUN (Çalıştır) arasında geçiş. HOLD (Beklet) seçeneğinden RUN (Çalıştır) seçeneğine geçildiğinde, başlangıcı ve ölçüm süresini tanımlayabilmenizi sağlayan hemen başlatma (NOW (Şimdi)) veya TIMED (Zamanlamalı) başlatma arasında seçim yapabileceğiniz bir menü açılır.

Dips & Swells Events (Düşüşler ve Yükselmeler Olay) Tablolarına ulaşmak için:

DATE	TIME	TYPE	LEVEL	DURATION
01/01/00	00:40:07.06	A SWL	143.3 U	0:00:00:55.4
01/01/00	00:40:11.988	C DIP	44.0 U	0:00:00:25.5
01/01/00	00:40:15.557	A SWL	100.0 U	0:00:00:23.6
01/01/00	00:40:19.073	C DIP	40.0 U	0:00:00:23.5

Kullanılabilir fonksiyon tuşları:

F1 WAVE EVENT (Dalga Olayı) ekranına erişim.

F2 RMS EVENT (Rms Olayı) ekranına erişim.

F3 NORMAL ve AYRINTILI olay tablosu arasında geçiş.

F4 Trend ekranına dönüş.

Düşüş ya da Yükselme gerçekleşmesi, zayıf bir güç dağıtım sistemine işaret ediyor olabilir. Böyle bir sistemde örneğin; bir motor ya da kaynak makinesi açıldığında ya da kapatıldığında gerilim önemli ölçüde değişecektir. Bu, ışıkların titremesine veya gözle görülür ölçüde kısılmasına neden olabilir. Bilgisayar sistemlerinde ve proses kontrol cihazlarında sıfırlama veya veri kaybına neden olabilir.

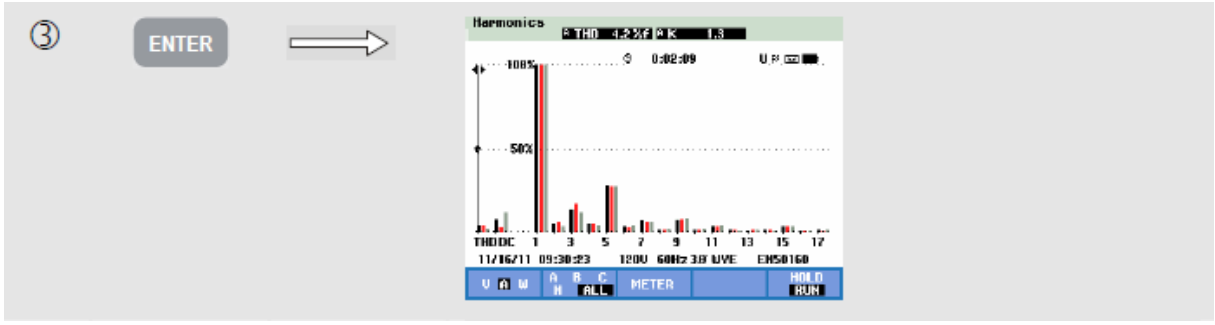
Güç servis girişinde gerilim ve akım trendini izleyerek gerilim düşüşünün nedeninin binanın içinde ya da dışında olduğunu belirleyebilirsiniz. Neden; gerilim düşerken akım yükseliyorsa binanın içinde (yük tarafı), gerilim ve akım birlikte düşüyorsa binanın dışındadır.

D. Harmonikler

Harmonikler; gerilim, akım veya güç sinüs dalgasındaki periyodik distorsiyonlardır. Dalga biçimi, farklı frekans ve büyüklüklerdeki çeşitli sinüs dalgalarının kombinasyonu olarak değerlendirilebilir. Bu bileşenlerin her birinin tam sinyale katkısı ölçülür. Değerler esas değer yüzdesi, tüm harmoniklerin birleşiminin yüzdesi (rms değeri) veya rms değeri olarak verilebilir. Sonuçlar; Çubuk Grafik ekranında, Meter (Ölçüm) ekranında veya Trend ekranında görüntülenebilir. Harmonikler genellikle bilgisayarlardaki anahtarlamalı güç kaynakları, TV'ler ve ayarlanabilir hızlı motor sürücülerini gibi doğrusal olmayan yüklerden kaynaklanır. Harmonikler; transformatörlerin, iletkenlerin ve motorların aşırı ısınmasına neden olabilir.

Harmonics (Harmonikler) Çubuk Grafik ekranına girmek için:





Kullanılabilir fonksiyon tuşları:

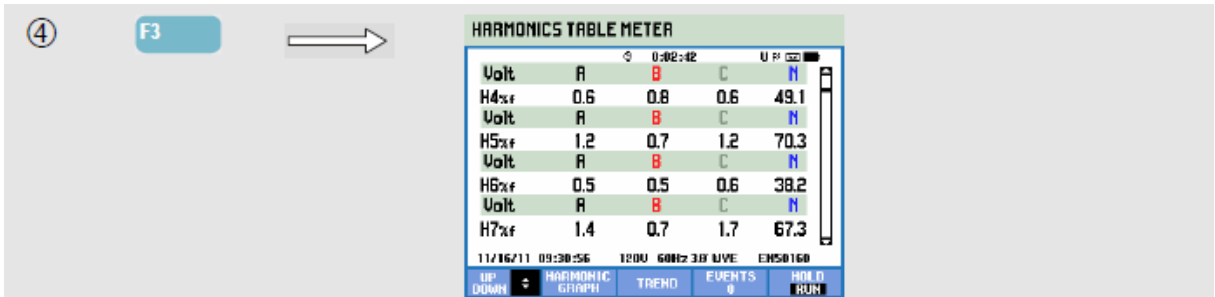
F1 Harmonik tipi seçimi: Gerilim, Akım veya Gerçek Güç (Watt). Güç harmonikleri polaritesi negatif ve pozitif olabilir.

F2 Kullanılacak dalga biçimi seti seçimi: A (L1), B (L2), C (L3), N (nötr) veya TÜMÜ

F3 Meter (Ölçüm) ekranına erişim.

F5 Ekran güncelleme için HOLD (Beklet) ve RUN (Çalıştır) arasında geçiş. HOLD (Beklet) seçeneğinden RUN (Çalıştır) seçeneğine geçildiğinde, başlangıcı ve ölçüm süresini tanımlayabilmenizi sağlayan hemen başlatma (NOW (Şimdi)) veya TIMED (Zamanlamalı) başlatma arasında seçim yapabileceğiniz bir menü açılır.

Harmonics Meter (Harmonikler Ölçüm) ekranına girmek için:



Kullanılabilir fonksiyon tuşları:

F1 Yukarı/aşağı ok tuşları, Meter (Ölçüm) ekranında hareket etmek için kullanılır.

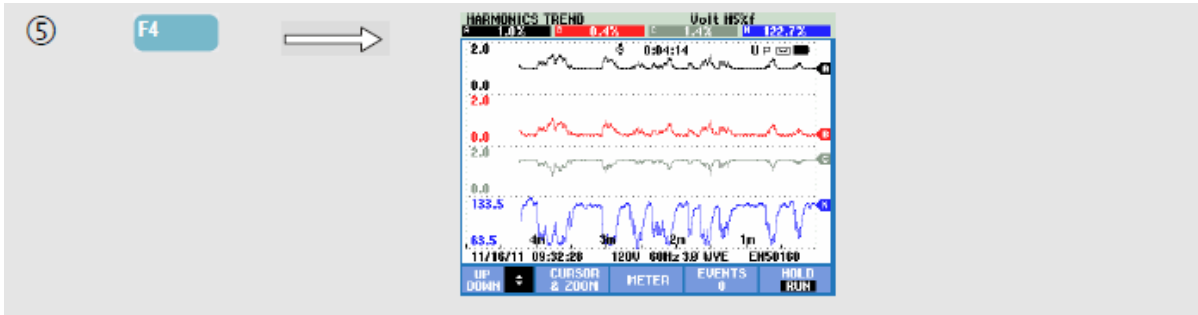
F2 Çubuk Grafik ekranına dönüş.

F3 Trend ekranına erişim.

F4 Events (Olay) tablolarına erişim.

F5 Ekran güncelleme için HOLD (Beklet) ve RUN (Çalıştır) arasında geçiş. HOLD (Beklet) seçeneğinden RUN (Çalıştır) seçeneğine geçildiğinde, başlangıcı ve ölçüm süresini tanımlayabilmenizi sağlayan hemen başlatma (NOW (Şimdi)) veya TIMED (Zamanlamalı) başlatma arasında seçim yapabileceğiniz bir menü açılır.

Harmonics Trend (Harmonikler Trend) ekranına girmek için:



Kullanılabilir fonksiyon tuşları:

F1 Yukarı/aşağı ok tuşları, Trend ekranında hareket etmek için kullanılır.

F2 İmleç ve yakınlaştırma menüsüne erişim.

F3 Meter (Ölçüm) ekranına dönüş.

F4 Events (Olay) tablolarına erişim.

F5 Ekran güncelleme için HOLD (Beklet) ve RUN (Çalıştır) arasında geçiş. HOLD (Beklet) seçeneğinden RUN (Çalıştır) seçeneğine geçildiğinde, başlangıcı ve ölçüm süresini tanımlayabilmenizi sağlayan hemen başlatma (NOW (Şimdi)) veya TIMED (Zamanlamalı) başlatma arasında seçim yapabileceğiniz bir menü açılır.

E. Güç ve Enerji

Güç ve Enerji tüm önemli güç parametrelerini gösteren bir Meter (Ölçüm) ekranı görüntüler. İlgili Trend ekranında, Meter (Ölçüm) ekranındaki tüm ölçüm değerlerinin zaman içindeki değişimi görüntülenir. Bir Events (Olay) tablosunda eşik gerilimlerinin tüm geçişleri listelenir.

Aşağıdaki güç ölçümleri gerçekleştirilir:

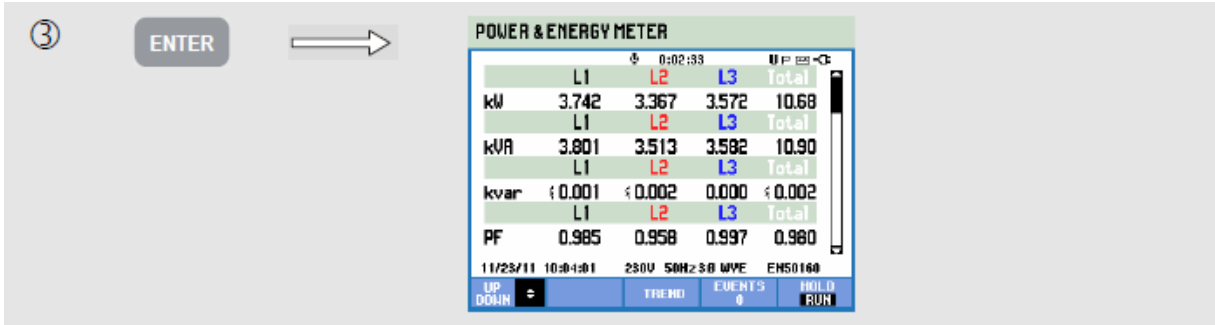
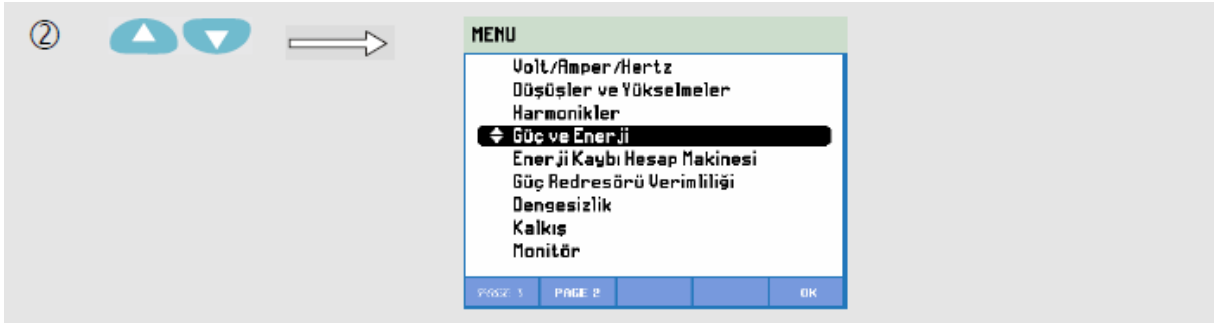
- Gerçek güç (W, kW): enerji kullanımı ölçüm cihazlarıyla normal olarak kaydedilen ölçüm. Tam spektrum kullanılır.
- Görünür güç (VA, kVA): tam spektrum kullanılır.
- Reaktif güç (var, kvar): esas frekans kullanılır.
- Harmonik güç (VA veya kVA Harm): esas olmayan frekans güçleri.

