



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MİKRO ŞEBEKELER İÇİN AKILLI BİR ENERJİ
YÖNETİM SİSTEMİ TASARIMI**

ALİ UTMA

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

KAHRAMANMARAŞ 2018

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİKRO ŞEBEKELER İÇİN AKILLI BİR ENERJİ
YÖNETİM SİSTEMİ TASARIMI

ALİ UTMA

Bu tez,
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS
derecesi için hazırlanmıştır.

KAHRAMANMARAŞ 2018

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Ali UTMA tarafından hazırlanan “MİKRO ŞEBEKELER İÇİN AKILLI BİR ENERJİ YÖNETİM SİSTEMİ TASARIMI” adlı bu tez, jürimiz tarafından 27/06/2018 tarihinde oy birliği ile Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ahmet Serdar YILMAZ (DANIŞMAN)
Elektrik-Elektronik Müh.
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Metin SALİHMUHSİN (ÜYE)
Elektrik-Elektronik Müh.
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali ÖZÇELİK (ÜYE)
Elektrik ve Enerji Böl.
Gaziantep Üniversitesi

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Mustafa ŞEKKELİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, alıntı yapılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Ali UTMA

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

MİKRO ŞEBEKELER İÇİN AKILLI BİR ENERJİ YÖNETİM SİSTEMİ TASARIMI (YÜKSEK LİSANS TEZİ)

ALİ UTMA

ÖZET

Son yıllarda yenilenebilir enerji sistemlerinin kullanımındaki artış, mikro şebekeler üzerindeki çalışmaların önemini artmasına neden olmuştur. Mikro şebekelerde enerji üretildiği yerde tüketilir. Bu, şebekelerde iletim ve güç kayıplarında bir azalmaya yol açar. Aynı zamanda, endüstriyel tesislerin güç kalitesini bozan olumsuz etkileri mikro şebeke modeli ile ortadan kaldırılmakta ve daha verimli ve güvenilir şebekeler oluşturulabilmektedir. İletim hatlarında meydana gelen güç kayıpları verimi düşürmektedir. Mikro şebekeler iletim hatlarındaki yükü azalttığından, meydana gelen kayıplar düşmektedir ve bu durum verimi yükseltmektedir. Bu çalışmada, örnek mikro yapıda bir akıllı şebeke sistemi laboratuvar ortamında kurulmuştur. Sistem, bir tüketici ve bunu besleyen rüzgâr ve PV sistem ile şebeke bileşenlerini kontrol eden mikrodenetleyici tabanlı yapıdan oluşmaktadır. Sistemden elde edilen enerjinin depolanması bir batarya grubu ile sağlanmaktadır. Mikro şebekedeki yenilenebilir enerji ve şebeke sistemlerinin gerilimleri ile akım değeri bir mikro denetleyici tarafından sürekli olarak izlenmektedir. Yenilenebilir enerji sisteminin, batarya grubunun ve şebekenin gerilim değerleri mikrodenetleyiciye, gerilim bölücü devreler ve akım sensörleri tarafından sağlanmaktadır. Gerilim bölücüler ve akım sensörü tarafından mikrodenetleyiciye iletilen elektriksel bilgiler, kontrol algoritması ile değerlendirilir. Alıcının enerji ihtiyacı, mikrodenetleyici tarafından kontrol edilen röleler sayesinde öncelikle rüzgâr, PV veya batarya sistemi tarafından, aksi takdirde şebekeden karşılanmaktadır. Ayrıca sistem tarafından üretilen fazla enerji şebekeye aktarılmaktadır ve elektriksel değerlerin takibi anlık olarak izlenebilmektedir. Bu uygulama sonucunda yenilenebilir enerji sisteminin kullanım seviyesi artırılmış ve enerji maliyetinin azaltılması sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler : Mikro şebekeler, akıllı şebekeler, pv -rüzgar enerji dönüşümü, enerji yönetim sistemleri

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, 27 Haziran / 2018

Danışman: Prof. Dr. Ahmet Serdar YILMAZ

Sayfa sayısı: 60

DESIGN OF A SMART ENERGY MANAGEMENT SYSTEM FOR MICROGRIDS (M.Sc. THESIS)

ALİ UTMA

ABSTRACT

The increase in the use of renewable energy systems in recent years has led to an increase in the importance of work on microgrids. In microgrids, energy is consumed where it is produced. This leads to a reduction in transmission and power losses in the lines. At the same time, the negative effects of the industrial plants that disrupt the quality of power are eliminated by the microgrid model and more efficient and reliable grids can be established. The power losses in the transmission lines drop the efficiency. As microgrids reduce the load on the transmission lines, the losses that occur are falling and this increases the efficiency. In this study, an smart gid system in the sample micro structure was established in the laboratory environment. The system consists of a consumer and the microcontroller-based structure that controls the wind and PV system and grid components that feed it. Storage of energy from the system will be provided by a battery pack. The voltages and current values of renewable energy and grid systems in the microgrid are continuously monitored by a micro controller. The voltages and current values of renewable energy and grid systems in the microgrid will be continuously monitored by a microcontroller. The voltage values of the renewable energy system, the battery group and the grid are provided to the microcontroller by the voltage divider circuits and current sensors. The electrical information transmitted by the microcontroller by the voltage divider and current sensor is evaluated by the control algorithm. The loads energy requirement will be met primarily by the wind, photovoltaic or battery system, otherwise from the grid, through the relays controlled by the microcontroller. In addition, excess energy generated by the system is transferred to the grid and the electrical values can be monitored instantaneously. As a result of this application, the usage level of the renewable energy system has been increased and the energy cost has been reduced.

Key words: Microgrids, smartgrids, pv-wind energy conversion,energy management system.

University of Kahramanmaraş Sütçü İmam
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Electric-Electronic Engineering, 27 June / 2018

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet Serdar YILMAZ

Page Numbers: 60

TEŞEKKÜR

Bu tez çalıőması sűresince engin bilgi ve tecrűbelerinden faydalandıđım ve çalıőmamın her aőamasında sađladıđı bilimsel katkılardan dolayı Prof. Dr. Ahmet Serdar YILMAZ'a, her fırsatta bilgi ve birikimlerinden yararlandıđım tűm bűlűm hocalarıma, tűm çalıőmalarım sűresince deđerli gűrűő ve fikirlerini benimle paylaőan Dr. Őđr. Ŭyesi Mehmet Ali ŐZELİK'e ve bana her konuda destek olan mesai arkadaőlarıma teőekkűr ederim.

Son olarak, bu gűnlere gelmemde her tűrlű maddi ve manevi desteklerini gűrdűđűm aileme ve eőime sonsuz teőekkűrlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	ix
1.GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
3. YENİLENEBİLİR ENERJİ.....	6
3.1.Güneş Enerjisi.....	8
3.1.1. Güneş pilleri.....	9
3.1.2.Güneş pillerinin eşdeğer devre şeması.....	10
3.1.3.Güneş pillerine ışınım şiddetinin etkisi	11
3.1.4.Güneş pillerine etkileyen sıcaklığın etkisi	12
3.1.5.Fotovoltaik panel çeşitleri.....	13
3.1.6.Güneş enerjisinin avantajları ve dezavantajları	14
3.1.7.Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli.....	15
3.2.Rüzgâr Enerjisi	17
3.2.1.Rüzgâr enerjisinin avantajları ve dezavantajları	18
3.2.2.Rüzgâr türbini	19
3.2.3.Rüzgârdan türbininden enerjinin elde edilmesi	19
3.2.4.Rüzgâr türbini güç eğrisi.....	20
3.2.5.Rüzgâr türbininin yapısı.....	21
3.2.6.Rüzgâr türbinini oluşturan elemanlar	22
3.2.7.Rüzgâr türbini çeşitleri.....	23
3.2.8.Türkiye'de rüzgâr enerjisinin potansiyeli	24
4. MİKRO ŞEBEKELER VE ENERJİ YÖNETİMİ.....	26
4.1.Mikro şebekelerde enerji yönetimi	27
4.1.1.Mikro şebekelerin avantajları ve dezavantajları	28
5. UYGULAMA DEVRESİ.....	29
5.1.Uygulamada Kullanılan Devre Elemanları.....	31
5.2.Gerilim Bölücü Devreler	36
5.3.Mikrodenetleyici programı	38

	<u>Sayfa No</u>
5.4.Devrenin çalışması.....	42
5.4.1.Durum 1	43
5.4.2.Durum 2	44
5.4.3.Durum 3	45
5.4.4.Durum 4	45
5.4.5.Durum 5	45
5.4.6.Durum 6	46
5.5.Sistem verilerinin elde edilmesi.....	49
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	52
KAYNAKLAR.....	54
EKLER	58
ÖZGEÇMİŞ.....	60

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1. Fotovoltaik hücrelerden panel ve dizi oluşturulması	10
Şekil 3.2. Güneş pilleri için eşdeğer devre şeması.....	10
Şekil 3.3. Güneş pilinin ürettiği akım ve gerilim ilişkisini gösteren I-V eğrisi	11
Şekil 3.4. Güneş pilinin farklı ışınım şiddetlerinde ürettiği I-V eğrileri.....	12
Şekil 3.5. Güneş pilinin sıcaklık değişim etkisine bağlı ürettiği I-V eğrileri	13
Şekil 3.6. Türkiye şartlarında PV Tipi-Alan-Üretilebilecek Enerji Grafiği	14
Şekil 3.7. Türkiye'nin güneş enerjisi haritası	16
Şekil 3.8. Türkiye global radyasyon değerleri.....	17
Şekil 3.9. Türkiye Güneşlenme Süreleri	17
Şekil 3.10. Rüzgâr türbininin güç eğrisi.....	21
Şekil 3.11. Rüzgâr türbini iç yapısı.....	21
Şekil 3.12. Türkiye rüzgâr güç yoğunluğu haritası.....	25
Şekil 3.13. Türkiye rüzgâr hızı haritası	25
Şekil 4.1. Tipik bir akıllı mikro şebeke sistemi.....	26
Şekil 4.2. Enerji yönetiminin bileşenleri.....	27
Şekil 4.3. Mikro şebekelerde enerji yönetimi.....	28
Şekil 5.1. Uygulama devresi prensip şeması	29
Şekil 5.2. Uygulama devresi şeması	30
Şekil 5.3. Uygulamada kullanılan güneş panelleri.....	31
Şekil 5.4. DC üreteç	32
Şekil 5.5. Arduino Uno mikrodenetleyici kart	35
Şekil 5.6 Akım sensörü.....	36
Şekil 5.7. DC bara gerilim bölücü devresi	37
Şekil 5.8. AC bara gerilim bölücü devresi.....	37
Şekil 5.9. Yük gerilim bölücü devresi	37

Sayfa No

Şekil 5.10. Akü doluluk oranı gerilim değerleri	39
Şekil 5.11. Uygulama devresi	40
Şekil 5.12. Akış diyagramı	41
Şekil 5.13. Mikrodenetleyici kart	42
Şekil 5.14. Sistemde oluşabilecek enerji durumlarda DC bara gerilim değerleri	47
Şekil 5.15. Sistemde oluşabilecek enerji durumlarda şebeke ve yük gerilim değerleri	48
Şekil 5.16. Sistemde oluşabilecek enerji durumlarda yük akımı değerleri	49
Şekil 5.17. Sistemde kullanılan enerji miktarı oranları	50
Şekil 5.18. Elektriksel verilere bluetooth ile erişim.....	51

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 3.1. Kaynak bazında Türkiye elektrik enerjisi üretim oranları	7
Çizelge 3.2. Türkiye elektrik enerjisi üretiminin kamu ve özel sektöre göre dağılımı	8
Çizelge 3.3. Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı.....	16
Çizelge 3.4. Rüzgar türbini çeşitleri.....	23
Çizelge 3.5. Türkiyenin rüzgar enerjisi potansiyeli	24
Çizelge 5.1. PV panellerin elektriksel parametreleri	31
Çizelge 5.2. DC üreteç devir sayısı-çıkış gerilimi değerleri.....	32
Çizelge 5.3. Arduino Uno teknik özellikleri.....	34
Çizelge 5.4. Mikrodenetleyici programında kullanılan set gerilim değerleri.....	40
Çizelge 5.5. Sistemde oluşabilecek enerji durumları.....	43
Çizelge 5.6. Durum 1 'de oluşan elektriksel veriler.....	44
Çizelge 5.7. Durum 2 'de oluşan elektriksel veriler.....	44
Çizelge 5.8. Durum 3 'te oluşan elektriksel veriler	45
Çizelge 5.9. Durum 4 'te oluşan elektriksel veriler	45
Çizelge 5.10.Durum 5 'te oluşan elektriksel veriler	45
Çizelge 5.11.Durum 6 'da oluşan elektriksel veriler.....	46
Çizelge 5.12.Sistemden elde edilen elektriksel veriler.....	50

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

RES	:Rüzgar enerjisi santrali
FV	:Fotovoltaik
IPH	:Foto akım(A)
Is	:Doyum akımı(A)
RL	:Yük direnci(R)
Rs	:Seri eşdeğer devre direnci(R)
RSH	:Paralel eşdeğer devre direnci(R)
V	:Terminal gerilimi(V)
I	:Yük akımı(A)
A	:Diyod ideal faktörü
kB	:Boltzmann sabiti
T	:PV panel sıcaklığı(K)
q	:Bir elektron yükünü(C)
Pm	:Maksimum güç(W)
Im	:Maksimum akım(A)
TEP	:Ton eşdeğer petrol
E	:Kinetik enerji(J)
m	:Cismin kütlesi (Kg)
V	:Cismin hızı (m/s)
U	:Yatay rüzgâr şiddeti (m/s)
ρ	:Havanın özgül kütlesi (kg/m ³)
H	:Hacim(m ³)
A	:Alan (m ²)
L	:Uzunluk(m)
U	:10 metre yükseklikte ölçülen yatay rüzgâr şiddeti(m/s)
t	:Zaman (saat)

1.GİRİŞ

Enerji, yıllar boyunca insanoğlunun yaşamını etkilemiş ve toplumlara yön vermiştir. Özellikle sanayi devriminde sonra enerjiye olan ihtiyaçtaki muazzam artış, ülkelerin enerji politikaları oluşturmalarına ve enerji sürekliliğinin sağlanması amacıyla gerekli tedbirler almaya yöneltmiştir. Günümüze kadar olan süreçte, enerji ihtiyacı büyük oranda fosil yakıtlardan karşılanmaktaydı fakat bu yakıt türlerinin yenilenemeyen enerji kaynakları olması ve ön görülebilir bir zaman diliminde tükenme ihtimallerinin yüksek olması, yeni ve tükenmeyen enerji kaynaklarına duyulan ihtiyacı arttırmıştır.

Fosil kaynaklı yakıtların öngörülebilir bir zamana kadar tükeneceği ihtimali ve çevreye verdiği zararlar da düşünüldüğünde, yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi giderek artmaktadır. Günümüzde bu amaçla, ekolojik dengenin korunması amacıyla uluslararası çeşitli protokoller ve anlaşmalarla, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının teşvik edilmesi sağlanmıştır [1]. Bu çerçevede teknolojik gelişmelerinde etkisiyle, yenilenebilir enerji kaynaklarının verimli olarak kullanılabilmesinin önü açılmıştır. Hem yenilenebilir olması hem de çevreci olması nedeniyle, günümüzde özellikle güneş ve rüzgâr enerjileri en popüler yenilenebilir enerji kaynaklarının başında gelmektedir. Bu kaynaklar kullanılarak elde edilen elektrik enerjisi, fosil yakıtlarla elde edilen elektrik enerjisine oranla daha ekonomiktir. Kurulum masrafları da dikkate alındığında, uzun vadede ekonomik getirisi yüksektir. Bu avantajından dolayı, yenilenebilir enerji kaynaklarıyla elektrik enerjisi üretimi son yıllarda önemli ölçüde artmış, yapılan yasal düzenlemelerle de özel sektörün yatırım yapmasının önü açılmıştır.

Her ne kadar elektrik enerjisinin üretilmesi önemli ise de, ekonomik olarak tüketilmesin de bir o kadar önemlidir. Son yıllarda enerji yönetimi konusunda değişik çalışmalar yapılmış olup, yenilenebilir enerji kaynaklarının da aktif olarak kullanılmasıyla birlikte akıllı ve mikro şebeke sistemi kavramları ortaya çıkmıştır.

Bu tez çalışmasında, mikro şebeke sistemleri kullanılarak akıllı bir enerji yönetim sistemi tasarlanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynağı olarak güneş ve rüzgâr enerjileriyle birlikte akü ve şebeke enerjisi de kullanılmıştır. Bu tasarım neticesinde enerji ihtiyacı karşılanacak olan yük grubu, öncelikli olarak güneş ve rüzgâr enerjisinden elde edilen elektrik enerjisiyle karşılanacak olup, bu enerjilerin ihtiyacı karşılayamadığı durumlarda, sırasıyla akü, en son olarak da şebeke enerjisiyle karşılanmıştır. Bu sıralama neticesinde enerji ihtiyacı sürekli olarak sağlanmıştır. Öncelikli olarak yenilenebilir ve akü enerjisi ve

en son olarak Şebeke enerjisi kullanılarak, enerji harcamalarında, ekonomik olarak kazanç elde edilmiştir. Rüzgâr ve güneş enerjilerinden elde edilen ihtiyaç fazlası enerji on grid invertörler ile Şebeke sistemine aktararak ayrıca bir kazanç sağlanmıştır. Sistemin tasarlanan Şekilde çalışması mikrodenetleyici tarafından kontrol edilen bir devre yardımıyla gerçekteŐirilmiş olup, mikrodenetleyici sürekli olarak enerji durumlarını denetleyerek, daha öncede bahsedildiği gibi sürekli ve ekonomik enerji sağlamıştır.

Tez çalıŐmasının ikinci bölümünde, bu konuda yapılmış daha önceki çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir ve elde edilen sonuçlar deđerlendirilmiŐtir.

Üçüncü bölümde yenilenebilir enerji kaynakları hakkında detaylı açıklamalar yapılarak, geçmiŐten günümüze kadar olan süreçteki gelişimi incelenmiŐ olup, dünyada ve Türkiye’deki potansiyeli deđerlendirilmiŐtir. Özellikle güneş ve rüzgâr enerjisi ve bu kaynaklardan elektrik enerjisinin elde edilmesi, detaylı olarak ele alınmıŐtır.

Dördüncü bölümde ise günümüzde popüler bir çalışma alanı olan mikro Şebekeler ile enerji yönetimi incelenmiŐtir. Mikro Şebeke sistemlerinin önemi ve bu Şebekelerin enerji yönetimiyle entegrasyonu ile oluşturulan yapılar açıklanmıŐtır.

Beşinci bölümde laboratuvar ortamında devre çalıştırılmış olup, değerlik koŐullarda devrenin çalışması incelenmiŐtir. İnceleme sonucunda daha önce hedeflenen amaçlara ulaŐılmış olup, veriler grafiksel olarak analiz edilmiştir.

Son olarak bu verilerin değerlendirilmesi yapılarak, bu konu ile ilgili yapılabilecek farklı çalışmalar hakkında yorumlar yapılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kocaman tarafından yapılan doktora çalışmasında, küçük yerleşim birimlerinin enerji ihtiyacını karşılamak için yakıt hücresi destekli rüzgâr, güneş ve mikro hidroelektrik gibi yenilenebilir enerji kaynaklı bir mikro şebekede enerji yönetim sistemi tasarlamıştır. Çalışmasında maliyeti ve emisyon seviyesini düşürerek, kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları için kararlı durum ve optimizasyon modelleri geliştirilerek mikro şebekenin etkin yönetimini sağlayarak, artan enerji ihtiyaçlarını karşılamada yenilenebilir enerji kaynaklı mikro şebekenin katkılarını göstermiştir. Ayrıca hazırladığı görsel bir bilgisayar programıyla, yenilenebilir enerji kaynaklı mikro şebekeyi oluşturan rüzgâr, FV ve mikro hidroelektrik güç üretim birimlerinden elde edilen güç değerleri, akünün şarj ve deşarj durumları, yakıt hücresinin gücü, elektroliz gücü için günlük, aylık ve yıllık değerleri ayrı ayrı değerlendirilmiş ve elde edilen verileri analiz etmiştir. Sonuç olarak bu çalışma neticesinde maddi kazancın yanında, çevreye hiçbir olumsuz etkisi olmayan temiz enerji kaynakların kullanılmasını sağlamıştır [2].

Efe, tasarladığı bir mikro şebekenin yapay sinir ağı ile güç akışı analizi gerçekleştirmiştir. Elde edilen sonuçlar, aynı sistemin klasik Gauss-Seidel yöntemi temelli yazılımsal çözümü ile analizi yapıldığı zaman ortaya çıkan sonuçlar ile karşılaştırılarak yapay sinir ağının başarısını incelemiştir. Bunun yanında mikro şebekenin farklı işletme koşullarındaki davranışlarını da belirlemek amacıyla sistemin çeşitli noktalarında arızalar oluşturulmuş ve kaynakların devreden çıkarılıp devreye alınması sağlanarak meydana gelen değişimler akım, gerilim, genlik ve faz açısı grafikleri üzerinden incelemiştir. Sonuç olarak, mikro şebekelerin tasarımında büyük öneme sahip olan güç akışı analizinin iteratif yöntemlere gerek kalmadan yapılabilmesi sağlamış, mikro şebekelerde güç akış analizinin online yapılabileceği ve sonuçların anlık izlenebileceği göstermiştir. Ayrıca geliştirilen yöntem yardımıyla, fazla sayıda baradan oluşan sistemlerin analizinde, başlangıç koşulları tahmininde ortaya çıkabilecek hataların engellenmesi sağlanmıştır [3].

Dağ ve arkadaşları, yenilenebilir enerji kaynakların kullanımını yaygınlaştırmak amacıyla bir mikro şebeke sistemi ve çalışma prensibi önermişler, dağıtık üreteçlerin geleneksel dağıtım şebekelerine en düşük maliyetle ve asgari düzeyde yeniden yapılanmayla entegrasyonunu sağlayacak şekilde oluşturmuşlardır. Yenilenebilir enerjiyi depolamak amacıyla kullanılan batarya gibi depolama ünitelerinin yenilenebilir kaynaklara entegre edilmemesi ve fotovoltaik panel fiyatlarının makul seviyede olmalarından dolayı sistemin

düşük maliyetlerle kurulabileceği ve yenilenebilir kaynaklarından elde edilen enerjiyle, maliyetin kısa zamanda çıkarabileceğini öngörmüşlerdir [4].

Akdeniz, FV sistem ve RES'ten oluşan hibrit bir mikro şebekenin MATLAB/Simulink platformu altında tasarımı ve benzetimini yaparak, olası çalışma ve arıza durumları için analizler yapmıştır. Mikro şebekeyi oluşturan enerji kaynakları devreden çıkarılarak şebekenin davranışı ve şebekenin farklı noktalarına verilen 3 faz kısa devre ve faz toprak kısa devre durumları için analizi yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda, sistemde oluşacak bir arızada en çok etkilenen parametrenin hat akımı olduğu ve hat akımının dengelenmesi için özel bir önleme ihtiyacı duyulacağı, devreden çıkan kaynağın barasında gerilimin arttığı için baralarında bir gerilim sınırlayıcı kullanılmasının gerekliliği belirtilmiştir. Ayrıca, sisteme en yüksek güç sağlayan kaynağın bağlantısının kesilmesi durumunda sistemin kararsız bir hal aldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte sistemde oluşabilecek arızalarda sistemi korumak için, koruma elemanlarının ve arızalı kısmın şebekeden izole edilmesi için önlem alınmasının gerekliliği tespit edilmiştir [5].

Ersoy tez çalışmasında, şebeke, rüzgar ve güneş enerji santralinden oluşan hibrit bir çalışma sisteminde üretim fiyat fonksiyonunun minimuma düşürülmesini hedeflemiş ve 5 generatörlü bir enerji sistemine (Parçacık Sürü Optimizasyonu, Diferansiyel Gelişim Algoritması, Arı Kolonisi Optimizasyonu, Benzetimli Tavlama Algoritması ve Genetik Algoritma) sırasıyla bu santralleri entegre ederek üretim değeri, hat kaybı ve üretim maliyeti değerlerini farklı algoritmalar kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak Diferansiyel Gelişim Algoritması, Arı Kolonisi Optimizasyonu, Benzetimli Tavlama Algoritması algoritmalarının birbirleri ile benzer sonuçlar verdiği ve performanslarının diğer Parçacık Sürü Optimizasyonu ve Genetik Algoritma algoritmalarına göre daha kararlı olduğu gözlemlenmiştir [6].

Ulutaş, rüzgar ve güneş enerjilerini kullanarak matlab/simulink programıyla hibrit bir sistem tasarımı yapmıştır. Bu çalışmayla kırsal tesisler için yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak, enerji ihtiyacının karşılanmasını sağlamıştır. Ayrıca PV panellerin ve rüzgar türbininden elde edilen güç, akım ve gerilim değerlerini günlük, aylık ve yıllık olarak kayıt altına almıştır [7].

Özcan, yapmış olduğu yüksek lisans çalışmasında, bir yükün enerji ihtiyacını karşılayacak bir hibrit besleme sistemi tasarlamıştır. Bu tasarımı örnek bir bölge için Homer

programı ile yapmış olup, o bölgenin güneş ışınım ve rüzgar hızı değerlerini de göz önüne alarak simülasyon, optimizasyon ve hassaslık analizlerini gerçekleştirmiştir [8].

Umut; güneş, rüzgâr ve dizel jeneratör enerjilerini kullandığı çalışmada, şebekeden bağımsız bir sistem tasarlayarak, şebeke enerjisinin olmadığı kırsal kesimlerde kullanılmasını amaçlamıştır. Tasarımda bulunan sistem enerjilerini bilgisayar programı yardımıyla takibini gerçekleştirmiştir. Bununla birlikte sistemde bulunan enerjilerin kaynaklara göre değerlerini günlük, aylık ve yıllık olarak bilgisayara kaydedilmesini sağlayarak, istatistiksel veriler elde etmiştir [9].

Kazdaloğlu ve arkadaşları, orta büyüklükte bir işletmenin enerji ihtiyacını karşılayacak bir hibrit enerji santrali tasarımı gerçekleştirmişlerdir. Bu tasarımda işletmenin günlük yük eğrisi ile hibrit sistemin üretim eğrilerini oluşturmuşlardır. Günlük yük eğrisinin, hibrit sistemin üretim eğrisinin üstünde olduğu durumlarda gerekli olan enerji şebekeden, altında olduğu durumlarda ise fazla enerjinin şebekeye aktarılmasını sağlamışlardır [10].

Çetin yapmış olduğu çalışmada rüzgar, güneş ve yakıt pilleri kullanarak hibrit DA enerji sistemi kurmuş, çeşitli yükleri devreye alarak elektriksel ölçümler yapmıştır. Bazı sorunlara rağmen sistemin, DA enerji sistemlerinin AA enerji sistemlerine göre avantajlı olduğunu tespit etmiştir. Sistem sonuçlarını karşılaştırmak amacıyla çalışmanın, matlab programı benzetimini de yaparak, her iki sistem sonuçlarının birbirine yakın olduğunu tespit etmiştir [11].

3.YENİLENEBİLİR ENERJİ

Yenilenebilir enerji kaynakları, fosil kaynaklı yakıtların aksine, kendisini devamlı olarak yenileyebilen, çevreyi kirletmeyen bir enerji kaynağıdır. Güneş, rüzgâr, jeotermal, hidrojen, biokütle enerjisi gibi enerji kaynakları, en önemli yenilenebilir enerji kaynaklarının başında gelmektedir. Bunun yanında doğada bol miktarda bulunmaları ve çevreye verdikleri zararın çok az olmasıyla, günümüzde toplumlar tarafından kabul görmektedirler [12].

Enerji ihtiyacı bakımında dışa bağımlı olan ülkeler, yenilenebilir enerji kaynaklarından verimli olarak faydalanarak, ekonomik ve toplumsal yaşam standartlarını yükseltebilmektedirler. Bugün dünya genelinde tüketilen enerjinin yaklaşık yüzde 20'si yenilenebilir kaynaklardan elde edilmektedir. Mevcut durumda fosil yakıtlara olan bağımlılık yüksek düzeyde olmasına rağmen yıllar itibarıyla yenilenebilir enerjinin kullanım oranları giderek artmaktadır [13].

Enerji toplumsal yaşamın devamının sağlanmasının yanında, uluslararası politikaların şekillenmesinde de önemli bir rol oynamaktadır. Fosil kaynaklı yakıtların yakın zamanda tükenme ihtimalide göz önüne alındığında, yenilenebilir enerji kaynakları ile kullanım alanları hakkında ciddi araştırmaların yapılması mecburiyetini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte elde edilen enerjinin verimli olarak kullanılması da önem arz etmektedir [14].

Yenilenebilir enerji kaynaklarının başında güneş, rüzgâr, hidrolik (hidroelektrik), jeotermal, biyokütle, hidrojen, dalga ve gelgit enerjileri gelmektedir. Bu enerjilerin varlığı coğrafi konum ve ekolojik yapıya göre değişim göstermektedir. Bazı ülkeler yenilenebilir enerji çeşitliliği bakımından oldukça avantajlı bir durumda bulunmaktadır. Türkiye'nin özellikle hidrolik, rüzgâr, güneş, biyokütle ve jeotermal enerji kaynakları potansiyeli, fosil yakıt kaynaklarına göre oldukça yüksektir [15].

Fosil yakıt kaynaklarının, yakın gelecekte azalma ihtimalinin yüksek olması nedeniyle tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de, yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilginin artmasına neden olmuştur. Son zamanlarda yenilenebilir enerji kaynakları teknolojilerinde gelişmeler ile özel sektörün bu konuda etkinliğini artıracak enerji politikalarının benimsenmesiyle, toplam enerji üretimindeki yenilenebilir enerjinin payı artmaya başlamıştır. Çizelge 3.1' de, kaynak bazında Türkiye'de elektrik enerjisi üretim oranları ile Çizelge 3.2'de kamu ve özel sektöre göre dağılımı gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 Kaynak bazında Türkiye elektrik enerjisi üretim oranları [16].