Enerji ölçümleri şunları içerir:

- Aktif enerji (Wh, kWh).
- Görünür enerji (VAh, kVAh).
- Reaktif enerji (varh, kvarh).
- İleri yönde enerji (Wh, kWh forw): tüketilen enerji.
- Geri yönde enerji (Wh, kWh rev): sağlanan enerji.

Power & Energy Meter (Güç ve Enerji Ölçüm) ekranına girmek için:





Kullanılabilir fonksiyon tuşları:

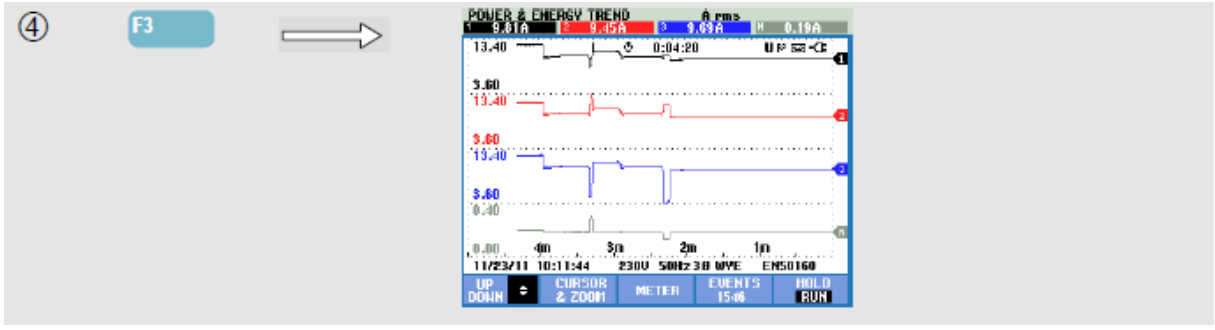
F1 Yukarı/aşağı ok tuşları, Meter (Ölçüm) ekranında hareket etmek için kullanılır.

F3 Trend ekranına erişim.

F4 Events (Olay) menüsüne erişim. Meydana gelen olay sayısı gösterilir.

F5 Ekran güncelleme için HOLD (Beklet) ve RUN (Çalıştır) arasında geçiş. HOLD (Beklet) seçeneğinden RUN (Çalıştır) seçeneğine geçildiğinde, başlangıcı ve ölçüm süresini tanımlayabilmenizi sağlayan hemen başlatma (NOW (Şimdi)) veya TIMED (Zamanlamalı) başlatma arasında seçim yapabileceğiniz bir menü açılır.

Power & Energy Trend (Güç ve Enerji Trend) ekranına girmek için:



Kullanılabilir fonksiyon tuşları:

F1 Yukarı/aşağı ok tuşları, Trend ekranında hareket etmek için kullanılır.

F2 İmleç ve yakınlaştırma menüsüne erişim.

F3 Meter (Ölçüm) ekranına dönüş.

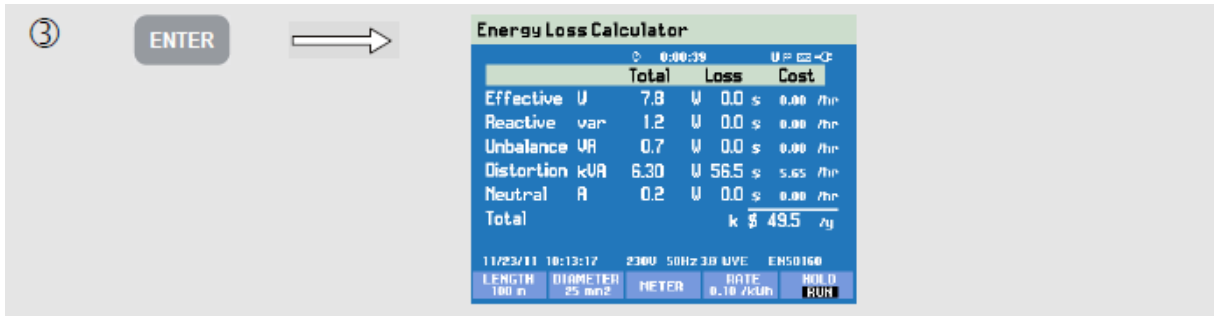
F4 Events (Olay) tablolarına erişim.

F5 Ekran güncelleme için Hold (Beklet) ve Run (Çalıştır) arasında geçiş. Hold (Beklet) seçeneğinden Run (Çalıştır) seçeneğine geçildiğinde, başlangıcı ve ölçüm süresini tanımlayabilmenizi sağlayan hemen başlatma NOW (Şimdi) veya TIMED (Zamanlamalı) başlatma arasında seçim yapabileceğiniz bir menü açılır.

F. Enerji Kaybı Hesaplayıcı

Analizör, enerji kayıplarının nerede meydana geldiğini belirlemenize ve bunların enerji giderleri üzerindeki etkisini tespit etmenize yardımcı olmak için enerji kullanımıyla ilgili gelişmiş bir analiz sağlar. Enerji Kaybı fonksiyonu, çeşitli nedenlerden kaynaklanan (Kabloların direncinden, harmoniklerden kaynaklanan kayıp vb...) kayıpların tespit edilmesini sağlar.

Energy Loss Calculator (Enerji Kaybı Hesaplayıcı) ekranına girmek için:



Kullanılabilir fonksiyon tuşları:

F1 Kablo verileri, tarife, para birimini ayarlamak için menüye erişim.

F2 Kablo verileri, tarife, para birimini ayarlamak için menüye erişim.

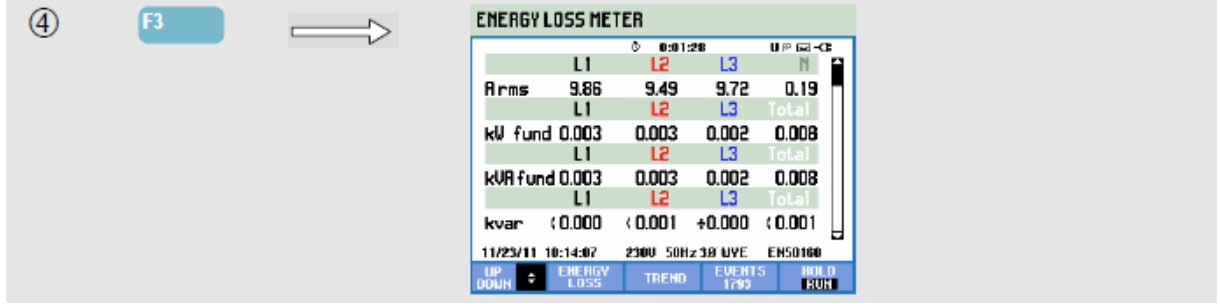
F3 Meter (Ölçüm) ekranına erişim.

F4 Kablo verileri, tarife, para birimini ayarlamak için menüye erişim.

F5 Ekran güncelleme için Hold (Beklet) ve Run (Çalıştır) arasında geçiş. Hold (Beklet) seçeneğinden Run (Çalıştır) seçeneğine geçildiğinde, başlangıcı ve ölçüm süresini

tanımlayabilmenizi sağlayan hemen başlatma (NOW(Şimdi)) veya TIMED (Zamanlamalı) başlatma arasında seçim yapabileceğiniz bir menü açılır.

Energy Loss Meter (Enerji Kaybı Ölçüm) ekranına girmek için:



Kullanılabilir fonksiyon tuşları:

F1 Yukarı/aşağı ok tuşları, Meter (Ölçüm) ekranında hareket etmek için kullanılır.

F2 Energy Loss Calculator (Enerji Kaybı Hesaplayıcı) ekranına dönüş.

F3 Trend ekranına erişim.

F4 Events (Olay) tablosuna erişim.

F5 Ekran güncelleme için HOLD (Beklet) ve RUN (Çalıştır) arasında geçiş. İlgili HOLD (Beklet) seçeneğinden RUN (Çalıştır) seçeneğine geçildiğinde, başlangıcı ve ölçüm süresini tanımlayabilmenizi sağlayan hemen başlatma (NOW (Şimdi)) veya TIMED (Zamanlamalı) başlatma arasında seçim yapabileceğiniz bir menü açılır.

T.C.

GİRESUN ÜNİVERSİTESİ

MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ

ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

RÜZGAR TÜRBİNİ 1-2 DENEY FÖYLERİ

GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ
RÜZGAR TÜRBİNİ 1
Rüzgar Türbini Rüzgar Hız Deneyi

1. DENEYİN AMACI

Başlangıç Rüzgar Hızı: Rüzgar türbin kanatlarını durgun halden döndürmeye başlayan ve sürekli olarak çalıştıran minimum rüzgar hızı. Küçük ve orta rüzgar türbinlerinin her ikisi de aynı yapıya sahip olduğundan dolayı kullanım gereksinimleri nedeniyle farklı tasarımlar eklenebilir. Küçük ve orta rüzgar türbinleri düşük rüzgar başlangıç hızına, değişken kanat rüzgar yönüne ve kolektif rüzgara sahip olabilir. Küçük ve orta rüzgar türbinleri genellikle yeryüzü üzerinde daha alçak bir konuma yerleştirildiklerinden dolayı bunların ortalama rüzgar hızı da daha düşüktür. Dolayısıyla rüzgar türbinlerinin çalışmaya başlaması ve çalışmasını sürdürebilmesini sağlamak için rüzgar türbininin çalışması için gerekli minimum rüzgar hızını azaltacak yöntemleri bulmak gerekli olabilir. Başka bir deyişle eğer ortam rüzgar hızı rüzgar türbininin çalışması için gerekli minimum başlangıç rüzgar hızından daha küçükse o zaman bu rüzgar türbinleri çalışmaya başlamayacaktır. Yani rüzgar jeneratörü mevcut rüzgar enerjisinden faydalanamayacak ve elektrik üretemeyecektir.

Devreye Girme Hızı: Nominal yüklü rüzgar türbini güç çıkışının minimum rüzgar hızı.

Rüzgar Kesme Hızı: Regülatör fonksiyonu nedeniyle rüzgar türbininin nominal yüke giden çıkış gücünü durdurmasını sağlayan hız. Nominal yük güç çıkışına sahip olan rüzgar türbinlerinin rüzgar hızı ile çalışabilme aralığı genellikle 3~20m/s'dir. Bu tanıma göre hız başlangıç hızından daha düşük olduğunda rüzgar türbininin çalışmayacağını; bu hız kesme hızından büyük olduğunda da bu yüksek rüzgar hızlarında çalışmaya devam edildiğinde ciddi hasarların oluşacağını söyleyebiliriz.