YIL	TERMİK	HİDROLİK	RÜZGÂR+GÜNEŞ+JEOTERMAL
2002	73,9%	26,0%	0,1%
2003	74,8%	25,1%	0,1%
2004	69,3%	30,6%	0,1%
2005	75,5%	24,4%	0,1%
2006	74,8%	25,1%	0,1%
2007	81,0%	18,7%	0,3%
2008	82,7%	16,8%	0,5%
2009	80,6%	18,5%	1,0%
2010	73,8%	24,5%	1,7%
2011	74,8%	22,8%	2,4%
2012	73,0%	24,2%	2,8%
2013	71,5%	24,7%	3,7%
2014	79,5%	16,1%	4,3%
2015	68,5%	25,7%	5,8%
2016	67,6%	24,6%	7,8%

Çizelge 3.1’ teki çizelgede de görüldüğü üzere yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranı son yıllarda giderek artmıştır. Fakat Türkiye’nin yenilenebilir enerji kaynak potansiyeli göz önünde bulundurulduğunda bu oran, diğer ülkelere göre biraz geride kalmaktadır.

Çizelge 3.2 Türkiye elektrik üretiminin kamu ve özel sektöre göre dağılımı (GWh) [16].

YIL	TOPLAM	KAMU	ÖZEL SEKTÖR	KAMU PAYI(%)	ÖZEL SEKTÖR PAYI(%)
2002	129.400	77.332	52.068	59.8(%)	40.2(%)
2003	140.581	60.506	80.074	43.0(%)	57.0(%)
2004	150.698	62.639	88.060	41.6(%)	58.4(%)
2005	161.956	66.931	95.025	41.3(%)	58.7(%)
2006	176.300	84.716	91.584	48.1(%)	51.9(%)
2007	191.558	92.327	99.231	48.3(%)	51.7(%)
2008	198.418	97.717	100.701	49.3(%)	50.7(%)
2009	194.813	89.454	105.359	45.9(%)	54.1(%)
2010	211.208	95.532	115.675	45.2(%)	54.8(%)
2011	229.395	92.351	137.045	40.3(%)	59.7(%)
2012	239.497	90.575	148.922	37.8(%)	62.2(%)
2013	239.293	79.998	159.296	33.4(%)	66.6(%)
2014	251.963	70.469	181.494	28,0 (%)	72.0(%)
2015	261.783	55.319	206.464	21.1(%)	78.9(%)
2016	273.387	46.578	226.809	17.0(%)	83.0(%)

3.1.Güneş Enerjisi

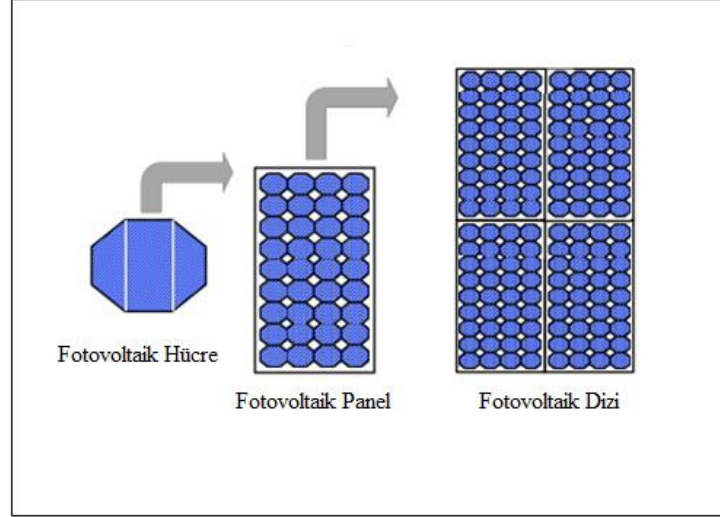
Güneş, dünyadaki tüm canlıların için bir yaşam kaynağı olmakla birlikte yenilenebilir, temiz ve sürekli bir enerji kaynağıdır. Bu kaynaktan daha etkili olarak faydalanmak amacıyla, birçok çalışmalar ve araştırmalar yapılmış olup, son yıllarda teknolojik gelişmelerle beraber, önemli bir enerji kaynağı olduğu ispat edilmiştir. Güneşte bulunan yüksek orandaki hidrojenin helyuma dönüşmesiyle, çok büyük bir enerji ortaya çıkmaktadır. Oluşan bu enerji, fotonlar sayesinde yeryüzüne taşınmakta olup, verdiği enerji çok büyük olmasına rağmen yerküre atmosferinin dışına ulaşan tutar, yalnızca küçük bir bölümdür [17]. Bu miktar bile başlı başına çok büyük bir kaynak oluşturmaktadır. Güneş enerjisi teknolojileri, termal ve fotovoltaik sistemler olarak iki grupta incelenmektedir. Bu kaynaktan elektrik enerjisi elde edilmesinde ilk sırayı, fotovoltaik sistemler almaktadır. Bu sistemlerle çevreye neredeyse hiç zarar vermeden elektrik enerjisi elde edilmektedir. Bunun yanında çok daha farklı yöntemlerle güneş enerjisinden faydalanmaktadır.

Güneş enerjisinin şiddeti, yaklaşık olarak 1370 W/m^2 değerinde olup, yeryüzüne ulaştığında bu değer, coğrafi konumlara ve atmosferik koşullara bağlı olarak $0-1100 \text{ W/m}^2$ arasında değişim göstermektedir. Son yıllardaki teknolojik gelişmelerle birlikte, bu enerjiden faydalanma oranı artmış olup, yenilenebilir enerji kaynakları arasında güneş enerjisinin çok önemli bir konuma gelmesine sebep olmuştur [18].

Günümüzde güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde edilmesinde fotovoltaik piller kullanılmaktadır. Daha önceleri düşük verimlilikle çalışan bu piller, teknolojik gelişmeler neticesinde verimlilikleri yükseltilmiştir. Ayrıca kurulum sistemlerinin basit olması ve maliyetlerinin çok yüksek olmaması gibi nedenlerden dolayı, çok geniş bir kullanım alanına sahip olmuştur.

3.1.1. Güneş pilleri

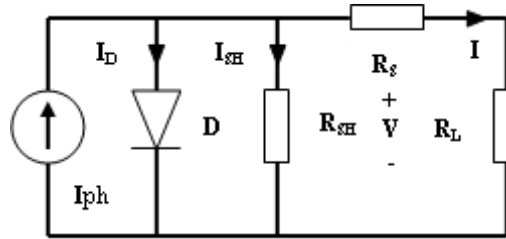
Güneş pilleri, fotovoltaik piller olarak adlandırılmaktadır. Yunancada ışık anlamına gelen photo ve elektriksel gerilim birimi olan volt kelimelerinin birleşiminden fotovoltaik kelimesi meydana gelmiştir. Güneş pilleri güneş ışığının yaydığı foton enerjisini, elektrik enerjisine dönüştüren elemanlardır. Fotovoltaik hücreler bu enerji dönüşümünü, çevreye zarar vermeden ve sessiz bir şekilde gerçekleştirirler. Fotovoltaik hücreler genellikle silisyumdan imal edilmektedir. Bunun yanında kadmiyum ve bakır gibi elementlerle de yapılabilmektedirler. Bir fotovoltaik hücrelerden elde edilen gerilim ve akım değerleri oldukça düşüktür [18]. Yaklaşık olarak bir hücre, 0,5 ila 1 voltluk bir dc gerilim ve cm^2 başına on mili amperlik bir akım üretirler. İhtiyaç duyulan seviyelerde güç elde etmek amacıyla bu hücreler, seri ve paralel bağlantılarla fotovoltaik paneller, panellerin seri ve paralel bağlanmalarıyla da fotovoltaik diziler elde edilir [19]. Fotovoltaik hücrelerden panel ve dizi oluşturulması, Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Fotovoltaik hücrelerden panel ve dizi oluşturulması [20].

Modüller halinde üretildiği için, ihtiyaç duyulan güçlerde güneş pilleri imal edilebilmektedir. Ayrıca bu pillerin, hareketli parçalarının olmaması nedeniyle tamir ve bakım maliyetleri çok düşüktür. Bununla birlikte kullanım süresinin yaklaşık olarak 20 yıl olması, enerji birim fiyatının maliyetinin düşmesine sebep olmaktadır [21].

3.1.2. Güneş pillerinin eşdeğer devre şeması



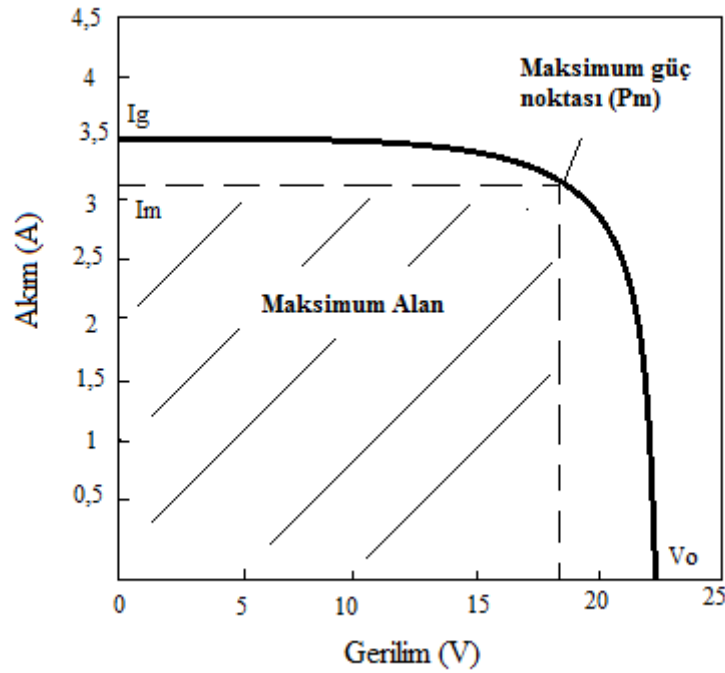
Şekil 3.2 Güneş pilleri için eşdeğer devre şeması

Güneş ışınlarının hücrelere etkisi ile oluşan akım ifadesi aşağıdaki formül(1) ile ifade edilmektedir.

$$I = I_{PH} - I_S \cdot \left\{ \exp \left[\frac{q}{A \cdot k_B \cdot T} (V + I \cdot R_L) \right] - 1 \right\} - \frac{(V + I \cdot R_S)}{R_{SH}} \quad (1)$$

Burada I_{PH} devre akımı, I_S doyum akımı, R_L yük direnci, R_S seri eşdeğer devre direnci, R_{SH} paralel eşdeğer devre direnci, V terminal gerilimi, I yük akımı, A diyot ideal faktörü, k_B Boltzmann sabiti ve T sırasıyla PV panel sıcaklığıdır.

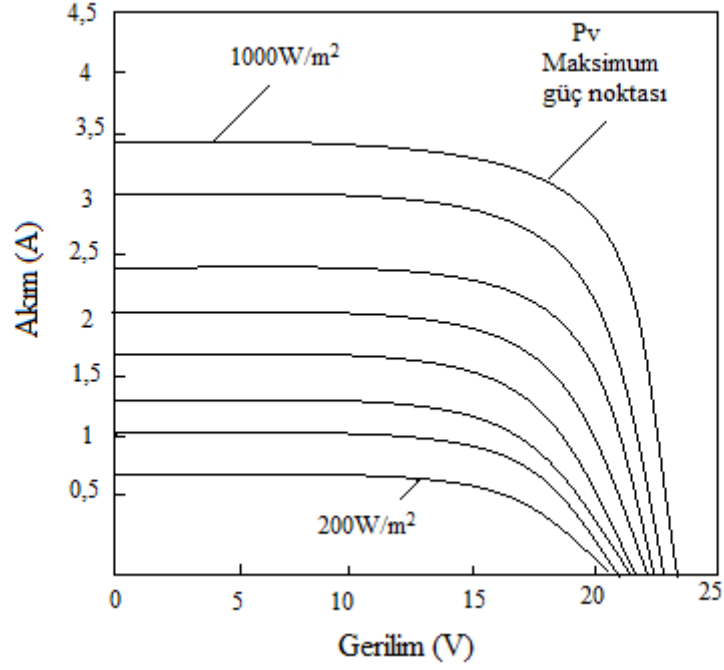
Şekil 3.3, tipik bir güneş pilinin farklı ışınım ve sıcaklık değerindeki I-V eğrisini göstermektedir. I-V eğrisinin altında bulunan maksimum dikdörtgen alanı, güneş pilinden elde edilebilecek maksimum gücü (P_m) ifade eder. Maksimum güç noktasındaki V_m ve I_m değerleri ise bu güçteki maksimum gerilim ve akım değerlerini göstermektedir [22].



Şekil 3.3 Güneş pilinin ürettiği akım ve gerilim ilişkisini gösteren I-V eğrisi [22].

3.1.3. Güneş pillerine ışınım şiddetinin etkisi

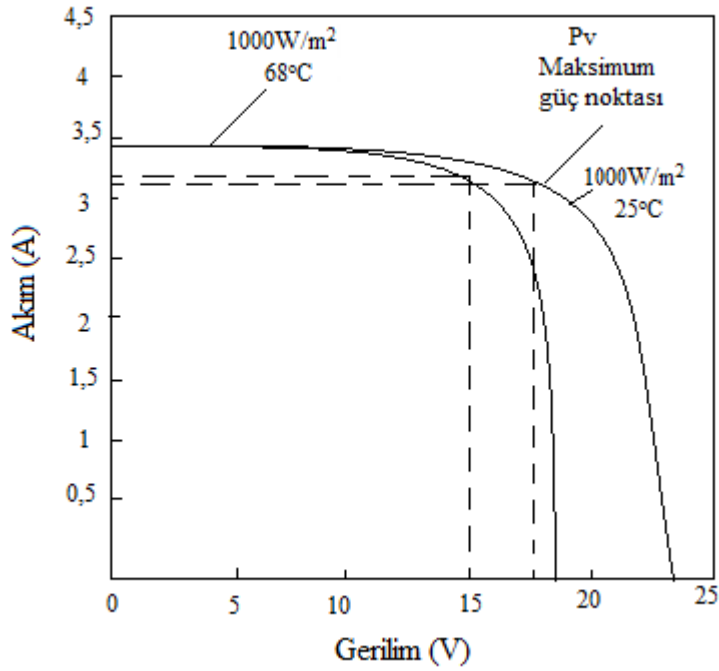
Güneş pillerinin I-V karakteristiği ışınım şiddetine bağlı olarak değişim göstermektedir. Buna bağlı olarak, enerji ihtiyacının karşılanması için yapılacak olan güç sistemlerinin tasarımında ve çalışma performansının değerlendirilmesinde, bu değişimler önemli bir yer tutmaktadır [22].



Şekil 3.4 Güneş pilinin farklı ışınım şiddetlerinde ürettiği I-V eğrileri [22].