2. TEORİ

A) Rüzgar Türbini Prensibi

Rüzgar gücü ilkesi rüzgar ile çalışan yel değirmeni kanatlarını döndürmeye başlamak ve daha sonra jeneratörün elektrik üretimini sağlayacak şekilde dönme hızını yükselterek makineyi devreye alma şeklindedir. Geçerli rüzgar enerji teknolojisine göre rüzgar hızı yaklaşık olarak saniyede üç metredir (orta düzey rüzgar) ve elektrik üretimi için yeterlidir, rüzgar hızının çıkış

gücü (ağaçların gövdesini sallama derecesi) saniyede on üç veya on beş metre olabilir. Rüzgar, rüzgar türbinin kanatlarını itmez ve kanatları üfleyerek kanatlar üzerinde diferansiyel basınç oluşturur. Bu diferansiyel basınç çeşidi rüzgar çark dönüşü gerçekleştirerek kaldırma kuvveti oluşturacaktır ve her zaman hava akışını enine kesecektir. Rüzgar türbininin rüzgar çarkları tüm rüzgar enerjisini ortaya çıkarmayabilir. Teoride Betz kanuna göre rüzgar türbini rüzgar enerjisinin maksimum %59.6'sını ortaya çıkarabilir. Diğer taraftan rüzgar santralinin kurulum konumu olumlu niteliklerin (uzun rüzgar süresi, büyük ortalama rüzgar hızı, istikrarlı rüzgar) ve rüzgarın önünün kesilmemesi hususlarının göz önünde bulundurulmasını gerektirir. Bundan başka uygun coğrafi ortam, uygun taşıma, yatırım maliyeti azaltma ve yüksek performans diğer göz önünde bulundurulması gereken hususlardır. Çoğunlukla konum olarak bent, rüzgar kesici orman, bayır ve benzeri yerler seçilir. Bazen de sahil iyi bir seçimdir çünkü buralar da herhangi bir rüzgar engelleyici unsur bulunmamaktadır. Günümüzde genel eğilim deniz açıklarındaki rüzgar enerjisini daha iyi kullanan ve karadaki kaynaklardan tasarruf eden açık deniz gelişimidir.

B) Rüzgar Hızı

1. Rüzgar türbininin enerji çıkışı rüzgar hızı ile çok sıkı bir ilişki içerisindedir. Kanat üzerinde rüzgardan alınan enerji rüzgar hızının küpü ile doğru orantılıdır. Genel piyasada rüzgar türbinlerinin rüzgar hızı 2.5~4m/s arasındadır ve rüzgar hızı 12~15m/s iken nominal çıkışa ulaşılır. Daha yüksek rüzgar hızları olduğunda rüzgar türbinin kontrol mekanizması nominal kapasiteye yaklaşık kararlı bir enerji çıkışı sağlar. Yüksek rüzgarın jenaratöre zarar vermesini engellemek amacıyla biz bu rüzgar hızını 20~25m/s aralığına düşürülmüş şekliyle kullanmaktayız. Çoğunlukla türbin çark çıkışını ve pnömatik performansı düzenlemek için yükseklik regülasyonu veya hız kaybı kontrolünü hayata geçiriyoruz.

2. Genelde gündüz rüzgarı gece rüzgarından daha büyüktür. Çünkü dünyanın yüzeyi gün içerisinde güneş ışıkları tarafından ısınmaya başlar ve dolayısıyla termal yayılım gerçekleşir ve yüksek tepe rüzgarları aşağıya doğru harekete geçer. Geceleyin gün ışığı olmadığından dolayı hava alt kısımları soğutur ve sakindir. Ancak rüzgar hızı öğleden sonra karaya çıkan deniz rüzgarı nedeniyle daha büyüktür. Fakat kara rüzgarı deniz rüzgarından önemli derecede daha küçüktür. Sahil alanlarındaki rüzgar hızı değişiminin sahil olmayan alanlardaki rüzgar hızı değişiminden daha büyük olduğu sonucu ortaya çıkarılabilir.

3. Rüzgar gücünün derecesi rüzgar hızı ile gösterilir ve bu rüzgar hızı rüzgarın hareket ettiği karada veya denizdeki nesne tarafından gözlemlenebilir. Günümüzde uluslar arası müşterek standart olarak rüzgar hesaplamasında Beaufort ölçeği kullanılır. Beaufort bir İngiliz amirali ve 1805'de rüzgar hızı standardını ilk tanımlayan kişidir. Başlangıçta sadece denizde kullanılmıştır;

daha sonrasında ayrıca karada da kullanılmaya başlanmıştır. Birçok kez yeni düzenlemeler yapılarak günümüzün evrensel rüzgar hızı olmuştur. Gerçek rüzgar hızı ve Beaufort ölçeği arasındaki ilişkiyel formül şu şekildedir:

$$v = 0.836 X B^{3/2}$$

Burada V ifadesi rüzgar hızını (birim: m/s) ve B ifadesi Beaufort ölçeğini ifade etmektedir

4. Güncel Beaufort ölçeği tablosu aşağıdaki gibidir:

Beaufort ölçeği	Ad	Genel Açıklama	m/s	kts
0	Sakin	Dumanın gökyüzüne doğru yükseldiği görülebilir.	0.3'den daha az	1'den daha az
1	Hafif meltem	Sadece duman rüzgar yönünü gösterebilir fakat bu rüzgar rüzgar gülünü döndüremez.	0.3-1.5	1-3
2	Hafif rüzgar	İnsanlar rüzgarı hissedebilir ve yapraklar sallanır. Rüzgar gülü mutlak şekilde döner.	1.6-3.3	4-7
3	ılımlı rüzgar	Yapraklar ve ince dallar her zaman sallanır, bayraklar dalgalanır.	3.4-5.4	8-12
4	Orta seviye rüzgar	Toz ve kırıntı rüzgar tarafından sürüklenir ve ağaç dalları sallanır.	5.5-7.9	13-16
5	Şiddetli rüzgar	Yaprakları sallanmaya başlayan küçük bir ağaç.	8-10.7	17-21
6	Kuvvetli rüzgar	Ağaç dalları sallanır ve bir ısıklı sesi ortaya çıkar. Şemsiyeyi havada tutmak zordur.	10.8-13.8	22-27
7	Sert rüzgar	Ağaç gövdesi sallanır ve insanlar rüzgara karşı yürümekte zorlanır.	13.9-17.1	28-33
8	Fırtına	Küçük dallar rüzgar tarafından bükülür ve insanlar düz yürüyemez.	17.2-20.7	34-40
9	Kuvvetli fırtına	Yapılar hasarlanır ve duman boruları ters teper.	20.8-24.4	41-47
10	Çok kuvvetli fırtına	Ağaçlar rüzgar tarafından yerinden kaldırılır ve yapılar oldukça hasar görür.	24.5-28.4	48-55
11	Bora	Görülmesi zordur eğer gerçekleşirse seri afetler ortaya çıkar.	28.5-32.6	56-63
12	Kasırga	Görülmesi zordur eğer gerçekleşirse seri afetler ortaya çıkar.	32.7-36.9	64-71
13			37-41.4	72-80
14			41.5-46.1	81-89
15			46.2-50.9	90-99
16			51-56	100-108
17			56.1-61.2	109-118

C) Rüzgar Türbin Türleri Ve Dönüşüm Verimliliği

Rüzgar enerjisini elektrik üretiminde kullanan teknik rüzgar gücü olarak isimlendirilir. Kendi tasarımı ve yapısına göre Dikey Eksen Rüzgar Türbini (VAWT) ve Yatay Eksen Rüzgar Türbini (HAWT) olarak sınıflandırılabilir.

Yatay Eksen Rüzgar Türbini'nin dönme eksenini rüzgar yönüne paraleldir. Kanatların kuvvetine bağlı olarak kaldırma kuvveti veya sürüklenme kuvveti olarak sınıflandırılabilir; kanatların sayısına bağlı olarak tek kanat, çift kanat, üçlü kanat veya çok-kanatlı tür olarak sınıflandırılabilir; rüzgar yönüne bağlı olarak rüzgar yönünde ve rüzgara karşı türbinler mevcuttur ve rüzgara karşı türbindeki türbinin çarkı rüzgara doğru bakar. Birçok Yatay Eksen Rüzgar Türbin kanadı rüzgar yönündeki değişiklikleri takip etmek amacıyla sürekli olarak ayarlanmalıdır. Bu nedenle arazi ve yüzey özelliklerinden kolayca etkilenebilmektedir.

Savonius 2 direnç türü S-biçimli kanatlar ile uyumludur. Dönme rüzgar yönünde ve rüzgara karşı yöndeki kanatlar üzerinde gerçekleşir ve kısmi rüzgarlama farkı mevcuttur.

Rüzgar türbini rüzgarın kinetik enerjisini yakalamak ve daha sonra kullanılabilir mekanik veya elektriksel enerjiye dönüştürmek için kanatları döndüren hava akışı (yani rüzgar) ile birlikte en temel öğedir.

Kanatlara ait çark rüzgarın kanatlar üzerinde aerodinamik etkiler (kaldırma kuvveti ve sürüklenme kuvveti) ortaya çıkarması ile rüzgar tarafından döndürülür ve dönme kuvveti oluşturulur. Rüzgar türbini genellikle rüzgarın tüm avantajlarından tam olarak istifade edemeyebilir. Teorik olarak kanat aerodinamik dönüşümün sınır verimliliği % 59.3'dür. Birçok kanadın dönüşüm verimliliği yaklaşık olarak %30 ila %45 arasındadır. Elektromekanik dönüşüm vasıtasıyla rüzgar türbininin çıkış verimliliği yaklaşık olarak %20 ila %40 arasındadır. Çift kanat ve üçlü kanat yatay eksen yüksek hızlı aerodinamik profil türü rüzgar türbinleri üzerinde daha iyi performanslar elde edilebilir. Amerikan çok-kanatlı ve Alman yel değirmeninin verimliliği düşüktür.

Rüzgar türbinleri “devreye girme hızı” na ulaşmalıdır ve daha sonra elektrik üretmeye başlayacaktır. Rüzgar hızı nominal değeri aştığında her ne kadar hava oran hızı artsa da rüzgar

hızı “Rüzgar Kesme Hızı”na ulaşıncaya kadar güç değişmeyecektir ve daha sonra yel değirmeni tüm sistemi korumaya almak için otomatik olarak duracaktır.

D) Rüzgar Enerjisinin Avantajları Ve Dezavantajları

Avantajları

1. RES’ lerde rüzgarın gücünden yararlanıldığından fosil yakıtlara ihtiyaç duyulmaz bu durum enerji üretiminde yakıt masrafını ortadan kaldırdığı gibi çevreye zararlı gazların salınmasını engeller.
2. Rüzgar enerjisi temiz bir enerji olduğundan çevreyi kirletmez.
3. RES’ lerin kullanımı sera gazı emisyonlarını azaltacağından asit yağmurlarının azalmasını sağlar.
4. Rüzgar santrali çalışırken arazide tarım yapılmasını ve ağaçlandırmayı engellemediğinden hem ekonomiye hem de ormanların korunmasına katkı sağlar.
5. Kaynağı doğal olduğu için yerli bir enerji kaynağıdır.
6. Çok yüksek veya ulaşılması zor yerleri enterkonnekte sisteme bağlamak yerine bu bölgelerde rüzgar enerjisinden faydalanmak çok daha ekonomiktir.
7. Santraller ömürlerini doldurduklarında santralin bulunduğu alan eski haline kolayca gelebilmektedir.
8. Söküm maliyetleri yoktur. Çünkü sökülen türbinlerin hurda değeri söküm masraflarını karşılamaktadır.

Dezavantajları

1. En büyük dezavantajı kurulum maliyetlerinin yüksek oluşudur.
2. Rüzgar santralleri şehir merkezlerinden uzakta bulunurlar. Bunun nedeni rüzgar verimliliğinin yüksek olduğu arazilerin şehir merkezinden uzak yerlerde olmasıdır.
3. RES’ ler gürültülüdürler ancak gelişen teknoloji ile gürültü miktarı azalmaktadır.
4. RES’ ler kurulu güçleriyle orantılı olarak 2-3km çapındaki bir alanda radyo ve tv alıcılarında parazite sebep olurlar.
5. Rüzgar santrallerinde büyük pervaneler kullanıldığından kuş ölümlerine neden olur.