3.1.4. Güneş pillerine etkiyen sıcaklığın etkisi

Fotovoltaik sistemlerden daima maksimum gücün elde edilmesi istenmektedir. Fakat bu sistemlerin performansı, güneşlenme miktarı ve ortam sıcaklığına bağlıdır. Sıcaklık yükseldiğinde ise panellerin verimi dolayısıyla verebileceği maksimum gücün büyüklüğü azalmaktadır. 25°C civarındaki ortam sıcaklığı ve 1000 W/m² ışınım şiddeti altında bir güneş piline ait I-V eğrisi, Şekil 3.5’de gösterilmiştir [23].



Şekil 3.5 Güneş pilinin sıcaklık değişim etkisine bağlı ürettiği I-V eğrileri [22].

3.1.5. Fotovoltaik panel çeşitleri

Fotovoltaik paneller üç çeşide ayrılır. Bunlar, kristal paneller, ince film paneller ve esnek panellerdir. Kristal paneller ise kendi içinde mono ve poli kristal olarak ikiye ayrılır. Yapıları farklı olsa da çalışma prensipleri aynıdır.

i-Kristal paneller

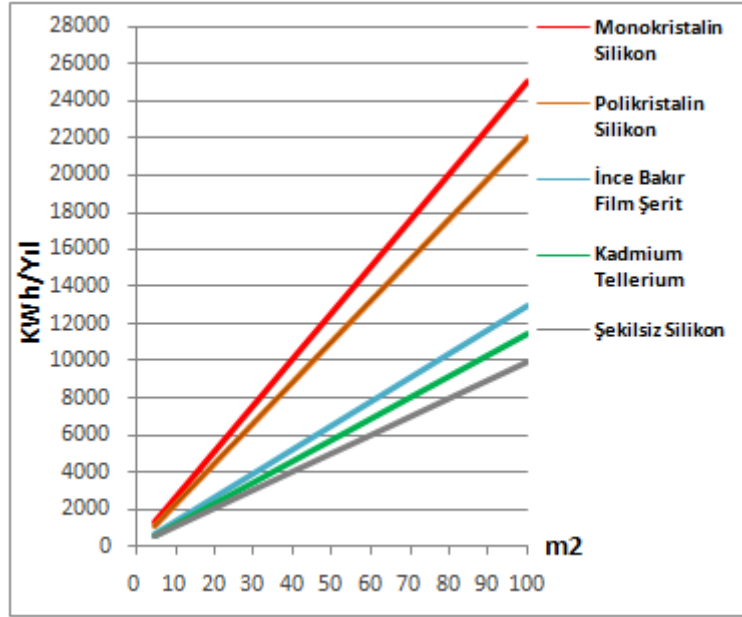
a.Mono kristal paneller

Mono kristal güneş pilleri, mono kristal hücrelerden oluşmuş olup, aynı güce sahip poli kristal güneş pillerine oranla daha küçük yüzey alanına sahiptirler. Verimlilik kapasitesi yaklaşık %21 civarında olup bununla birlikte ekonomik olarak mono kristal güneş pilleri, uzun vade de daha ekonomik olmaktadır [24].

b.Poli kristal paneller

Poli kristal güneş panellerinin verimlilik kapasitesi, mono kristal panellere göre biraz düşük olup yaklaşık %14-%16 arasındadır. Buna rağmen fiyatının makul seviyelerde olması ve en çok üretilen panel çeşidi olması, bu panel çeşidinin kullanım alanını yaygınlaştırmıştır. Fiyat ve verimlilik faktörü göz önüne alındığında, poli kristal güneş panelleri daha avantajlı

olmaktadırlar [25]. Türkiye şartlarında farklı güneş panelleri çeşitlerinin üretebilecekleri enerji miktarını gösteren grafik Şekil 3.6 'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6 Türkiye şartlarında PV Tipi-Alan-Üretilen Enerji Grafiği (KWh-Yıl) [26].

ii-İnce film paneller

Güneş ışınları emici özellikte olan ince film güneş hücreleri, yapısı nedeniyle verimlilik kapasiteleri %5 ile %10 aralığında olduğu için diğer panellere göre verimlilikleri daha düşüktür [25].

iii-Esnek paneller

Özellikle çatı uygulamalarında geleneksel yapıdaki güneş panellerinin montajının zor olması nedeniyle geliştirilen bu paneller, hafif ve esnek yapıları sayesinde çok farklı yapılarda kullanılmaktadır. Diğer panel çeşitlerine göre yapısında cam içermediğinden ve kırılma tehlikesi bulunmadığından, farklı yüzey yapılarına kolaylıkla monte edilerek hem elektrik enerjisi elde edilmekte hem de estetik yapısı ile görüntü kirliliği oluşturmamaktadır. Günümüzde bir çok yapıda bu paneller kullanılmakta olup, taşınabilir özelliğiyle kişisel kullanım için ideal panellerdir [27].

3.1.6.Güneş enerjisinin avantajları ve dezavantajları

i-Güneş enerjisinin avantajları

Güneş enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en büyük paya sahip bir enerji kaynağıdır. Tükenmeyen bir kaynak ve kullanım alanlarının çok fazla olması, enerji

elde etme teknolojilerindeki gelişmeler, bu enerjiye olan ilginin artmasına sebep olmuştur. Güneş enerjisinin avantajlarını şu şekilde sıralayabiliriz.

1. Tükenmeyen ve doğada bol miktarda bulunan bir enerji kaynağıdır.
2. Çevreye zarar vermeyen, doğa dostu bir kaynaktır.
3. Enerjinin iletilmesinin zor ve mümkün olmadığı yerlerde kolaylık kurulumu gerçekleştirilerek, ihtiyaç duyulan yerde enerji üretimini gerçekleştirilmektedir. Böylece oluşabilecek iletim kayıplarının ve arızalarının önüne geçilebilmektedir.
4. Enerjide dışa bağımlılığın azalmasını sağlamaktadır.
5. Kurulumu ve işletme masrafları çok fazla olmamakla birlikte uzun vadede ekonomik getirisi yüksek bir enerji kaynağıdır [28].

ii- Güneş enerjisinin dezavantajları

Güneş enerjisi sahip olduğu avantajlarının yanı sıra bazı dezavantajlara da sahiptir. Bu dezavantajları da şu şekilde sıralayabiliriz.

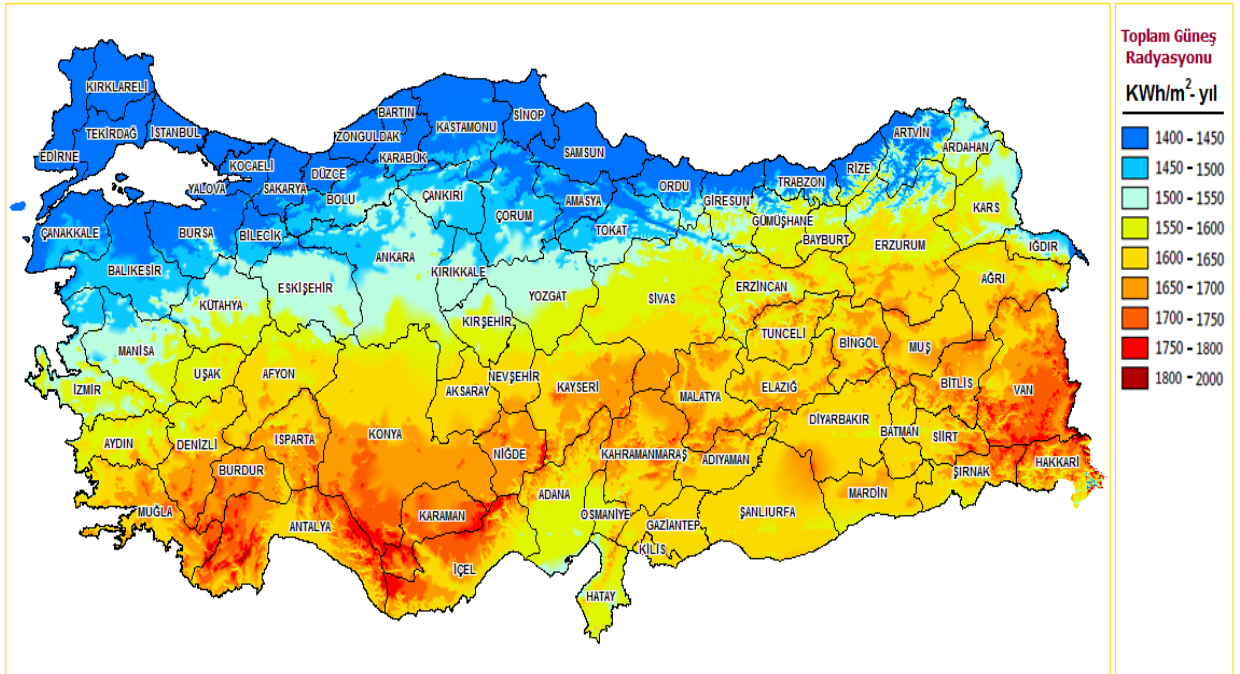
1. Güneş ışınım şiddetinin az olduğu yerlerde yeterli gücün elde edilebilmesi için geniş yüzey alanlarına sahip panellere ihtiyaç olmaktadır.
2. Güneş ışınımının yeterli olmadığı durumlar göz önüne alındığında, enerjinin depolanması gerekmektedir. Bu da ayrı bir masraf oluşturmaktadır.
3. Özellikle kış aylarında ve panellerin gölgelenmesi durumunda enerji üretimi azalmaktadır.
4. Geceleri güneş ışığı olmadığından dolayı, enerji üretimi sürekli olmamaktadır [28].

3.1.7. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli

Türkiye bulunduğu coğrafi konum itibarıyla, güneş enerjisi potansiyeli bakımından oldukça avantajlıdır. Yıllık ortalama güneş ışınımı 1303 kWh/m²yıl olup ortalama yıllık güneşlenme süresi ise 2623 saattir. Bu rakam günlük 3,6 kWh/m² güce, günde yaklaşık 7,2 saat, toplamda ise 110 günlük bir güneşlenme süresine denk gelmektedir. Yılın 10 ayı boyunca teknik ve ekonomik olarak ülke yüzölçümünün %63'ünde ve tüm yıl boyunca %17'sinden yararlanabilir [29]. Bölgelerin coğrafi yapı ve iklimlerindeki farklılıklardan dolayı güneşlenme ve ışınım değerleri her bölgede aynı değildir. Örneğin Akdeniz bölgesinde güneş enerjisinden faydalanma oranı, Karadeniz bölgesine göre fazladır. Her ne kadar bölgesel farklılıklar olsa da genel itibarıyla Türkiye, güneşlenme süresi ve ışınım miktarı bakımından zengin bir ülkedir.

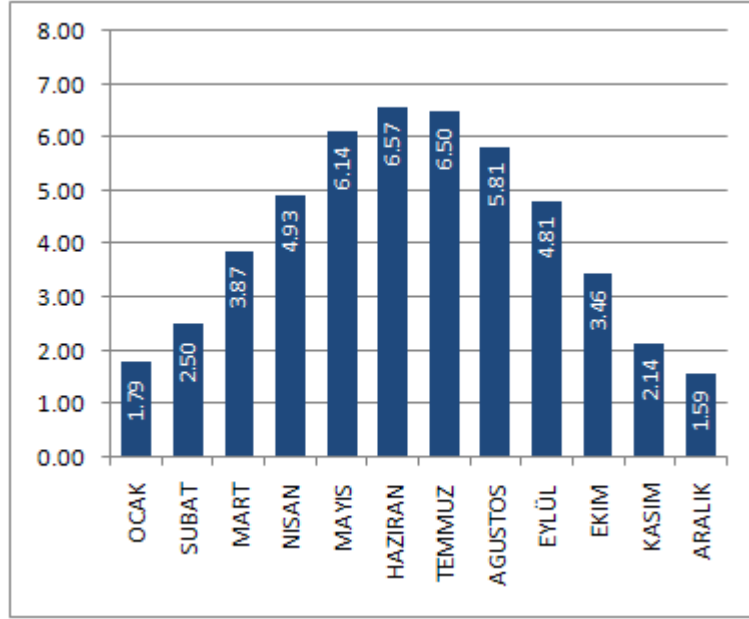
Çizelge 3.3 Türkiye'nin yıllık güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı [30].

BÖLGE	TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ(kWh/m ² -yıl)	GÜNEŞLENME SÜRESİ(Saat/yıl)
Güneydoğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

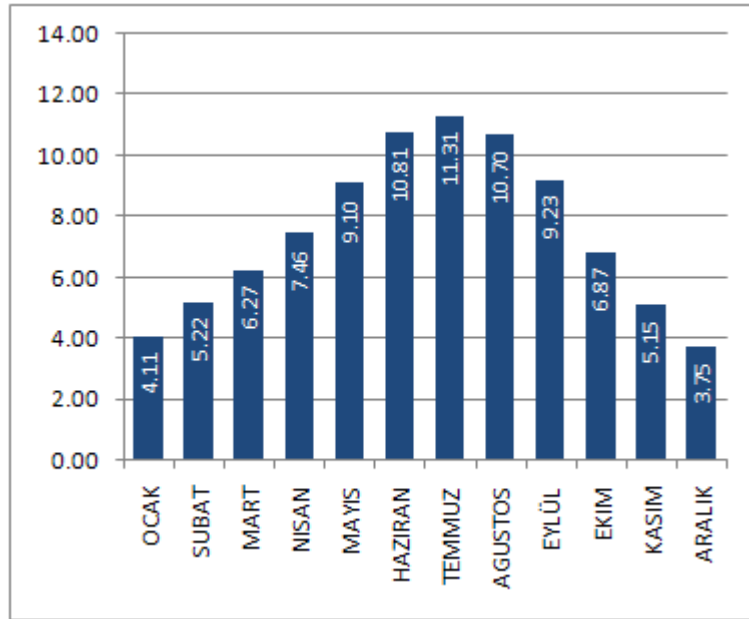


Şekil 3.7 Türkiye'nin güneş enerjisi haritası [26].

Güneş ışınım şiddetinin 1.367 W/m^2 olmakta ve bu değer Türkiye'de 1.100 kWh/m^2 yıl ile 1.300 kWh/m^2 yıl arasında değişim göstermektedir. Yaz günlerinde bile ışığın %80'inin bulutlar tarafından emilmesine karşın 300 W/m^2 lik bir güç potansiyeline sahiptir [30].



Şekil 3.8 Türkiye global radyasyon değerleri (KWh/m²-gün) [26].



Şekil 3.9 Türkiye Güneşlenme Süreleri (Saat) [26].

3.2.Rüzgâr Enerjisi

İnsanoğlunun rüzgâr enerjisinden faydalanması, çok eski tarihlere dayanmaktadır. Önceleri yel değirmenleri ile başlayan bu süreç, günümüzde rüzgâr santrallerine kadar

devam etmiştir. Teknolojik gelişmelere paralel olarak, yeryüzüne kurulan bu santraller artık, rüzgâr yönünden zengin potansiyele sahip denizler üzerine kurulmaktadır [31].