3. RÜZGAR TÜRBİNİ KARAKTERİSTİKLERİNİN ANALİZ PRENSİBİ

1. Rüzgar türbininin giriş gücü (P_A). Bu değer türbinin taralı alanı boyunca kinetik enerjinin bir zaman birimi olarak tanımlanmıştır. P_A aşağıdaki formül ile gösterilmektedir:

$$P_A = 1/2 \times \rho \times A \times V^3$$

Bu formülde:

ρ : Hava yoğunluğu (kg/m^3), deniz seviyesi hava yoğunluğu yaklaşık olarak 1.225'dir.

A : Kanadın dönme alanı (m^2), yatay formül $A = \Pi R^2 = (\Pi /4)D^2$, (R = Yarıçap, D =Çap, H =Yükseklik).

V : Rüzgar hızı (m/san)

2. Rüzgar türbini çıkış gücü (P). Tüm çıkış gücü rüzgar değişikliklerinden etkilenir. Kuvvetli rüzgar altında çıkış gücünü sınırlamanın iki temel yöntemi yavaşlama ayarlı ve eğim ayarlı yöntemlerdir. Yavaşlama ayarlı yöntem ile uyumlu olan rüzgar türbini kuvvetli rüzgar nominal rüzgar hızını aştığında türbülans ile sonuçlanacak ve rüzgar çarkı hız kaybetmeye başlayacaktır. Rüzgar çok kuvvetli olduğunda arka kanat fren sistemi harekete geçecek ve rüzgar çarkını frenleyecektir. Eğim ayarlı yöntem ile uyumlu olan rüzgar türbininde her bir kanat dönebilir ve eksen olarak boylamasına yönü kullanabilir, kanat açısı farklı rüzgar hızları ile birlikte değişiklik gösterir. Rüzgar türbininin aerodinamik performans değişikliğine istinaden rüzgar çok şiddetli olduğunda kanatlar rüzgar çark frenini gerçekleştirerek rüzgara bakan kenara döner. Rüzgar türbininin çıkış gücü (P) mekanik enerji dönüşümü olan gücü temsil eder ve aşağıdaki şekilde formüle edilir:

$$P = C_p \times P/2 \times A \times V^3$$

Bu formülde:

- V değeri bir sabite eşit iken P değeri D 'nin karesi ile doğru orantılıdır, yani rüzgar hızı sabit, rüzgar türbini çıkış gücü rüzgar türbini çapının karesi ile doğru orantılıdır.
- D değeri bir sabite eşit iken P değeri V 'nin küpü ile doğru orantılıdır yani rüzgar türbini çapı sabit iken rüzgar türbini çıkış gücü rüzgar hızının küpü ile doğru orantılıdır.

- c: Rüzgar türbininin çapı ve rüzgar hızı değişmediği sürece çıkış gücü c_p ile doğru orantılıdır.
- d: Rüzgar türbininin çıkış gücü rüzgar türbini kanatları sayısı ile bağıntısız olduğunda rüzgar türbini çıkış gücü hava yoğunluğu ile doğru orantılıdır.

3. Rüzgar enerjisi kullanım faktörü c_p

c_p değeri rüzgar türbini çıkış gücü P / rüzgar türbini giriş gücü PA değerine eşittir. Rüzgar enerjisi kullanım faktörü rüzgar türbini verimliliğini gösteren önemli bir parametredir. Rüzgar türbini efektif enerji oranının rüzgardan elde edildiği görülebilir. Betz teorisine göre maksimum rüzgar enerjisi kullanım faktörü 0.593'dür.

4. Rüzgar Türbini azami hız oranı. (TSR)

Rüzgar hızı V iken rüzgar türbini kanadının çevresel hızının kendi rüzgar hızına oranı TSR olarak isimlendirilir ve TSR aşağıdaki şekilde formüle edilir:

$$\lambda = \frac{\omega \times R}{V}$$

Bu formülde:

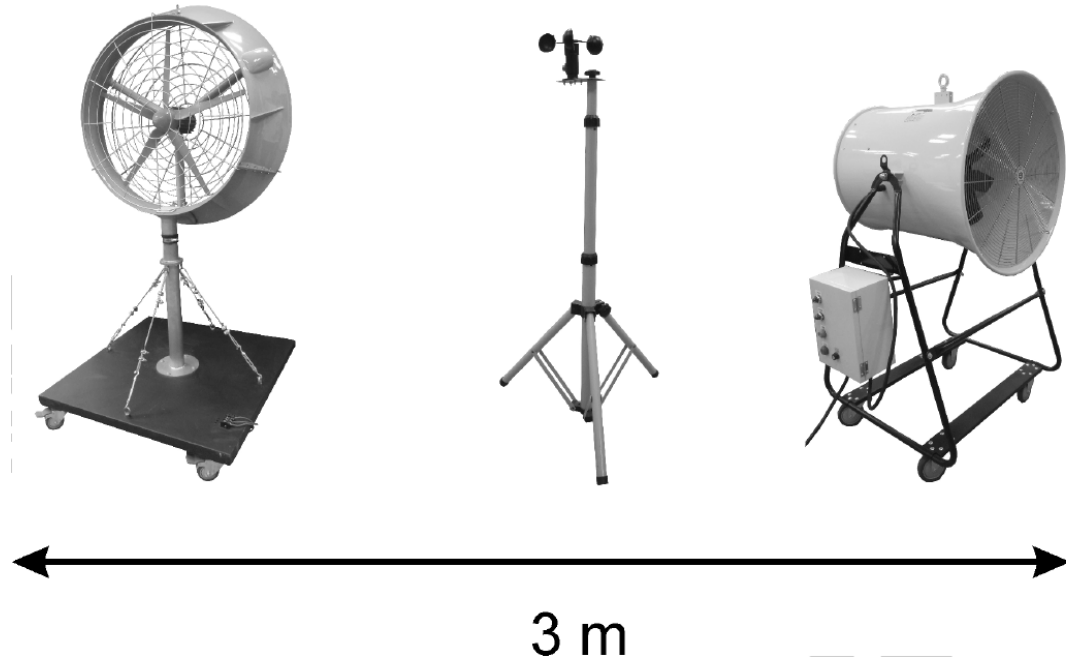
ω : jeneratörün döngüsel açısal hızı (rad/san)

R : Rüzgar türbini kanat yarıçapı (m). Burada azami hız oranının rüzgar türbini hızına karşılık bir parametre olabileceği görülebilir ve aynı zamanda yüksek-hız katsayısı olarak da isimlendirilir.

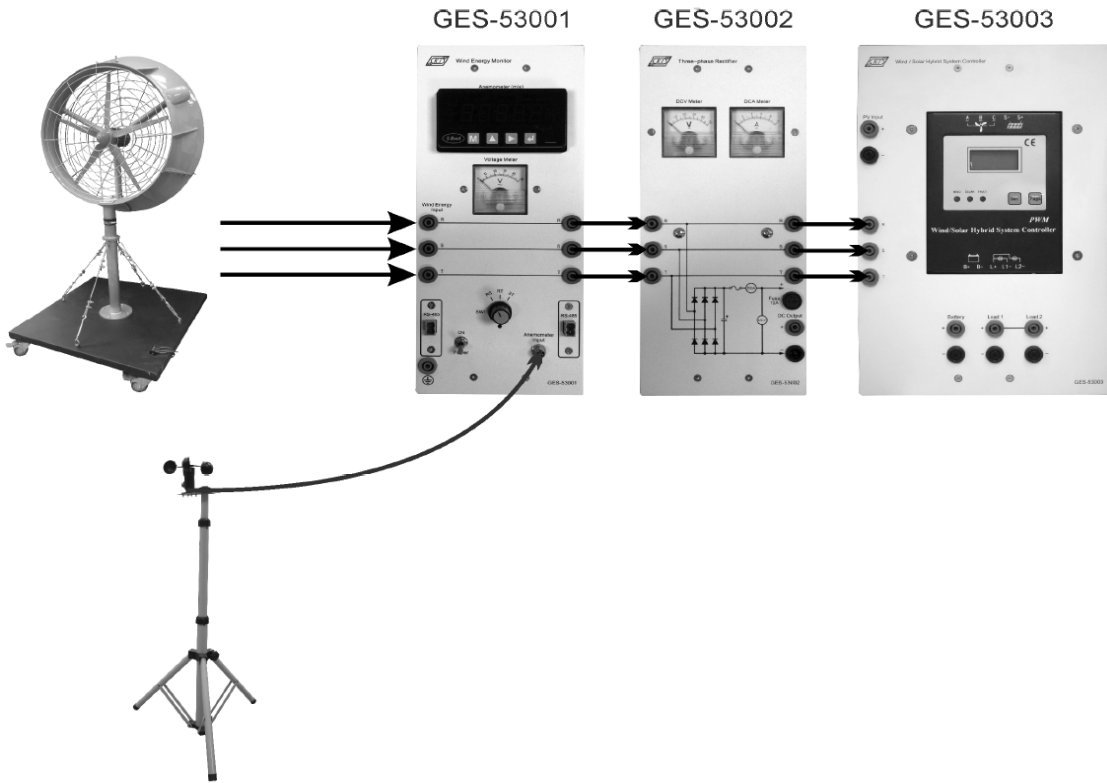
Yukarıdaki formülden faydalanın ve bu yatay eksen rüzgar türbinin rüzgar enerjisi kullanım faktörünü hesaplayınız.

2. DENEYİN YAPILIŞI

A)Bağlantı Şeması



ŞEKİL 1.1



ŞEKİL 1.2

B)Deneyin Yapılışı

Rüzgar jeneratörü güç terminalini dağıtım kutusuna bağlayınız. (rüzgar jeneratörünün nominal gerilimine bağlı olarak) Şekil 1.1'deki gösterime göre rüzgar jeneratör grubu rüzgar türbininden üç metre ilerde (rüzgar jeneratör grubu koruma ağı ile rüzgar türbini koruma ağı arasında), fren pedalı basılı ve rüzgar jeneratör grubu ve Yatay Eksen Rüzgar Türbini sabittir. GES-58003 Rüzgar Ölçer cihazı rüzgar jeneratörü ve rüzgar türbini arasına yerleştirilmiştir fakat bu konumun rüzgar türbinine yakın olması gerekmektedir. GES-53001 AC giriş terminalleri besleme şebekesine bağlanır. Rüzgar türbinin güç çıkış terminali (R, S, T) GES-53001 'in "Rüzgar Enerji Girişi"ne bağlanır. Şekil 1.2'ye göre modülleri bağlayınız. GES-53001 güç anahtarını "ON" konumuna getiriniz, GES-500 yazılımını çalıştırınız ve daha sonra "W-Experiment 3" menü ögesini seçiniz. Rüzgar jeneratör grubu gücünü açınız ve invertör frekansını 20 Hz olarak ayarlayınız. Rüzgar jeneratör grubu üzerinde değişken resistörü yavaşça ayarlayınız (invertör ekran değeri görüntülenecektir) ve rüzgar türbini hareketini gözlemleyiniz. Rüzgar türbini dönmeye başladığında eş zamanlı olarak GES-53001 Rüzgar Ölçeri ve GES-53002 DCV Ölçeri izleyiniz ve kendi başlangıç hızını ve gerilimini yazılıma kaydediniz (devreye girme). Rüzgar jeneratör grubunun rüzgar hızını arttırmak için dönüştürücü frekansını arttırmaya devam edin, GES-53003 WIND led göstergesini izleyiniz, devreye girme hızında LED yanıyor iken bu anda GES-53001 Rüzgar Ölçeri ve GES-53002 DCV Ölçeri izleyiniz ve kendi devreye girme hızını ve gerilimini yazılıma kaydediniz (nominal). Rüzgar jeneratör grubunun rüzgar hızını arttırmak için dönüştürücü frekansını arttırmaya devam edin, GES-53003 WIND led göstergesini izleyiniz, devreden çıkma hızında LED yanıp sönüyor iken bu anda GES-53001 Rüzgar Ölçeri ve GES-53002 DCV Ölçeri izleyiniz ve kendi devreden çıkma hızını ve gerilimini yazılıma kaydediniz (devreden çıkma). Bu deney yüklü olmadığından ve rüzgar/güneş hibrid sistem denetleyicisi (GES-53003) kontrol olarak gerilimi aldığından dolayı devreden çıkma hızı doğal olay simülasyonu gerçekleştirimi için sadece referanstır. Devreden çıkma hızı gerçek rüzgar türbini tasarımları için 20 m/s'dir. Bu deney tamamlandıktan sonra invertör frekansını 20 Hz olarak ayarlayınız ve işlemi durdurmak için gücü kesiniz. Yazılım üzerinde girişleri tamamladıktan sonra veri eğrisini görüntülemek için lütfen "Run" butonuna basınız. Dosyayı kaydettikten sonra programı kapatmak için "Exit" butonuna basınız.

RÜZGAR TÜRBİNİ 2

Şebekeden Bağımsız Rüzgar Enerjisi Üretimi

1. DENEYİN AMACI

Bu sistem Güç firmasının iletim ve dağıtım ağına paralel olarak bağlanmaksızın gerekli güç yükünü kendi başına sağlayabilir. Şebekeden bağımsız bağlantıya sahip bu sistem rüzgar gücünden elde edilen elektriği bataryaya depolayacak ve daha sonra stabil gücü yüke sağlayacaktır. Eğer AC yük için bir güç besleme gereksinimi ortaya çıkarsa invertör ekipmanı gerekli olacaktır.

2. TEORİ

A)Şebeke Bağımsız Rüzgar Enerji Sistemi

Şebeke bağımsız enerji sistemi yükleri tek başına besleme şebekesine bağlı olmaksızın besler. Rüzgar enerji sistemi sabit gerilim ve frekanslı bir çıkış gücü sağlar. Çıkış akımı yükler tarafından belirlenir. Büyük besleme şebekeli enerji kaynakları olmadığından dolayı güvenilirlik zayıftır. Bu sistemin avantajı diğerleri üzerinde etkisinin olmayacak olmasıdır. Bu enerji sistemi dağ kabini ve besleme şebekesi ile bağlanamayan uzak alanlar gibi yerler için idealdir. Bu sistemin kapasitesi genellikle onlarca ve yüzlerce watt civarındadır. Gün ışığında elektrik üretmek için rüzgar enerjisini kullanır ve aynı zamanda akümülatörü şarj eder. Geceleyin bu akümülatör sabit gerilim ve frekans ile kontrol edilen bir gerilim kaynağı sağlayan güç dönüştürücü vasıtasıyla yüklere güç sağlar. Şebeke bağımsız enerji sistemi akümülatörlerin gücü depolamasını gerektirir ancak rüzgar enerji modüllerinin karakteristik eğrisi güneş ışığı ve sıcaklıktan etkilendiğinden dolayı rüzgar enerji modülünün maksimum nokta gerilimini gerçekleştirmek ve akümülatör gerilimini denk tutmak çok zordur. Bu nedenle rüzgar enerji modülünün verimliliğini arttırmak için bizim onun her zaman maksimum enerji noktasında çalışmasını sağlayacak maksimum güç noktası izleme (MPPT) 'ye ihtiyacımız vardır.

B)Enerji Depolama Sistemi

Enerji depolama bataryası rüzgar enerji sisteminde kullanılması zorunlu bir güç depolama bileşenidir. Bu bileşenin ana fonksiyonu rüzgar enerji sistemine ait elektrik enerjisini depolamak ve geceleyin, acil durumlarda veya gün ışığının yetersiz olduğu durumlarda depoladığı enerjiyi yüklerle sunmaktır. En sık kullanılan rüzgar enerji sistemi enerji depolama bataryaları; kurşun asit batarya, alkalın depolama bataryası, lityum iyon batarya, lityum iyon fosfat batarya, nikel hidrojen batarya ve süper kapasitördür. Bu bataryalar farklı rüzgar enerji sistemlerinde veya farklı durumlarda kullanılırlar. Rüzgar enerji sisteminin elektrik enerjisini depolaması için temel gereksinim: (1) düşük öz-deşarj hızı (2) uzun kullanım süresi (3) çok yoğundeşarj (4) yüksek şarj verimliliği (5) daha az veya hiç bakım gerektirmemesi (6) geniş çalışma sıcaklık aralığı (7) düşük maliyet

Akümülatörün performans parametresi ve ortak terimler:

1. Depolama bataryasının performans parametresi

Depolama bataryasının gerilimi pozitif ve negatif kutuplar arasındaki potansiyel farkı işaret etmekte olup bu depolama bataryasının performansını ve durumunu görüntüleyen çok önemli bir parametredir. Birim olarak V (volt) kullanılır.

- (a) Açık devre gerilimi: Bataryadeşarjda değilken iki kutup arasındaki potansiyel fark açık devre olarak isimlendirilir. Batarya açık devresi materyallerin pozitif ve negatif kutuplarına veya elektrolitine göre değişiklik gösterir. Eğer pozitif ve negatif kutup materyalleri tümüyle aynı ise o zaman ne kadar büyük olduğunun veya geometri yapısının nasıl değiştiğinin önemi kalmayacaktır, bu bataryanın açık devresi aynı olacaktır.
- (b) Deşarj gerilimi: Akım çıkış sırasında depolama bataryasının terminal gerilimi. Deşarj gerilimi aynı zamanda çalışma gerilimi olarak da isimlendirilir. Eğer depolama bataryasınındeşarj akımı daha büyük gerçekleşiyorsa o zamandeşarj gerilimi daha düşük olacaktır.
- (c) Şarj gerilimi: Depolama bataryası şarj ediliyorken en yüksek akım, en yüksek depolama bataryası polarizasyonu (omik polarizasyon, yoğunlaşma polarizasyonu, aktivasyon polarizasyonu) ve şarj gerilimi gerçekleşecektir. Aynı şarj akımı ile başlangıç sırasında şarj gerilimi daha düşük olacaktır. Depolama bataryası enerji ile tam dolu olduğunda en yüksek şarj gerilimi seviyesine ulaşılacaktır.
- (d) Dâhili Direnç: Depolama bataryasının dâhili direnci aslında materyal, yapı ve panellerin montajına bağlıdır. Aynı zamanda farklı elektrolitler farklı dâhili dirençler sunarlar. Bazı depolama bataryası türlerinde akımın artması ile birlikte dâhili dirençte artacaktır. Birim olarak Ohm kullanılır.

- (e) Kapasite: Depolama bataryasının kapasitesi izin verilen deşarj aralığında çıkış yapılabilecek elektrik miktarını ifade eder, birim olarak deşarj yeteneğini gösterecek şekilde $A \cdot h$ (amper-saat) kullanılır. Farklı koşullarda depolama bataryasının elektrik miktarı da farklılık arz eder.
- (f) Teorik Kapasite: Depolama bataryası panelleri üzerindeki aktif materyallerin tümünün elektrokimyasal reaksiyon ve çıkış akımı içinde olduğunun varsayıldığı Faraday kanununa göre hesaplanmış elektrik miktarıdır. Çoğunlukla nitelik kapasitesi ($A \cdot h/kg$) veya hacim kapasitesi ($A \cdot h/L$) ile gösterilir.
- (g) Pratik Kapasite: Spesifik koşullar altında tam şarj olduğunda bir bataryanın üretebileceği elektrik enerjisini ifade eder. Bu değer izin verilen deşarj aralığında deşarj akımı ve deşarj süresinin bir sonucudur. Depolama bataryasının pratik kapasitesi teorik kapasitesinden daha küçüktür. Deşarj akımı ve sıcaklık farklı iken pratik kapasite de farklı olacaktır.
- (h) Nominal Kapasite: Sağlanan koşullar altında tam olarak şarj edilmiş bir depolama bataryasının çıkış gerçekleştirebildiği elektrik miktarını ifade eder.
- (i) Teorik Enerji: Spesifik deşarj durumu altında bir depolama bataryasının çıkış gerçekleştirebildiği elektrik enerjisini ifade eder. Bu değer nominal kapasite ve nominal gerilimin bir sonucudur.
- (j) Pratik Enerji: Spesifik deşarj durumu altında bir depolama bataryasının çıkış gerçekleştirebildiği elektrik enerjisini ifade eder. Deşarj süreci sırasında pratik kapasite ve ortalama gerilimin bir sonucudur.
- (k) Özgül Güç: Depolama bataryası birim niteliğinin çıkarılabildiği elektrik enerjisini ifade eder. Birimi $W \cdot h/kg$ veya $kW \cdot h/kg$ 'dir. Daha yüksek özgül güç bir aracın sahip olabileceği daha iyi ivme, tırmanma yeteneği ve hız anlamına gelmektedir.
- (l) Güç Yoğunluğu: Depolama bataryası birim hacminin çıkarılabildiği elektrik enerjisini ifade eder. Birimi $W \cdot h/L$ veya $kW \cdot h/L$ 'dir. Daha yüksek güç yoğunluğu bir araç içerisindeki daha yüksek net ağırlık ve daha yüksek kullanım alanı demektir.

2. Depolama Bataryaları Ortak Terimleri

- (a) Elektrik kapasite tanımı: Hepimiz bataryalar üzerindeki 1,000mAh, 2,000mAh işaretlerinin elektrik kapasitesi olduğunu biliyoruz. Aynı zamanda eğer bu değer 1,000mA (miliamper) ise bunun 1000mAh anlamına geldiğini ve bu bataryanın bir saat boyunca sürekli olarak kullanılabileceğini biliyoruz. Fakat gerçekte bu etiketleme 0.2C deşarj hızı koşulları altında

ölçülen elektrik kapasitesini belirleyen bir standarda sahiptir. Eğer bu deşarj hızı daha yüksek ise örnek olarak 0.5C veya 1.0C kullanılabilir güç daha az olacaktır.