Rüzgâr enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi büyük sermaye gerektirse de, uzun vade de kendisini amorti etmektedir. Güneş enerjisi gibi temiz ve yenilenebilir kaynak olmakla birlikte, güneş pillerine nazaran hareketli parçalarının olması bakım maliyetlerinin biraz fazla olmasına ve gürültü kirliliğine sebep olabilmektedir. Rüzgâr enerjisi santralleri, diğer kaynaklara göre daha kolay finansman desteği bulmaktadır [32].

Güneş enerjisinin yeryüzünde oluşturduğu farklı sıcaklıklarla birlikte, nemin ve basıncın da etkisiyle rüzgâr oluşmaktadır. Yeryüzüne ulaşan güneş enerjisinin yaklaşık %2'si kadarı rüzgâr enerjisine çevrilmektedir [33].

Meteorolojik açıdan rüzgâr aşağıda belirtilen yerlerde oluşabilir:

- 1-Basınç değişiminin fazla olduğu yerler,
- 2-Yüksek, engebesiz tepe ve vadiler,
- 3-Güçlü jeostrofik rüzgârların etkisi altında kalan bölgeler,
- 4-Kıyı şeritleri,
- 5-Kanal etkilerinin meydana geldiği dağ silsileleri, vadiler ve tepeler [33].

3.2.1.Rüzgâr enerjisinin avantajları ve dezavantajları

i-Rüzgâr enerjisinin avantajları

- 1- Yenilenebilir, temiz ve çevre dostu bir enerji kaynağıdır.
- 2- Genel olarak tükenme veya azalma ihtimali yoktur.
- 3- Bakım ve işletme maliyetleri oldukça düşüktür.
- 4- İşletmeye alınması ve çıkarılması kısa bir sürede yapılmakla birlikte, kurulumu ve işletilmesi kolaydır [33].

ii-Rüzgâr enerjisinin dezavantajları

- 1- Rüzgâr türbinlerinden verimli olarak faydalanabilmek için, rüzgâr hızının şiddeti türbinler için ideal olan hızlarda olması gerekmektedir. Bu ideal değerlerin altındaki veya üstündeki değerler türbinden elde edilecek performans etkilemektedir.
- 2- Uzun süreli ölçümler ve ciddi çalışmalar sonucunda elde edilen veriler ışığında rüzgâr enerji santrallerinin kurulum yerlerinin belirlenmesi gerekmektedir.

3- Rüzgâr türbinleri, kuruldukları yerlerdeki televizyon ve cep telefonu sinyallerinde kesintilere sebep olabilmektedir.

4- Hareketli parçaları olduğundan, gürültülü kirliliği oluşmasına neden olmaktadır.

5- Göçebe kuşların göç yolunda kurulmaları durumunda, kuş ölümlerine sebep olabilmektedirler [34].

3.2.2.Rüzgâr türbini

Rüzgâr türbinleri, rüzgârın akışkan olması sebebiyle sahip olduğu kinetik enerjiyi mekanik enerjisine dönüştüren makinelerdir. Türbinlerde bulunan kanatçıkların rüzgâra dik bir şekilde temas etmesiyle, kanatçıklarda oluşan mekanik enerji, çeşitli mekanizmalar sayesinde elektriğin üretileceği jeneratörü tahrik etmesi sonucu elektrik enerjisi elde edilmektedir. İletim sistemi, jeneratör ve yardımcı üniteler gövde içerisinde yer alır. Günümüzde genelde yatay eksenli ve üç kanatlı rüzgâr türbinleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Kullanım amacına göre alternatif veya doğru gerilim üreten rüzgâr türbinleri imal edilmektedir [35].

Rüzgâr türbinlerinin 50 W ile 2-3 MW arasında güç sağlayabilen çeşitleri vardır. Havanın özgül kütlesi az olduğundan, rüzgârdan sağlanacak enerji rüzgâr hızına bağlıdır ve ortalama rüzgâr hızı yıldan yıla değişiklik gösterebilir. Rüzgâr türbinleri ile üretilebilecek elektrik enerjisi üretim miktarının hesabında, yıllık ortalama rüzgâr hızından çok, rüzgâr hızı sıklık dağılımı kullanılmaktadır [36].

3.2.3.Rüzgârdan türbininden enerjinin elde edilmesi

Rüzgâr türbininden elde edilecek enerjinin hesaplanması için öncelikle havanın kinetik enerjisinin hesaplanması gereklidir. Bu enerji formül(2) ile hesaplanmaktadır.

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2)$$

Rüzgârın düşey bileşeni küçük olduğundan ihmal edilir ve yeni formül(3) şu şekilde

$$E = \frac{1}{2}mu^2 \quad (3)$$

olur. Burada; m, kütle, u, yatay rüzgâr şiddeti olup, kütle formül(4) ile hesaplanır.

$$m = \rho H \quad (4)$$

ρ havanın özgül kütlesini ve H ise hacmini göstermektedir.

Rüzgârın esme yönüne dik alan “A” ile, rüzgâr yönündeki uzunlukta “L” ile gösterilirse, hacim formül(5) ile hesaplanır;

$$H = AL \quad (5)$$

olur.

Yol hız ve zaman çarpımına eşit olduğu için, L mesafesini rüzgâr şiddetine ve zamana bağlı olarak formül(6) ile hesaplanır;

$$L = ut \quad (6)$$

Hesaplanan L’yi denkleminde yerine konur ve kütle denklemi yeniden yazılırsa,

$$m = \rho Aut \quad (7)$$

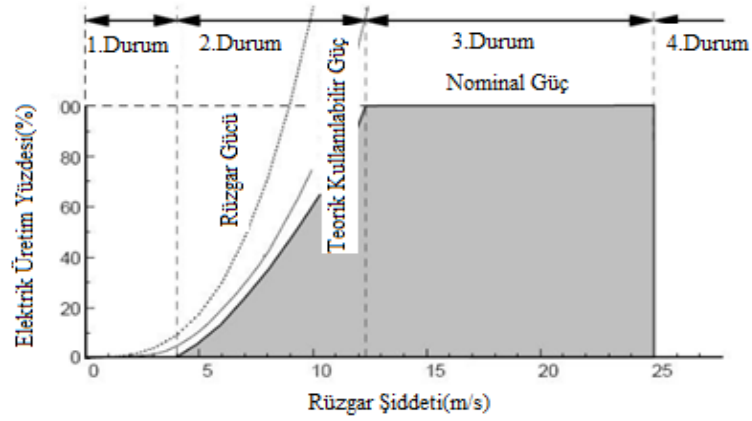
elde edilir. Böylece birim zamanda, birim alandan elde edilen yeni enerji denkleminiz;

$$E = \frac{1}{2} \rho A t r u^3 \quad (8)$$

olur [37].

3.2.4.Rüzgâr türbini güç eğrisi

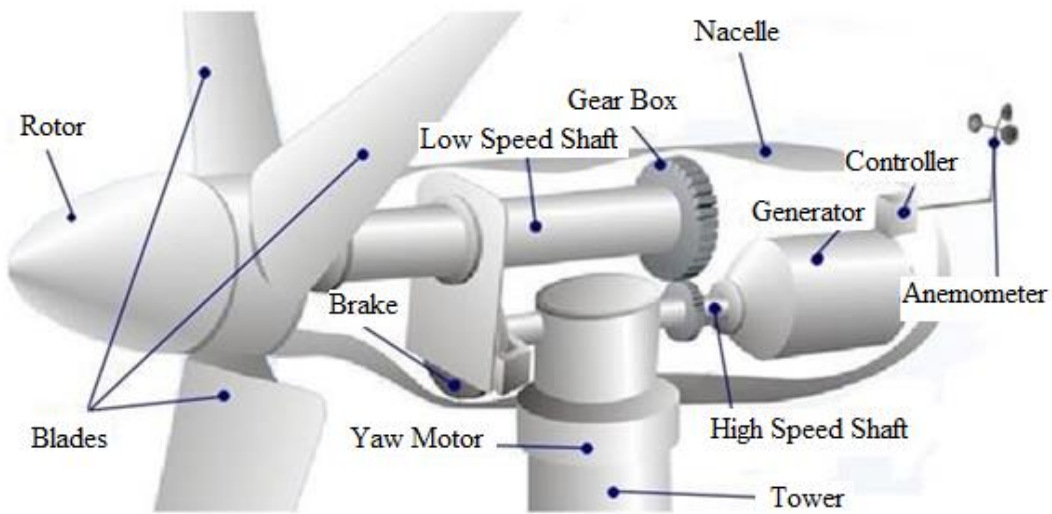
Güç eğrisi ortalama gücün ortalama rüzgâr şiddetine bağlılığını göstermekle birlikte, üretebileceği gücün hesaplanabilmesinde de kullanılabilir. Güç eğrisi grafiğinde dört durum ortaya çıkmaktadır. Birinci durum, ortalama rüzgâr şiddeti başlama (cut-in) hızından düşük olduğunu göstermekte olup, bu durumda elektrik enerjisi elde edilmez. İkinci durum, ortalama rüzgâr şiddeti başlama hızından yüksek olduğunu göstermekte olup, sistemden elektrik enerjisi elde edilir. Üçüncü durum, ortalama rüzgâr şiddeti en uygun elektrik üretilecek olan nominal şiddeti geçmesi halinde, türbin içindeki fren sistemi vb. araçlarla palaların dönüş hızı en uygun hıza düşürülür. Dördüncü durumda ise, ortalama rüzgâr şiddeti türbinin tasarlandığı en yüksek (cut-off) hızı aşmakta olup, türbinde hasarların oluşma ihtimali olduğundan enerji üretilemez ve sistem kapatılmalıdır [37]. Şekil 3.10’ da rüzgâr türbininin güç eğrisi gösterilmiştir.



Şekil 3.10 Rüzgâr türbininin güç eğrisi [37].

3.2.5. Rüzgâr türbininin yapısı

Her ne kadar çok çeşitli ve işlevli rüzgâr türbininin olmasına rağmen, genel olarak hepsinin yapısı ve çalışma şekilleri aynıdır. Bir rüzgâr türbini Rüzgâr Ölçer (Anemometer), Pervane Kanatları (Blades), Fren (Brake), Kontrol Ünitesi (Controller), Vites Kutusu (Gear box), Jeneratör (Generator), Yüksek Hız Mili (High-speed shaft), Düşük Hız Mili (Low-speed shaft), Makine Bolumu (Nacelle), Durdurma (Pitch), Çark (Rotor), Kule (Tower), Yelkovan (Wind vane), Sapma Sürücüsü (Yaw drive)'nden oluşur. Şekil 3.11, örnek bir rüzgâr türbinini oluşturan elemanları göstermektedir.



Şekil 3.11 Rüzgâr türbini iç yapısı [38].

3.2.6.Rüzgâr türbinini oluşturan elemanlar

i-Rüzgâr ölçer (Anemometer)

Rüzgârın şiddetini ölçmek için kullanılan ölçü aletidir.

ii-Pervane kanatları (Blades)

Pervaneler rüzgâr gücünün, hareket enerjisine çevrilmesini sağlayarak, rotorun dönmesini sağlar. Böylelikle türbin için gerekli olan mekanik enerji elde edilmiş olur.

iii-Fren (Brake)

Rüzgâr türbinin rotor hareketinin engellenmesi amacıyla kullanılır. Genel olarak enerji ihtiyacının olmaması, herhangi bir arıza durumu veya bakım onarım işlemlerinin güvenli bir şekilde yapılması için kullanılır.

iv-Kontrol ünitesi (Controller)

Kontrol ünitesi, rüzgârda oluşabilecek hız değişimlerine karşı sistemi durdurur veya harekete geçirir. Rüzgâr hızının saatte 8-16 mil arasında olması durumunda sistemi çalıştır, rüzgâr hızının saatte 55 milden yüksek olduğu durumlarda ise sistemi durdurur. Rüzgâr hızının saatte 55 milden fazla olmasının, türbinlere zarar verebilmektedir [38].

v-Vites kutusu (Gear box)

Vitesler düşük hız milini, yüksek hız miline bağlayarak donuş hızını 30-60 devir/dakikadan (rpm) 1000-1800 devir/dakikaya seviyesine (elektrik üretmek için gerekli olan dönüş hızı) çıkartırlar [39].

vi-Jeneratör (Generator)

Rüzgâr türbininde oluşan mekanik enerjinin elektrik enerjisine dönüşmesini sağlayan makinadır.

vii-Yüksek hız mili (High-speed shaft)

Jeneratörün rotoruna bağlı olan mildir. Düşük hız miline bir dişli yardımıyla bağlanarak, jeneratörün enerji üretebilmesi için gerekli olan yüksek devirdeki hareket enerjisini sağlamaktadır.

viii-Düşük hız mili (Low-speed shaft)

Rüzgâr türbininde pervane kanatlarının bağlı olduğu mildir.

ix-Makine bölümü (Nacelle)

Jeneratör ve dişli sistemi gibi bölümlerin muhafaza edildiği bölümdür.

x- Durdurma (Pitch)

Pervane kanatlarının düşük veya yüksek hızlarda dönüşünü kontrol eden sistemdir.

xi- Çark (Rotor)

Pervane kanatlarının bağlı olduğu mil ve dişli kısmıdır.

xii- Kule (Tower)

Rüzgâr türbinini oluşturan tüm elemanları taşıyan direklerdir.

xiii- Yelkovan (Wind vane)

Rüzgâr yönünün ölçülmesinde kullanılır.

xiv- Sapma sürücüsü (Yaw drive)

Pervane kanatlarını, rüzgâr yönüne dik şekilde konumlanmasını sağlayan sistemdir. Böylelikle rüzgâr enerjisinden maksimum seviyede hareket enerjisi elde edilir.

3.2.7. Rüzgâr türbini çeşitleri

Rüzgâr türbinleri yapılarına ve kullanım yerlerine bağlı olarak, çeşitlilik göstermektedir. Genel olarak yatay, dikey ve eğik eksenli olmak üzere üç ana çeşitten oluşmaktadır. Bunlarda kendi aralarında devir, güç, kanat sayısı, rüzgâr etkisi, dişli özellikleri ve kurulum yerlerine göre farklılık göstermektedir. Çizelge 3.4'te rüzgâr türbini çeşitleri gösterilmiştir.

Çizelge 3.4 Rüzgar türbini çeşitleri [38].

RÜZGÂR TÜRBİNLERİ						
Eksen	Devir	Güç	Kanat Sayısı	Rüzgâr Etkisi	Dişli Özellikleri	Kurulum Yerleri
Yatay Eksenli	Düşük Devirli	Küçük	Tek Kollu	Önden Rüzgâr Alan	Dişli Kutulu	Onshore
Düsey Eksenli	Yüksek Devirli	Orta	Çift Kollu	Arkadan Rüzgâr Alan	Dişli Kutusuz	Offshore
Eğik Eksenli		Büyük	Üç Kollu			
		Çok Büyük	Çok Kollu			

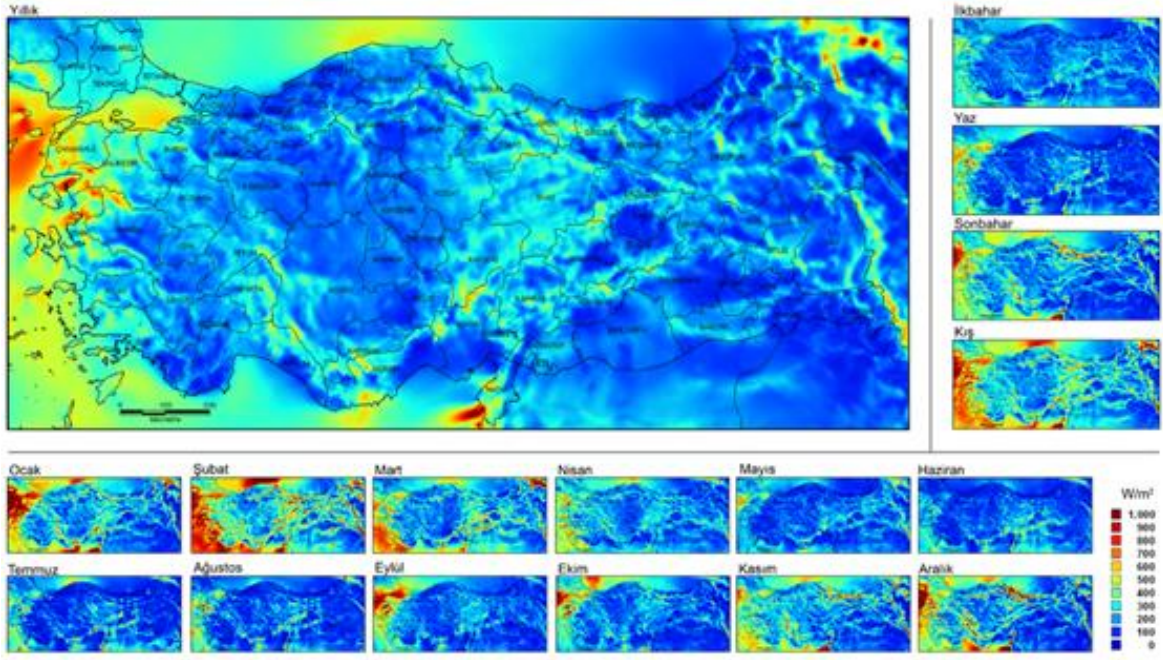
3.2.8. Türkiye’de rüzgâr enerjisinin potansiyeli

Türkiye’nin en iyi rüzgâr potansiyeline sahip kesimleri Ege, Marmara sahilleri olmakla birlikte, Ege Denizinin kuzeydoğusunda ve Antakya yakınındaki bir bölgede şiddetli rüzgârların olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, İç Anadolu Bölgesinin doğusu, Orta Toroslar, Akdeniz Bölgesinin kuzeydoğusundaki bazı alanlarda ortalama rüzgâr hız değerlerinin 7.5 m/s üzerinde olduğu gözlemlenmiştir. Türkiye’nin orta kesimleri boyunca da orta şiddette hıza sahip rüzgâr potansiyeli bulunmaktadır [40].

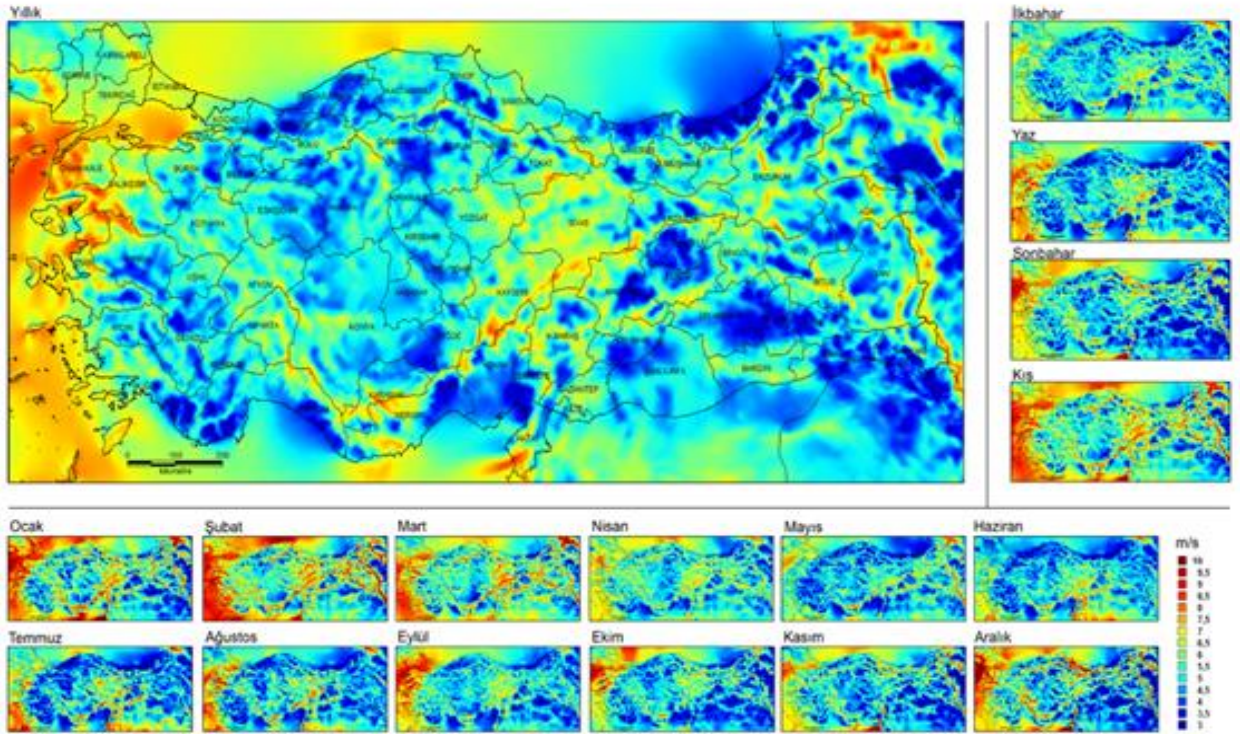
Türkiye’nin rüzgâr enerjisi potansiyelinin tespiti amacıyla yapılan teorik çalışmalar neticesinde, karasal alanlarında 400 milyar kWh/yıl brüt potansiyel ve 120 milyar kWh/yıl teknik potansiyel olduğu hesaplanmıştır. Brüt potansiyel 160 000 MW, teknik potansiyel de 48 000 MW rüzgâr gücüne karşılıktır gelmektedir. Ancak, Türkiye’nin ekonomik rüzgâr potansiyelinin 50 milyar kWh/yıl olduğu kestirilmektedir. Bu potansiyelin değerlendirilmesi için gereken kurulu rüzgâr gücü ise 20 000 MW’dır [41].

Çizelge 3.5 Türkiye’nin rüzgâr enerjisi potansiyeli [40].

Rüzgâr Kaynak Derecesi	Rüzgâr Sınıfı	50 m’de Rüzgâr Gücü(W/m ²)	50 m’de Rüzgâr Hızı(m/s)	Toplam Alan km ²	Rüzgârlı Arazi Yüzdesi	Toplam Kurulu Güç
Orta	3	300-400	6.5-7.0	16.781,39	2,27	83.906,96
İyi	4	400-500	7.0-7.5	5.851,87	0,79	29.259,36
Harika	5	500-600	7.5-8.0	2.598,86	0,35	12.994,32
Mükemmel	6	600-800	8.0-9.0	1.079,98	0,15	5.399,92
Sıradışı	7	>800	>9.0	39,17	0,01	195,84
Toplam				26.351,28	3,57	131.756,40



Şekil 3.12 Türkiye rüzgâr güç yoğunluğu haritası (50 metre yükseklik) [42].

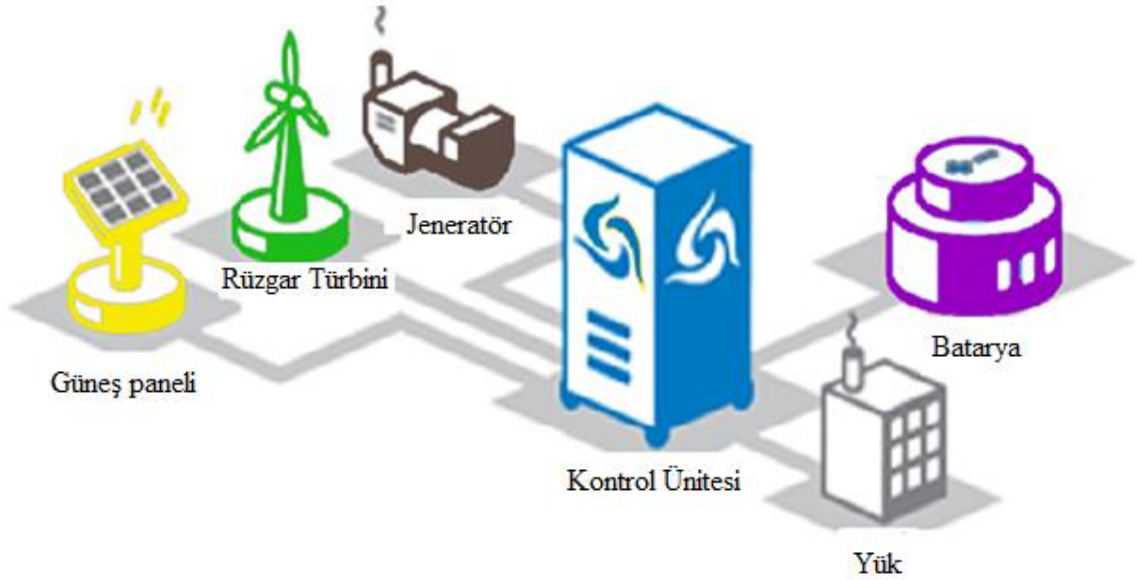


Şekil 3.13 Türkiye rüzgâr hızı haritası (50 metre yükseklik) [42].

4.MİKRO ŞEBEKELER VE ENERJİ YÖNETİMİ

Toplumlarda çevre ve doğanın korunması bilincinin artmasıyla birlikte uluslar, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmişlerdir. Buna paralel olarak, bu alanlardaki teknolojik gelişmeler, dağıtılmış üretim sistemlerini ön plana çıkarmıştır. Rüzgâr ve güneş gibi enerji kaynakları süreklilik arz etmediğinden, hibrit sistemler kurularak, bu enerjilerin depolanması gerekmektedir [43].

Mikro şebeke; geçen yüzyılın sonunda ortaya çıkan yeni bir enerji kaynağı ve şebeke yönetim teknolojisi olup bağımsız olarak kontrol edilen, dağıtılmış üretimle birlikte güç sağlayan elektrik şebekeleridir. Bu şebeke uygulamalarıyla yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerji, şebeke bağlantılı veya şebekeden bağımsız olarak kurularak, enerjiden maksimum seviyede faydalanılmaktadır [2]. Bir mikro şebeke, klasik şebeke sisteminden ayrılarak özerk olarak çalışabilmektedir [44]. Mikro şebekeler hem AC kaynaklı, hem de DC kaynaklı enerji sistemlerinin bulunduğu uygulamalarda kullanılabilir. Örnek bir mikro şebeke sistemi Şekil 4.1 'de gösterilmiştir.

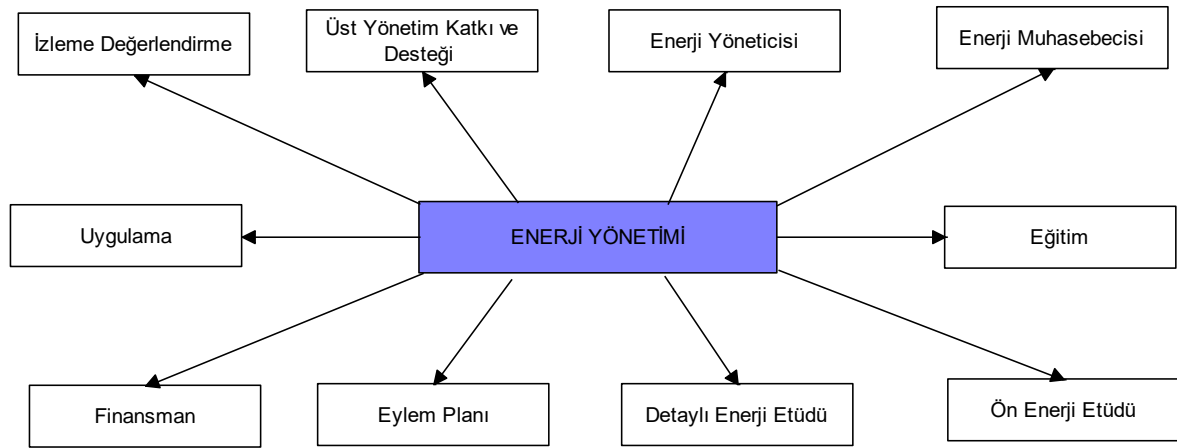


Şekil 4.1 Tipik bir akıllı mikro şebeke sistemi

4.1.Mikro şebekelerde enerji yönetimi

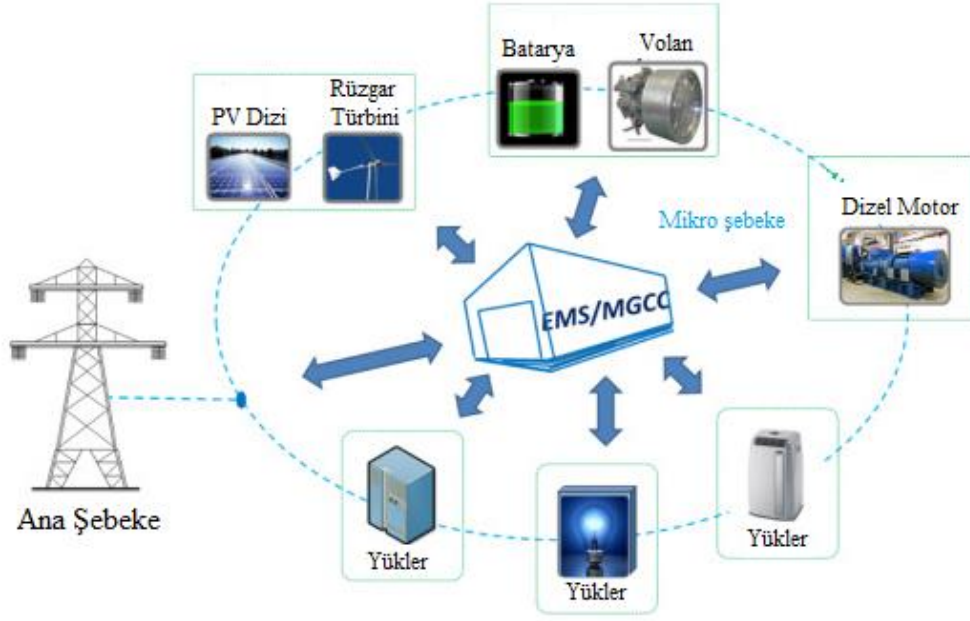
Enerji yönetimi; enerjinin verimli olarak kullanılmasını amacıyla geliştirilen bir yönetim sistemidir. Günümüzde enerji, toplumun ve ulusların yaşamlarını devam ettirebilmeleri için çok önemli olduğundan, verimli olarak kullanılabilmesi de bir o kadar önemli olmaktadır[43].