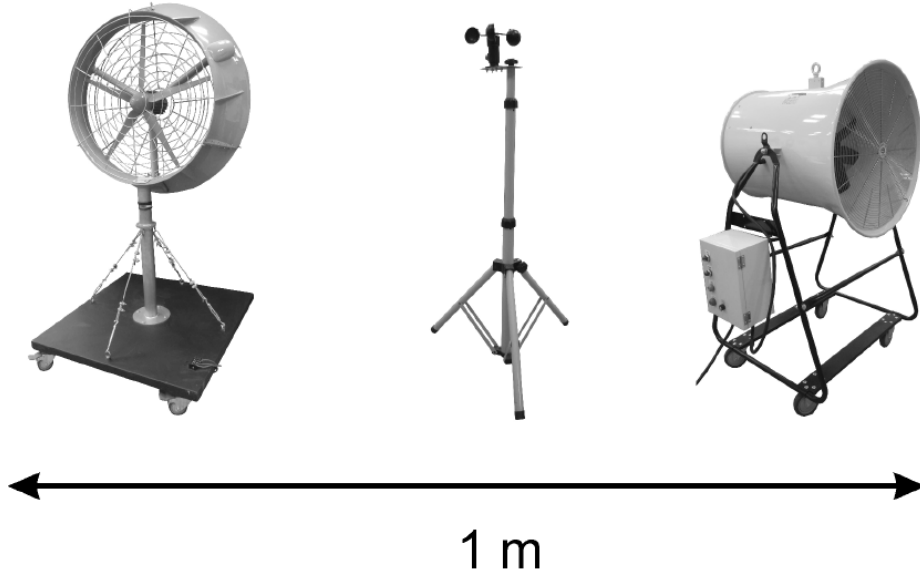
- (b) C notasyonu: Batarya gücü birimleri olarak amper veya miliamper kullanımı yerine C (Kapasite) harfi bir akım ölçümü olarak kullanılacak nominal kapasite (akım x zaman) akımını ifade eder. Örnek olarak 600mAh nominal kapasiteli batarya için C 600mA anlamına gelir. Dolayısıyla 1C 600mA değerine, 2C 1200mA değerine ve 0.1C 60mA değerine eşittir. Eğer nominal kapasite 220mA (0.2C) ise bu deşarj süresinin beş saat kadar süreceği anlamına gelir. Şarj süresi aynı teori ile hesaplanabilir.
- (c) Enerji Yoğunluğu: Ortalama birim hacmi veya batarya niteliği tarafından sunulan güç. Genellikle aynı hacim ile birlikte lityum iyon bataryanın enerji yoğunluğu nikel kadmiyum bataryanın 2.5 katı ve nikel hidrojen bataryanın 1.8 katıdır. Bu nedenle aynı kapasite koşulu altında lityum iyon batarya nikel kadmiyum batarya ve nikel hidrojen bataryadan daha küçük ve daha hafiftir.
- (d) Son Gerilim: boşalan bir bataryanın minimum sınırlandırmasıdır. Batarya türü ve deşarj koşuluna bağlı olarak kapasite ve yaşam ömrü için gereken gereksinimler tamamen farklıdır. Bu nedenle boşalan batarya tarafından sağlanan son gerilim farklı olacaktır.
- (e) Bellek Etkisi: Deşarj süreci sırasında batarya plakası çok sayıda kabarcık üretecektir. Bu kabarcıklar yavaş yavaş plaka alanını düşürecek ve kapasiteyi azaltacaktır.
- (f) Enerji Dönüşüm Verimliliği: Şarj edici bataryayı %100 güç ile beslese de bu durum bataryanın %100 gücü boşaltabileceği anlamına gelmez. Bu enerji dönüşüm verimliliğidir. Eğer gücü %80 boşaltabilirse dönüşüm verimliliği %80 olacaktır. Bu durum bataryanın türüne bağlıdır. Farklı bataryalar farklı verimliliklere sahiptir. Örnek olarak kurşun asit bataryanın dönüşüm verimliliği yaklaşık olarak %40 ila %60 arasındadır, nikel hidrojen batarya için ise bu değer %70'dir. Ve bu yılların ilgi odağı lityum iyon fosfat batarya (bir lityum batarya çeşidi) %95 dönüşüm verimliliğine sahip olabilir yani %95 güç ile deşarj yapabilir. Fakat burada bir soru sorulabilir, niçin şarj edilen güç %100 olarak boşaltılamaz? Burada karmaşık faktörler devreye girer. Örnek olarak bataryanın aktif substratının şarj durumuna dönüşüm süreci enerjinin bir kısmının tüketilmesine neden olacaktır. Aynı zamanda yan etki olarak oksijen üreten bazı enerji kısımları tüketilecektir. Bundan başka şarj hızı ve şarj akımı da bu faktörler arasında ayrıca sayılabilir. Bu batarya öz-deşarj gerçekleştirecektir dolayısıyla enerji kısımları tüketilecek ve şarj elektriği %100 olarak sunulamayacaktır.
- (g) Öz-deşarj: Bataryanın dâhili yapısı kimyasal reaksiyon üreteceğinden dolayı kendi içerisinde öz-deşarj gerçekleştirecektir. Her ne kadar harici bir yük olmasa da bataryada depolanan güç

zamanla azalacaktır. Öz-deşarjın hızı öz-deşarj oranı olarak ifade edilir. Eğer sıcaklık daha yukarılara çıkıyorsa bununla birlikte öz-boşalan akımda artacaktır.

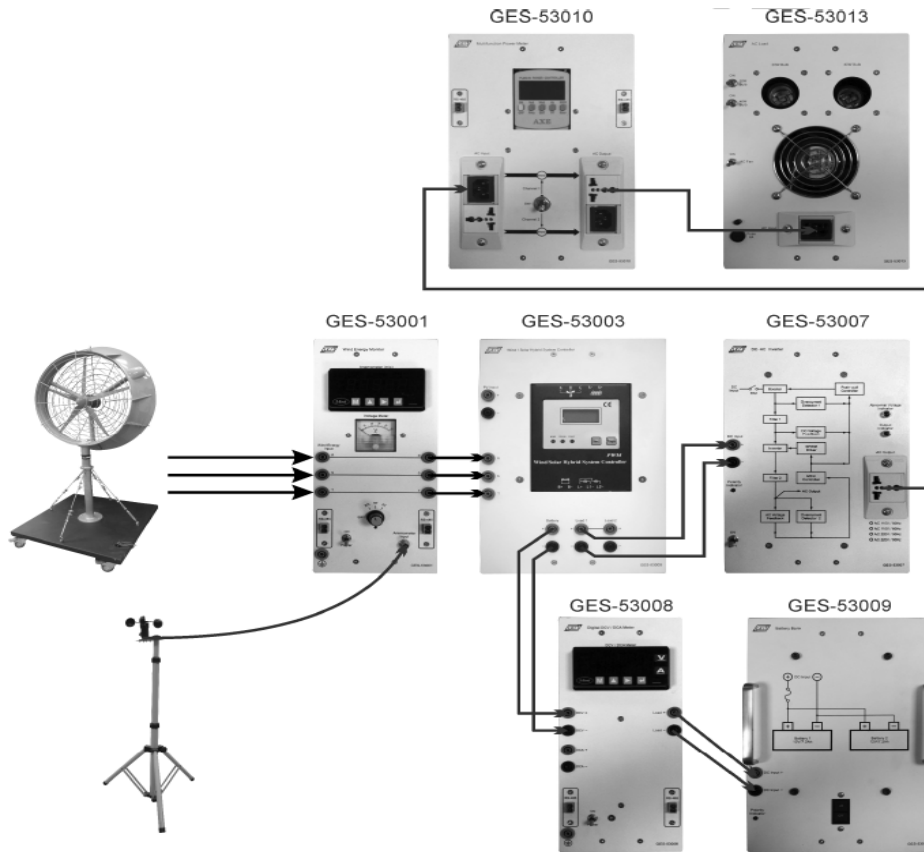
- (h) Yaşam Süresi: Bataryanın ömrü sınırlıdır. Zayıflama olmaksızın aynı seviyeyi koruması imkânsızdır. Aynı çalışma koşulları altında defalarca şarj ve deşarj sonrası batarya kapasitesi nominal kapasitenin %80'ine kadar tükenecektir (veya %60 olarak değerlendirilmiştir). Tekrarlanan şarj ve deşarj süreleri bataryanın yaşam süresi olarak isimlendirilir. Daha uzun yaşam süresi daha uzun batarya kullanım süresi anlamına gelir. Batarya üzerindeki referans özelliklerinden bir kaçı yaşam süresi olarak isimlendirilen deşarj süresi ve derinliğini hakkında insanı bilgilendiren şarj ve deşarj süresini gösterir. Yaşam süresi şark ve deşarj akımı arasındaki farklılıklara, deşarj derinliğine ve diğer koşullara bağlı olarak değişir. Özellikle yüksek akım ile şarj ve deşarj yapılırken yaşam süresi önemli derecede azalacaktır.
- (i) Aşırı Şarj: Şarj süreci sırasında batarya gerilimi depolanan güç ile birlikte artar. Depolanan güç doygunluğa ulaştığında elektrot materyalleri daha fazla şarj edilemez, sürekli devam eden şarj elektrolitin elektrolizlenmesine neden olur. Bu durum pozitif kutup üzerinde oksijen negatif kutup üzerinde hidrojen üretecektir öyle ki kapalı bataryanın dâhili basıncı batarya dâhili yapısının hasar görmesine neden olacaktır. Bu olgu aşırı şarj olarak isimlendirilir.
- (j) Aşırı Deşarj: Deşarj süreci sırasında eğer son gerilim değerinin üzerinde deşarj yapılırsa bu durum dâhili basıncı arttıracak ve batarya kapasitesini azaltarak pozitif ve negatif kutupların ters yönlülüğünü bozacaktır.
- (k) Deşarj Derinliği: Deşarj süreci sırasında nominal kapasitede sunulan kapasitenin yüzdesi deşarj derinliği olarak isimlendirilir. Deşarj derinliğinin üst ve alt sınırı ikinci batarya ile büyük bir ilişkiye sahiptir. Daha derin deşarj derinliği daha kısa şarj ömrü demektir. Bu nedenle kullanım sırasında derin deşarjı önlememiz gerekir. Deşarj esnasında deşarj kapasitesi ve depolama kapasitesi arasındaki yüzde deşarj derinliği olarak isimlendirilir ve yüzde ile birlikte görüntülenir. Örneğin deşarj derinliği 20% ise bu gücün %20'sinin kullanıldığı ve %80'inin kaldığı anlamına gelir.
- (l) Şarj Durumu (SOC): "State Of Charge" ifadesinin kısaltılmışı olarak SOC kullanılır, $SOC = (\text{kalan güç} / \text{nominal güç}) \times \%$. Örnek olarak eğer $SOC=100\%$ ise bu bataryanın kalan gücünün %100 olduğu ve henüz hiç kullanılmadığı anlamına gelir. Eğer $SOC=0\%$ ise bu da bataryanın kalan gücünün %1 olduğu ve neredeyse gücün tamamen tükendiği anlamına gelir.

2. DENEYİN YAPILIŞI

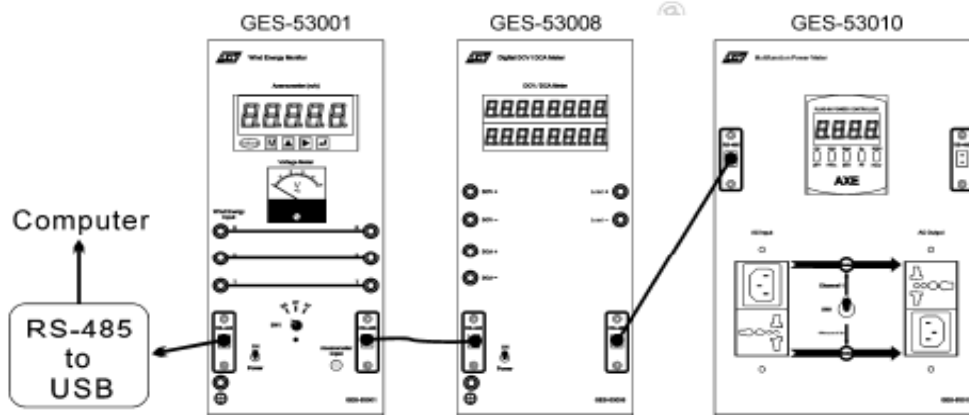
A)Bağlantı Şeması



ŞEKİL 2.1



ŞEKİL 2.2



ŞEKİL 2.3

B)Deneyin Yapılışı

Rüzgar jeneratörü güç terminalini dağıtım kutusuna bağlayınız. (rüzgar jeneratörünün nominal gerilimine bağlı olarak) Şekil 2.1'deki gösterime göre rüzgar jeneratör grubu rüzgar türbininden bir metre ilerdedir (rüzgar jeneratör grubu koruma ağı ile rüzgar türbini koruma ağı arasında), fren pedalı basılı ve rüzgar jeneratör grubu ve Yatay Eksen Rüzgar Türbini sabittir. GES-58003 Rüzgar Ölçer cihazı rüzgar jeneratörü ve rüzgar türbini arasına yerleştirilmiştir fakat bu konumun rüzgar türbinine yakın olması gerekmektedir. GES-53001 AC giriş ve GES-53008 AC giriş terminalleri besleme şebekesine bağlanır. Rüzgar türbinin güç çıkış terminali (R, S, T) GES-53001 'in "Rüzgar Enerji Girişi"ne bağlanır. Şekil 2.2'ye göre modülleri bağlayınız. Şekil 2.3'e göre GES-53001 ve GES-53008 RS-485 portunu (iletişim arabirimi) PC'ye bağlayınız. GES-53001 ve GES-53008 güç anahtarını "ON" konumuna getiriniz, GES-500 yazılımını çalıştırınız ve daha sonra "W-Experiment 7" menü ögesini seçiniz. GES-53007'nin "SW1" anahtarını açınız. GES-53010 anahtarını "Channel 1" konumuna getiriniz. GES-53003'ün yük çıkış terminalini "HOUSE" moduna getiriniz – 24 saat sürekli açık çıkış. Yazılım verisinin depolama konumu seçimi. Rüzgar jeneratör grubu gücünü açınız ve invertör frekansını 20 Hz olarak ayarlayınız. Yazılımda "Run" butonuna basınız. GES-53013'in 20W ampulünü açınız. Değişken resistörü (rüzgar jeneratör grubunun invertörü) 20Hz'den 50 Hz'e doğru yavaşça çeviriniz. Deney gerçekleştirimi tamamlandıktan sonra invertör frekansını 20 Hz'e ayarlayınız ve işlemi sonlandırmak için rüzgar jeneratör grubunun gücünü kesiniz.



**İZOLASYON TEST CİHAZININ KULLANIMI VE ELEKTRİK TESİSLERİNDE
TOPRAKLAMA DİRENCİ ÖLÇÜMÜ**

AMAÇ:

1. Topraklama hakkında geniş bilgi edinilmesi.
2. Toprak Ölçüm Cihazının tanınması.
3. Elektrik tesislerinde topraklama direnci ölçümünün öğrenilmesi.
4. İzolasyon test cihazlarının kullanılması öğrenilir.

Ön Hazırlık:

1. Elektrik tesislerinde; temas gerilimine (direkt ve endirekt temasa) karşı koruma için neler yapılabilir? Araştırınız.
2. Koruma topraklaması ve sıfırlama nasıl yapılır? Sıfırlamanın uygulandığı bir şebekeye bağlı cihazlardan bir kısmı aynı zamanda topraklanırsa ne gibi durumlar ortaya çıkabilir?
3. İç aşırı gerilimler ve dış aşırı gerilimler nasıl oluşur? Bu aşırı gerilimlere karşı nasıl korunulabilir?
4. Topraklayıcılar hakkında neler biliyoruz? Topraklama direncinin büyüklüğü neden önemlidir?

1. Topraklama

1.1. Koruma Topraklanması

İnsanların, hayvanların tehlikeli dokunma ve adım gerilimlerine karşı korunmak için gerilim altında olmayan iletken tesis bölümlerinde oluşabilecek yüksek dokunma geriliminin sürekli olarak kalmasını önlemektir.

Fabrikalarda, tesislerde tüm makineler üzerinde mevcut olan topraklama klemensleri ve civataları vasıtasıyla nötden hariç müstakilen topraklamadır.

Akaryakıt tankları-benzin pompaları generatörler – yürüyen merdivenler-asansör rayları-evdeki elektrikli aygıtlar–panolar-tablolar-havai hat şebekelerinde demir direkler –parafudrlar-iş yerlerindeki her çeşit elektrik motorlarıyla çalışan makineler vs. topraklamadır.

Bir hata durumunda toprak teması akımı devresini toprak üzerinden tamamlarsa korunacak olan işletme aracının koruma topraklama direnci aşağıdaki koşulu sağlamalıdır.

$$R_k = 65 \frac{V}{I_a} \quad (1)$$

Burada 65 V izin verilen en büyük dokunma gerilimi I_a ise şebeke tarafından işletme aracının önüne bağlanan aşırı akım koruma aygıtının açma akımıdır. Koruma aygıtının anma akımı I_n ise $I_a = k I_n$ 'dir. Buradaki k katsayısı tesisin biçimine ve kullanılan koruma aygıtına göre farklı değer alır.

Topraklama yönetmeliklerinde k katsayısının hangi durumlarda kaç alınacağı belirtilmiştir.

1.2. Sıfırlama

İnsan ve hayvanları tehlikeli temas gerilimine karşı korumak için tüketicilerin işletme akım devresine ait olmayan fakat bir izolasyon hatası sonucunda gerilim altında kalabilen ve insanların temas alanında bulunan iletken kısımların, mesela madeni mahfazaların, nötr hattı ile iletken olarak bağlanmasına sıfırlama denir. Nötr iletkeni işletme topraklaması üzerinden topraklanır. Bir izolasyon hatası durumunda, devrenin toplam direnci çok küçük olduğundan ortaya çıkan akım bir kısa devre akım mertebesindedir. Bu nedenle bu akımı kesmek için genellikle eriyen telli sigortalar kullanılır.

1.3. İşletme Topraklaması

Elektrik tesislerinde bulunan işletme araçlarının aktif bölümleri topraklanır, böylece bunların normal işletilmesi sağlanır ve işletme akım devresinin toprağa karşı potansiyeli belirli bir değerde bulundurulur elektrik tesislerinde aşırı gerilimlerin oluşması önlenmiş yada sınırlandırılmış olur. Generatörlerde ve trafolarında uygulanır.

1.4. Statik Topraklama

Yeni yeni önem verilen topraklama sistemidir. Çelik yapılar en az dört yerinden topraklanmalıdır. Elektrik tesisatındaki arızadan dolayı bina üzerinde oluşacak kaçak akımın boşalması sırasında insanlara zarar vermemesi ve yeryüzüne inen elektrik yüklü bulutların binalara teması sonucu binalara boşalttıkları elektrik yüklerini toprağa boşaltması için ve içinde elektrikli ve elektronik cihazların kullanıldığı binalara ,(bu tip kullanım amaçlı binalar temel halindeyken temel kolon demirlerinden galvanizli levha ve galvanizli şeritlerle topraklanmalıdır) statik topraklama tesisatı yapılmalıdır.

Yüksek binalar ve iş hanları da aynı şekilde topraklanmalıdır. Ayrıca bilgisayarlar ve elektronik cihazlar, telefon santrali üzerlerinde biriken magnetik alanları toprağa boşaltmak için, bu gibi cihazların topluca bulunduğu yerlere statik topraklama barası yapılmalıdır. Tüm cihazlar gövdelerinden bu baraya bağlanır ve bu bara topraklanır.

2. Tanımlar

2.1. Yayılma Direnci

Esas topraklayıcı ile ölçüm için yapılan yardımcı topraklayıcı arasına U gerilimi uygulandığında akım devresinin topraktaki kısmına ait direnç, pratik olarak yalnız topraklayıcıların topraklama dirençlerinden oluşur. Bu dirence "yayılma direnci" adı verilir. R_y ile gösterilir. Bu değer uygulanan gerilim ve ölçülen akım yardımıyla bulunabildiği gibi; topraklama ölçü cihazları yardımıyla da kolayca ölçülebilir: Topraklayıcı ile referans toprağı arasındaki toplam gerilim düşümüne topraklayıcı gerilimi denir. Topraklayıcı gerilimi, şu halde toprak geçen akım ile yayılma direncinin çarpımına eşittir

$$U_{tk} = I_t \cdot R_y \quad (2)$$

2.2. Özgül Toprak Direnci

Bütün boyutları ve iletkenliği önceden bilinen bir iletkene karşılık toprak, birçok özellikleri bilinmeyen çok karışık bir iletkendir. Toprakta akımın çok büyük bir kesitten geçtiği kabul edilir; bu nedenle topraklayıcılarda akım yoğunluğu çok büyüktür ve bunların orta kısmında ise çok küçüktür.

Toprağın özgül direnci, bir kenarı 1 m olan bir küpün direncidir ve birimi $\text{ohm.m}^2/\text{m} = \text{ohm.m}$ 'dir. Aşağıdaki bazı toprak cinslerinin ortalama özgül dirençleri verilmiştir. Toprağın özgül direnci toprağın rutubetine ve sıcaklık derecesine çok bağlanır; bu sebeple mevsime göre çok değişir.

Tablo 1. Değişik toprak cinsleri için özgül dirençler

Toprağın Cinsi	Özgül Direnç($\Omega.m$)
Bataklık	30
Killi Toprak	100
Rutubetli kum	200
Rutubetli çakıl	500
Kuru kum veya çakıl	1000
Taşlık zemin	3000

Tablo 2. Özgül direnci 100 ohm. m olan toprağa gömülen çeşitli topraklayıcılara ait yayılma dirençler.

Topraklayıcının Cinsi	Şerit veya Örgülü Tel				Çubuk veya Boru				Düşey levha üst kenarı 1m toprak altında	
	Uzunluk [m]				Uzunluk [m]				Boyutlar [m ²]	
	10	25	50	100	1	2	3	5	0.5×1	1×1
Yayılma direnci (Ohm)	20	10	5	3	70	40	30	20	35	25

Başka ρ toprak özgül dirençleri için bu cetvelde verilen yayılma dirençleri $\rho/100$ katsayısı ile çarpılır.

3. Topraklama Direncinin Hesaplanması

Topraklama tesisinin R_t toplam direncine topraklama direnci denir. Bu direnç, topraklama iletkeni ile topraklama barasının R_i direncinin, topraklayıcı ile toprak arasındaki R_g geçiş direncinin, topraklayıcıdaki R_y yayılma direncinin ve toprak zeminin R_z direncinin toplamına eşittir:

$$R_t = R_i + R_g + R_y + R_z \quad (3)$$

R_i direnci, yayılma direncinden çok küçüktür. Ayrıca iyi yapılan bir topraklayıcının geçiş direncinde çok küçük değerler alır. Yukarıda açıklandığı gibi toprağın kendi direnci de ihmal edilecek kadar küçüktür. Onun için topraklama direncinin yaklaşık olarak yayılma direncine eşit olduğu kabul olunabilir.

Yeryüzünde h derinliğine gömülmüş olan çeşitli tipten en önemli topraklayıcıların yayılma dirençlerinin hesaplanması aşağıda verilmiştir.

3.1. Şerit Topraklayıcılar

Bunlar en az 3mm kalınlığında ve 100mm² kesitinde galvanizli demir şeritten yapılırlar. Bundan başka yuvarlak iletkenler veya kalın tellerden başka örgülü teller de kullanılabilirler. Şerit topraklayıcılar, sürekli olarak rutubetli kalacak ve donma olmayacak şekilde, mesela 0,5-1 m gibi bir derinliğe gömülürler.

Şerit topraklayıcının yayılma direnci, birinci derecede şeridin uzunluğuna bağlıdır. h yüksekliğinde toprağa gömülmüş bir şerit topraklayıcının yayılma direnci,

$$R_y = \rho / \pi \cdot \ell * \ln \frac{\ell}{\sqrt{dh}} \quad (4)$$

Denklemler ile ifade edilir. Burada ρ : toprağın özgül direnci, ℓ : şerit uzunluğu h : gömülme derinliği d : şerit çapıdır.

Yaklaşık hesaplarda yukarıdaki yerine $R_y = 2 \rho / \ell$ ifadesinden yararlanılabilir.

Şerit topraklayıcıların belirli bir uzunlukta daha az yer kaplamaları için bunlar doğru, Yıldız, halka veya gözlü hasır şeklinde yapılırlar. Ancak mesela yıldız şeklindeki şerit topraklayıcı da kol sayısını artırmakla yayılma direncini küçültmek her zaman mümkün olmaz. Kolların birbirine karşılıklı temas etmesi ile çok kollu topraklayıcılarda yayılma direnci artabilir. Onun için yıldız topraklayıcılar, en iyisi 3, 4 veya en fazla 6 kolu yapılırlar. Şerit topraklayıcılar daha ziyade direk topraklamasında kullanılırlar.

3.2. Çubuk Topraklayıcılar

20 mm çapında çelik borudan veya buna eşdeğer çelik profilden yapılırlar ve zemine dik olarak çakılırlar. Çubuk topraklayıcının uzunluğu 3-5 m kadardır ve üst ucu 50 cm kadar toprak altında kalır. Çubuk topraklayıcılar oldukça büyük derinliklere indiklerinden, her mevsimde rutubetli

bir zeminde bulunurlar. Ayrıca bunlar zemine çakılarak yerleştirildiklerinden toprakla daha iyi temas ederler ve iyi bir topraklama sağlarlar.