Enerji yönetimi çalışmalarında organizasyonunun odak noktası “Enerji Tasarrufu” kavramıdır. Buna göre, oluşturulan enerji yönetim sisteminin bileşenleri Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Enerji yönetiminin bileşenleri

Enerji yönetimi, mikro şebekelerin tasarım ve kurulum aşamalarında çok önemli bir yer tutmaktadır. Klasik dağıtım şebekelerinden farklı olarak, mikro şebekelerin oluşturulmasında yer alan farklı enerji kaynaklarının entegrasyonu ve verimli bir şekilde kullanılabilmesi, bazı zorluklara ve sorunlara sebep olabilmektedir. Mikro şebekelerin işlevlerini yerine getirebilmeleri ve istenilen düzeyde fayda elde edilebilmesi için, enerji yönetiminin etkin bir şekilde bu sistemlerde uygulanması gerekmektedir.



Şekil 4.3 Mikro şebekelerde enerji yönetimi [45].

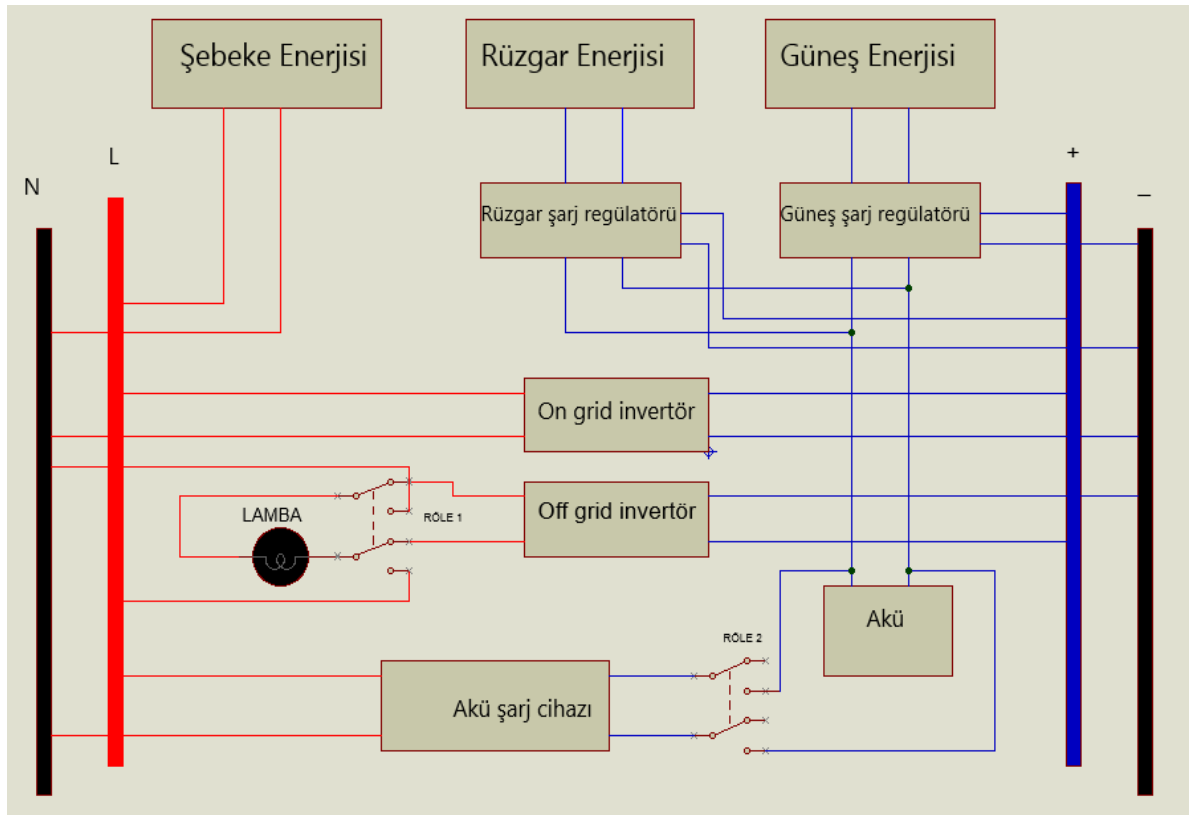
4.1.1. Mikro şebekelerin avantajları ve dezavantajları

Mikro şebekelerin geleneksel şebekelere entegre edilmesinin birçok faydası vardır. Bu faydaların en önemlisi, fosil yakıtlara olan bağımlılığın azalmasıdır [46]. Mikro şebekenin ana şebeke açısından en büyük avantajı ise kontrol edilebilir olması ve ana şebekeden bağımsız olarak çalıştırılabilme özelliğine sahip olmasıdır. Kullanıcı açısından bakıldığında ise, ana şebekelerde oluşabilecek arıza ve kesintilerden etkilenmeyerek, kaliteli ve sürekli enerji sağlama özelliğidir [47]. Yenilenebilir enerji kaynaklarının, şebeke genelinde dağıtılmış olarak kullanılması ile enerji harcamalarında ekonomik bir getiri elde edilebilmektedir [46].

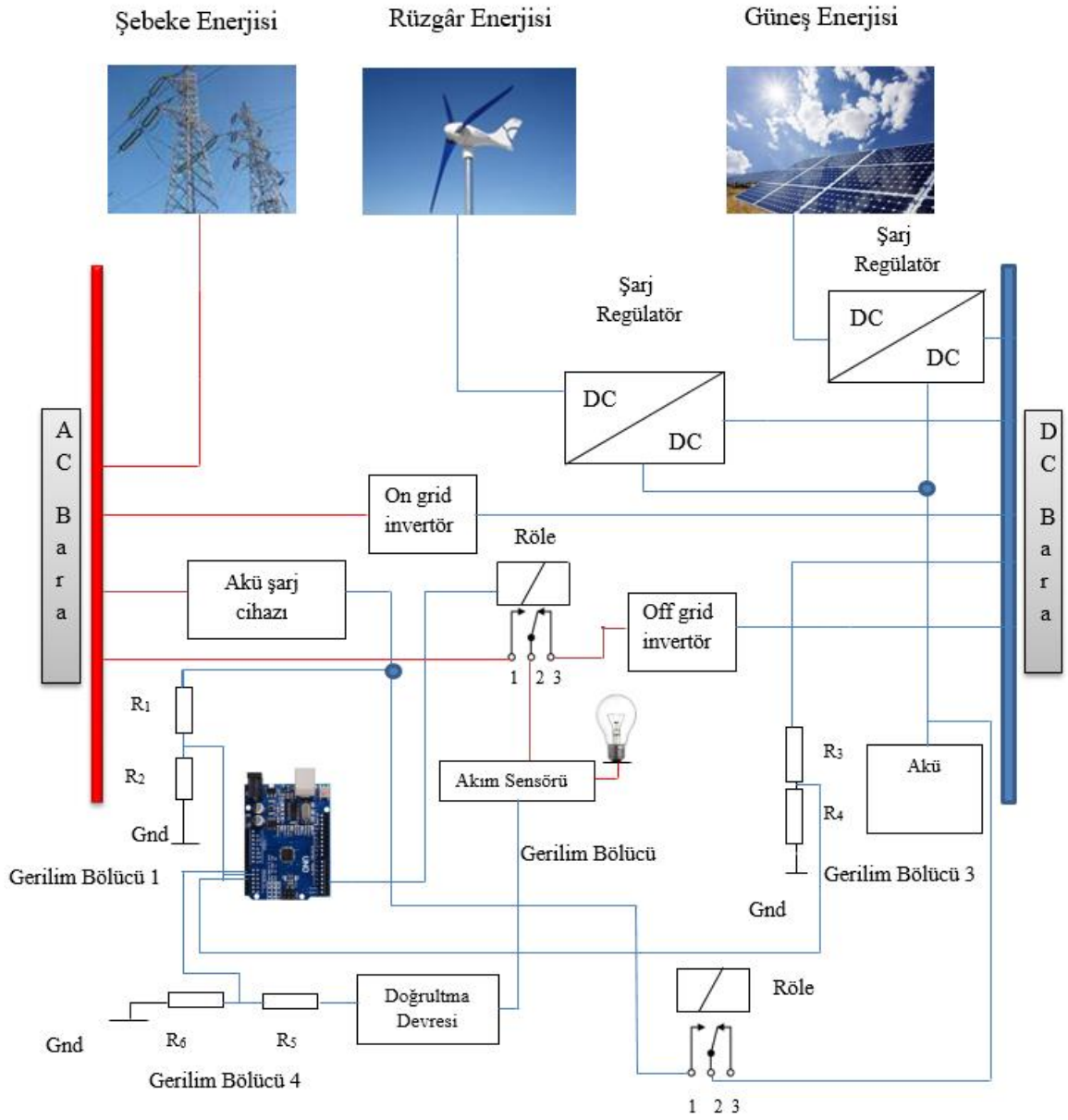
Bununla birlikte, mikro şebeke uygulamalarında bazı dezavantajlı durumlarda söz konusu olmaktadır. Dağıtılmış enerji kaynaklarının kurulum maliyetlerinin yüksek olması, teknik zorluklar, belirli bir standardının olmaması, idari ve yasal engeller gibi etkenler, mikro şebekelerin dezavantajları olarak sayabiliriz [48].

5. UYGULAMA DEVRESİ

Bu tez çalışmasında öncelikli hedef, sistemde bulunan lamba grubunun enerji ihtiyacını kesintiye uğramadan devamlı olarak sağlayan, bir mikro şebeke sistemi kurmak ve bununla birlikte enerji ihtiyacının karşılanmasında, mümkün mertebe yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılarak sağlanmasıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji elde imkânının olmaması durumunda ise aküden karşılanması, bunun dışındaki durumda ise şebeke enerjisi ile enerji ihtiyacı karşılanacaktır. Böylelikle yenilenebilir enerji kaynaklarından maksimum seviyede faydalanarak, şebeke enerji kullanımını minimum seviyede tutmaktır. Bunun sonucunda ekonomik olarak bir kar elde edilmesi sağlanacaktır. Sistemde kullanılan enerji miktarlarının, hangi kaynaklardan ve ne oranda olduğunun tespitinde yapılacaktır. Bununla birlikte sistemde bulunan elektriksel veriler, farklı yöntemler kullanılarak, takip edilecektir. Ayrıca sistemde kullanılan üç adet farklı renkte led ile o anda kullanılan enerji kaynağının görsel olarak anlaşılması amaçlanmıştır. Bu uygulama devresine ait prensip şema, Şekil 5.1’de gösterilmiştir.



Şekil 5.1 Uygulama devresi prensip şeması



Şekil 5.2. Uygulama devresi şeması

5.1.Uygulamada Kullanılan Devre Elemanları

5.1.1.Güneş panelleri

Sistemde güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde etmek için her biri 65 Watt gücünde olan altı adet güneş paneli, paralel bağlantı yapılarak kullanılmıştır. Elde edilebilecek elektriksel güç şu şekilde hesaplanmıştır.

$$P_{max}=P_{panel}.PV_{number}=6.65=390 \text{ W}$$

Bu panellerin elektriksel parametreleri Çizelge 5.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1 PV panellerin elektriksel parametreleri

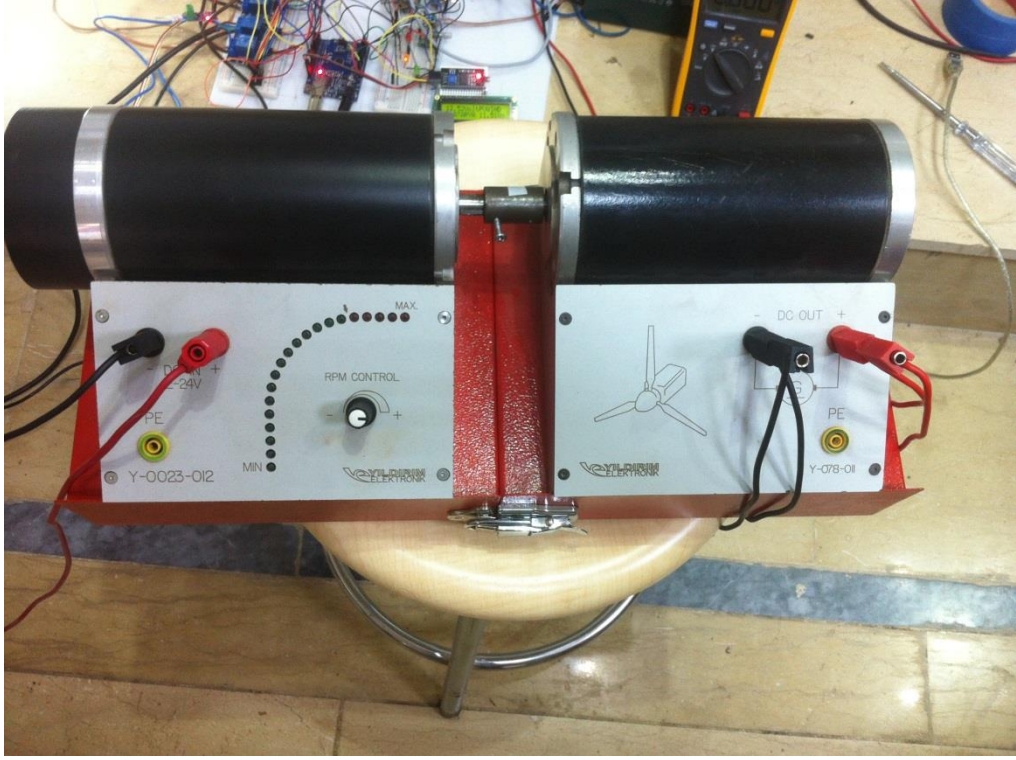
Module specifications under STC (1000 W/m ² , 25°C)	Parameters
Open-circuit voltage (Voc)	21.6 V
Short-circuit current (Isc)	4.2 A
Voltage at Pmax (Vmp)	17.24 V
Current at Pmax (Imp)	3.74 A



Şekil 5.3 Uygulamada kullanılan güneş panelleri

5.1.2.Rüzgâr türbini

Laboratuvar ortamında oluşturulan bu devrede, rüzgâr türbini yerine, DC motor tarafından tahrik edilen, bir DC üreteç kullanılmıştır. DC motora uygulanan gerilim değeri bir potansiyometre yardımıyla değiştirilerek, üreteçten farklı değerlerde gerilim elde edilmiştir. Farklı devirlerde elde edilen çıkış gerilimleri Çizelge 5.2’de gösterilmiştir.