Çubuk topraklayıcının yayılma direnci,

$$R_y = \rho / 2 \pi \cdot \ell * \ln(4 \cdot \ell / d) \quad (5)$$

İfadesine göre hesaplanır. Burada ρ : toprağın özgül direnci, ℓ : boru uzunluğu, d: boru çapıdır.

Burada görülüyor ki, yayılma direnci, boru çapından ziyade borunun uzunluğu ile çok etkilidir. Yaklaşık hesaplarda $R_y = \rho / \ell$ ifadesi kullanılır.

3.3. Levha Topraklayıcılar

Bunlar 1m x 1m ebadında ve 3 mm kalınlığında, masif veya delikli galvanizli veya bakır kaplamalı saçtan yapılırlar. Levhalar, yere biraz yana yatık olarak gömülürler. Bunların üst kenarı, donmaya karşı korumak için, zeminden 0,5-1 m derinlikte olacak şekilde yerleştirilirler.

Levha topraklayıcı ile toprak arasında boşluk kalmaması için, levha çukura biraz yana yatık bir şekilde yerleştirilip toprakla doldurulduktan sonra toprak ıslatılıp dövülerek sıkıştırılır. Buda levha topraklayıcının daha az kullanılmasını gerektiren bir sebeptir. Levha topraklayıcı pahalıdır ve yayılma direnci oldukça büyüktür.

Toprak içinde gömülmüş dairesel bir levha topraklayıcının yayılma direnci yaklaşık olarak $R_y = \rho / 4 \cdot D$ (6)

İfadesine göre hesaplanır. Burada D, topraklayıcının çapı olup bir kenarı a olan kare şeklindeki levhalarda $D = 1.13a$ olarak alınır.

Geçmiş yıllarda levha topraklayıcı daha çok kullanıldığı halde yukarıda açıklanan sebeplerden dolayı bugün artık önemini yitirmiştir.

3.4. Tabii Topraklayıcılar

Madeni su borusu şebekesi, özellikle alçak gerilim tesisleri için çok iyi bir topraklayıcıdır. Bundan başka, kurşun kılıflı ve çelik mahfazalı yer altı kablolarının madeni mahfazaları da iyi bir topraklayıcı olarak kullanılabilirler. Nihayet yüksek gerilim hava hatlarındaki toprak iletkenleri, elektrik tesislerine ait binaların temelleri toprağa gömülmüş çelik konstrüksiyon ile borular ve raylar tabii topraklayıcıdır ve yerine göre bunlardan yararlanılabilir.

Topraklayıcı malzemesi olarak en çok sıcak galvanizli veya bakır kaplamalı çelik veya bakır kullanılır.

İstendiği kadar küçük bir yayılma direnci elde edebilmek için bazen çeşitli tip topraklayıcıların birlikte paralel bağlanmaları gerekir.

4. TOPRAKLAMA DENEYLERİ

Bu deneyde GEO-416 cihazı kullanılacaktır.

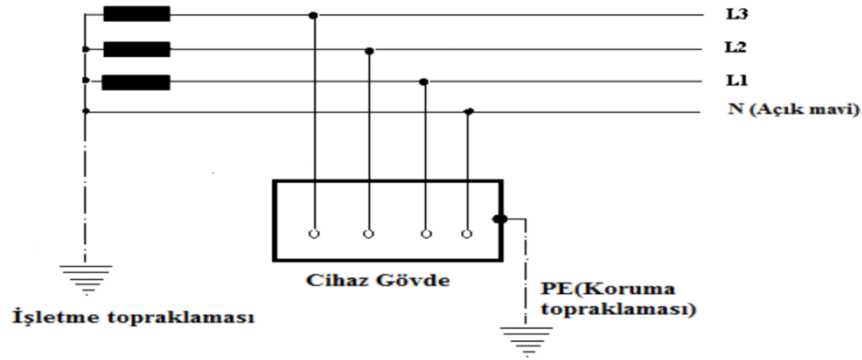
4.1. Prizden 2 Tel Toprak Direnç Ölçümü-Toprak 2 Tel

TT kurulumu olduğu takdirde ve sadece TT kurulumu olduğu durumda, daha büyük değer veren (bu yüzden daha güvenli) basitleştirilmiş yöntem ile toprak direnç ölçümü gerçekleştirilebilir.

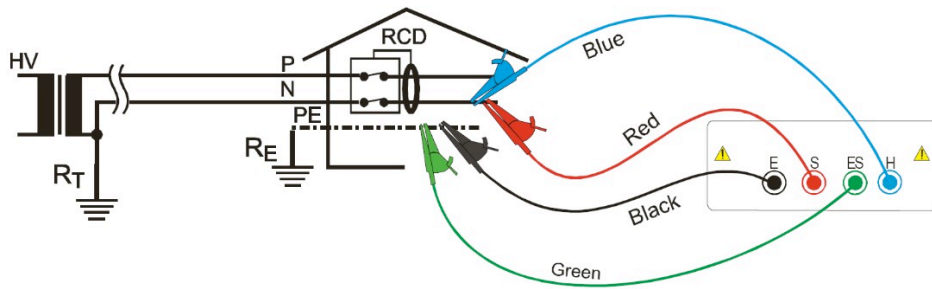
Bu şebeke şeklinde şebekenin yıldız noktası direkt olarak topraklanmıştır; bu bir işletme topraklamasıdır. Tesise ait madenî kısımlar ise işletme topraklamasından ayrı olarak topraklayıcıya bağlanmıştır. Bu ise koruma topraklamasıdır.

TT tipi şebekede şunlar uygulanabilir;

- Koruma topraklaması.
- Hata gerilimi ile koruma bağlaması.
- Hata akımı ile koruma bağlaması.



Bu yöntemde, yardımcı çubuk olarak prizdeki NÖTR hattı kullanılır. Eğer toprak bağlantısı var ise, doğal olarak ölçüm NÖTR ve TOPRAK arasında doğrudan yapılır. Halihazırda CEI 64.8 standardı bu ölçüm metodu kabul etmemesine rağmen bir çok 3 tel karşılaştırma testi tarafından gösterilen toprak direnç değerini verir.



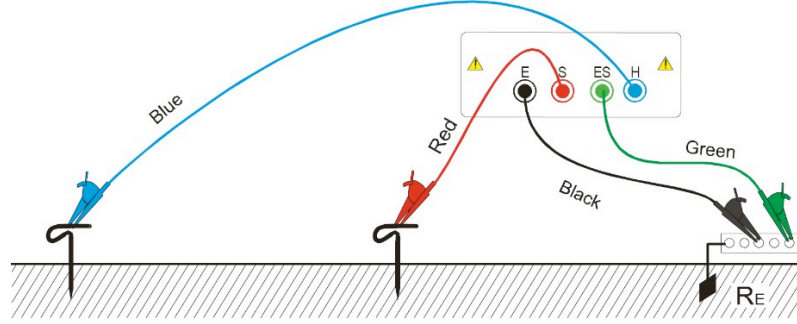
Şekil 6. Pano üzerinde basitleştirilmiş yöntem ile toprak direnç ölçümü

Tablo 3. Prizden ölçülen direnç.

Direnç (Ω)	Ortalama direncin hesaplanmasına katılan toprak direnç ölçüm sayısı	Ortalama Direnç(Ω)

4.2. Toprak 3 Tel Deneyi

Ölçüm, CEI 64.8, IEC 781, VDE 0413, EN61557-5 standartlarında belirtilen hükümlere göre yapılır.



Şekil 7. 3 tel toprak direnç ölçümü

Ölçme İşlemi:

* Ölçüm kablolarının 4 konnektörünü (bağlayıcı) (siyah, kırmızı, mavi ve yeşil), cihazın ilgili terminal girişlerine (E, S, H, ES) yerleştirin.

* Şekil 7'de gösterildiği gibi timsah kısıkaçlarını bağlayın.

GO tuşuna basarak ölçüm yapın ve ekranda görülen değeri okuyun. Test sonunda ekranda * aşağıdakine benzer bir ekran görülecektir.

NOT: Eğer **GO** tuşuna basmaya devam ederseniz, cihaz art arda birçok ölçüm yapacaktır. Ne zaman yeni değer elde edildiğinde, cihaz kısa bir ses çıkarır. İkincil ekranın sol kenarındaki sayıcı yenilenir ve bir saniye için değer gösterilir. Ortalama direnç değerinin hesaplanmasında kullanılan ölçüm sayısını gösterir.

Tablo 4. 3 tel toprak direnci ölçüm sonuçları

Uzaklık(m) (Kırmızı-Mavi)	Uzaklık(m) (Kırmızı-Siyah)	Direnç (Ω)	Ortalama direncin hesaplanmasına katılan toprak direnç ölçüm sayısı	Ortalama Direnç(Ω)

4.3. ρ Mod (Toprak Özgüldirenci)

Ölçüm, CEI 64.8, IEC 781, VDE 0413, EN61557-5 standartlarında belirtilen hükümlere göre yapılır.

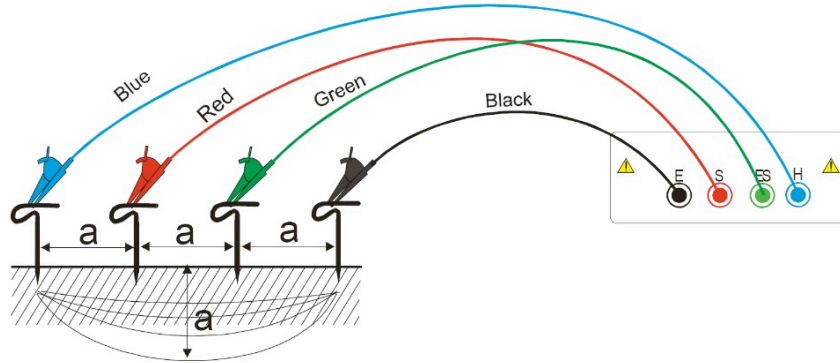
Ölçme biriminin seçimi:

* “RCL” tuşunu basılı tutup döner anahtarı çevirin. Cihaz, düzeltilecek ölçme biriminin seçimine izin veren ekranı gösterecektir. yukarı veya aşağı tuşları ile m veya ft seçilir.

* SAVE veya ESC tuşuna basılarak seçilen ölçme birimi kaydedilir.

Çalışma talimatı:

1. 4 toprak çubuğunu aynı **D** mesafesinde toprağa çivileyin. Çubuklar arasındaki mesafe genellikle 1 ile 10 m (3 ile 30 ft) arasındadır.
2. Çubuklar arası **D** mesafesi, toprak öz direncinin hangi derinlikte ölçüldüğüne tayin etmektedir. En düşük öz direnç değeri ile ilgili mesafeyi (ve böylece derinliği de) belirlemek için test, çubuklar farklı mesafelere yerleştirilerek birkaç kez tekrarlanmalıdır.
3. Ölçüm kablolarının 4 konnektörünü (bağlayıcı) (siyah, kırmızı, mavi ve yeşil), cihazın ilgili terminal girişlerine (E, S, H, ES) yerleştirin.
4. Şekil 9’da gösterildiği gibi timsah kıskaçlarını bağlayın.



Şekil. 8. 4 tel toprak öz direnç ölçümü

5. Anahtarı ρ konumuna getirin.
6. Çubuklar arasındaki **D** mesafesini seçin.
7. Yukarı aşağı tuşlarına basarak **D** mesafesini seçin. Bu mesafe, takip eden değerlerden seçilebilir: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 m veya 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30 ft.

ESC tuşuna basarak seçilen değer doğrulanır.

GO tuşuna basarak ölçüm yapın ve ekranda görülen değeri okuyun.

Tablo 4. Farklı mesafelerde ölçülen öz direnç.

Çubuklar arası mesafe (m)	Özdirenç (Ω)

NOT: **D** mesafe biri ne olursa olsun, öz direnç otomatik olarak OhmMetre cinsinden hesaplanacaktır.