Şekil 5.4 DC üreteç

Çizelge 5.2 DC üreteç devir sayısı-çıkış gerilimi değerleri

Devir Sayısı (rpm)	Çıkış Gerilimi (volt)
200	3,3
400	6,6
600	10
800	13,3
1000	16,74
1200	20,1
1400	23,3
1600	26,6
1800	30
2000	33,2

5.1.3.On grid invertör

İnvertörler doğru gerilimi alternatif gerilime çeviren elektronik cihazlardır. İnvertörler çıkış gerilimi dalga şekillerine göre üçe ayrılır. Bunlar kare dalga, modifiye sinüs dalga ve tam sinüs dalga çıkışlı invertörlerdir. Tam sinüs dalga invertörler verimlilik bakımından diğer çeşitlere göre daha üstündür. Ayrıca bu invertörler şebeke ile paralel olarak çalışırlar. Doğru gerilimi alternatif gerilime çevirmekle birlikte, ihtiyaç fazlası enerjinin, bağlı olduğu şebeke gerilimi ile aynı genlik ve frekans değerleriyle, şebekeye aktarılmasını sağlamaktadır.

5.1.4.Off grid invertör

Genellikle şebekenin olmadığı ve enerji depolama sistemlerinin bulunduğu yerlerde kullanılan invertörlerdir. Güneş veya rüzgâr türbininin ürettiği doğru gerilimi, alternatif gerilime çevirmektedir. On grid invertörün aksine, bu invertörlerden elde edilen alternatif gerilim doğrudan şebekeye aktarılmamaktadır.

5.1.5.Aküler

Aküler, kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren devre elemanlarıdır. Bununla birlikte aküler şarj edilmek suretiyle, enerji depolama özelliklerine sahiptirler. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerji her zaman stabil seviyelerde olmamaktadır. Bu problemten dolayı enerji elde edildiği süre boyunca, bu enerjinin depolanarak kullanılması daha verimli olmaktadır. Özellikle off grid enerji sistemlerinde aküler kullanılmaktadır. Akülerin uzun ömürlü olarak kullanılabilmesi için şarj durumunun mümkün mertebe %50'nin altına düşmemesi gereklidir.

5.1.6.Mikrodenetleyici kartı

Bir mikrodenetleyici, komple bir bilgisayar donanımında bulunan merkezi işlem birimi, hafıza ve giriş-çıkışlar gibi birimlerin, tek bir devre üzerinde oluşturulmasıyla elde edilen bir entegre sistemidir. Kısıtlı miktarda olmakla birlikte yeterince hafıza birimlerine ve giriş-çıkış uçlarına sahip olmaları sayesinde tek başlarına çalışabildikleri gibi donanımı oluşturan diğer elektronik devrelerle irtibat kurabilir, uygulamanın gerektirdiği fonksiyonları gerçekleştirebilirler. Üzerinde analog-dijital çevirici gibi entegre devreler barındırmaları sayesinde algılayıcılardan her türlü verinin toplanması ve işlenmesinde kullanılabilirler. Ufak ve düşük maliyetli olmaları gömülü uygulamalarda tercih edilmelerini sağlamaktadır [49].

Arduino, kolay bir şekilde devrelerin tasarlanabildiği, açık kaynak kodlu bir geliştirme platformudur. Arduino temel kodlama bilgisine sahip herkes tarafından kolaylıkla programlanabilmektedir. C# programlama dili kadar esnek, yaratıcı ve yüksek düzeyliği vardır. Özetle, Arduino, elektronik ve programlama bilgisini geliştirmek, tasarlanan devreleri daha kolay kurabilmek için üretilmiş bir donanım ve yazılım platformudur [50].

Arduino uno üzerinde USB jakı, Power jakı, Mikrodenetleyici, Haberleşme çipi, 16 MHz kristal, Reset butonu, Power ledi, TX / NX ledleri, Led, Power pinleri, Analog girişler, TX / RX pinleri, Dijital giriş / çıkış pinleri, Ground ve AREF pinleri, ATmega328 için ICSP ve USB arayüzü için ICSP standart olarak bulunmaktadır.

Çizelge 5.3 Arduino Uno teknik özellikleri

Mikrodenetleyici	ATmega328
Çalışma gerilimi	+5 V DC
Tavsiye edilen besleme gerilimi	7 - 12 V DC
Besleme gerilimi limitleri	6 - 20 V
Dijital giriş / çıkış pinleri	14 tane (6 tanesi PWM çıkışını destekler)
Analog giriş pinleri	6 tane
Giriş / çıkış pini başına düşen DC akım	40 mA
3,3 V pini için akım	50 mA
Flash hafıza	32 KB
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Saat frekansı	16 MHz



Şekil 5.5 Arduino Uno mikrodenetleyici kart

5.1.7.Röle

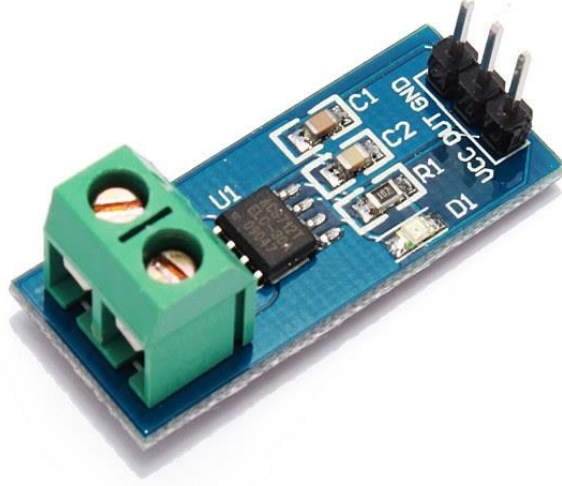
Röleler bobinden ve kontaklardan oluşan bir anahtarlama elemanıdır. Mekanik yapıdaki paletin, bobinin elektromıknatis özelliğiyle çekilip bırakılmasıyla, açık kontakların kapatılması veya kapalı kontakların açılmasıyla anahtarlama işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle rölelerle küçük güçler kullanılarak, büyük güçlerde anahtarlama işlemi yapılabilmektedir. Kontak sayıları fazla olan röleler sayesinde birden çok anahtarlama işlemi yapılabilir.

5.1.8.Akü şarj cihazı

Rüzgâr türbininden veya güneş panellerinden elde edilen elektrik enerjisi şarj regülatörleri tarafından, enerji olduğu sürece sürekli olarak aküleri şarj eder. Sistemde yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektrik enerjisi veya şebeke enerjisinin olmadığı durumlarda akü devreye girerek, gerekli enerjiyi deşarj süresi boyunca karşılar. Eğer aküler deşarj durumda iken ve sadece şebeke enerjisi varsa, bu durumda akülerin şebeke enerjisinden şarj edilmesi gereklidir. Bu işlem içinse akü şarj cihazı kullanılmaktadır. Akü şarj cihazı, şebekedeki alternatif gerilimi uygun doğru gerilim değerlerine dönüştürerek akülerin şarj edilmesini sağlamaktadır.

5.1.9.Akım sensörü

Sistemde kullanılan elektrik enerjisinin hesaplanmasında, mikrodenetleyici için gerekli akım değerinin ölçülmesinde kullanılan bir sensör modülüdür.



Şekil 5.6 Akım sensörü

5.1.10. Bluetooth modülü

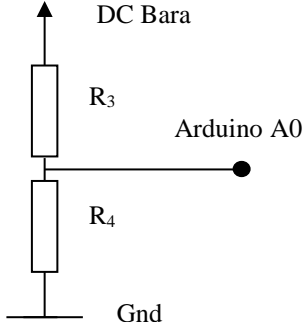
Bluetooth kısaca, elektronik cihazların kısa mesafeli kablosuz iletişimini sağlayan yeni bir teknoloji ve aynı zamanda kablosuz haberleşme için geçerli olan bir uluslararası veri transfer standartıdır [51]. Arduino bluetooth modülü sayesinde sistemdeki elektriksel verileri, android tabanlı bir cihaz yardımıyla(cep telefonu, tablet bilgisayar gibi), uzaktan erişim sağlamakta kullanılmaktadır.

5.1.11.Şarj regülatörü

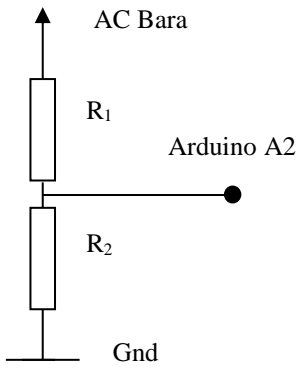
Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen gerilim değerlerinin değişken olması nedeniyle, aynı sistemde bulunan akülerin uygun ve sabit gerilim değerlerinde şarj olmasını sağlayan bir devre elemanıdır.

5.2.Gerilim Bölücü Devreler

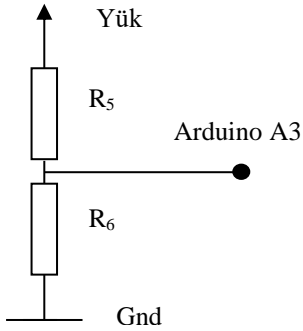
Sistemin çalışabilmesi amacıyla kullanılacak enerji kaynağının seçimi mikrodenetleyicide yüklü olan programın işletilmesi neticesinde yapılacağından, gerilim değerlerinin tümü, gerilim bölücü devreler tarafından analog giriş olarak mikrodenetleyici tarafından algılanır. Bunun için güneş panelleri, rüzgâr türbini, akü ile şebeke gerilim değerlerinin algılanabilmesi için kullanılan gerilim bölücü devreler aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.



Şekil 5.7 DC bara gerilim bölücü devresi



Şekil 5.8 AC bara gerilim bölücü devresi



Şekil 5.9 Yük gerilim bölücü devresi

Şekil 5.7, gerilim bölücü devresi ile dc baranın gerilim değeri, analog değer olarak mikrodenetleyici tarafından algılanır. Rüzgâr türbini ve güneş panellerinin bağlı olduğu regülatörlerden elde edilebilecek maksimum gerilim değerleri yaklaşık olarak 12 V civarında olduğundan ve muhtemelen oluşabilecek gerilim artışları da dikkate alınarak, mikrodenetleyicinin algılayacağı analog değer olarak, 2 V gerilim değeri uygun görülmüştür. Çünkü mikrodenetleyicinin algılayabileceği maksimum analog gerilim değeri

5V'tur. DC bara için kullanılan gerilim bölücü devredeki direnç değerleri aşağıda formül (9) ile hesaplanmıştır.

$$V_{out} = \frac{V_{in}}{(R5 + R6)} \cdot R6 \quad (9)$$

R₆ direncini 100K olarak alırsak,

$$2 = \frac{12}{(R5 + 100K)} \cdot 100K$$

R₅=500K olarak hesaplarız.

Şekil 5.8' deki gerilim bölücü devresi ile şebeke enerjisinin gerilim değeri mikrodenetleyici tarafından algılanacaktır. Fakat şebeke gerilimi, 220 V alternatif gerilim olduğundan, mikrodenetleyici tarafından doğrudan algılanabilmesi mümkün değildir. Bu nedenle şebekeye bağlı olan ve akünün şarj edilmesi için kullanılan akü şarj cihazının çıkış uçlarındaki 14 V doğru gerilimden faydalanarak, hem mikrodenetleyici tarafından algılanabilmesi sağlanmıştır hem de bu gerilim, devredeki akünün şarj edilebilmesi için kullanılmıştır. Bu devre için kullanılan direnç değerleri, akü ve dc bara gerilim bölücü devresinde kullanılan değerleri ile aynıdır.

Şekil 5.9' da ki gerilim bölücü devresi ile lamba grubuna uygulanan alternatif gerilim değeri, bir doğrultma devresi ile 12 V doğru gerilime dönüştürülerek algılanması sağlanmıştır. Giriş gerilimi 12 V olan diğer gerilim bölücü devrelerdeki direnç değerleri, bu devrede de aynı olarak kullanılmıştır.

Enerjinin ölçülebilmesi için gerekli olan bileşenlerden gerilim mikrodenetleyicinin analog giriş bağlantı pinlerindeki gerilim değerine göre, zaman ise mikrodenetleyicide yüklü olan kontrol programı yardımıyla ve son olarak lamba grubunun çektiği akım ise, akım sensöründen alınan analog değer program yardımıyla işlenmesiyle elde edilmiştir. Bu değerlerin hesaplanmasıyla, enerji kaynaklarının sağladığı enerji miktarları ayrı ayrı hesaplanmıştır.

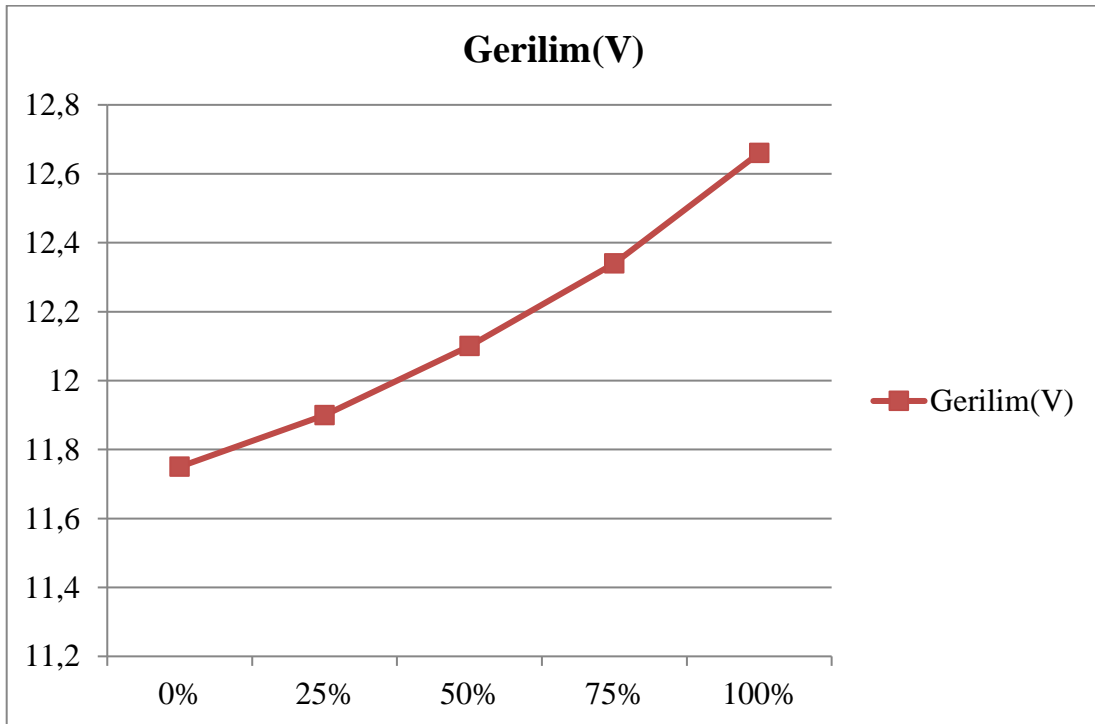
5.3.Mikrodenetleyici programı

Mikrodenetleyicinin sistemin çalışması için gerekli olan anahtarlama işlemlerini yapabilmesi için, algıladığı gerilim değerlerini karşılaştırmak ve işletmek için set edilmiş gerilim değerlerine ihtiyaç vardır. Böylece mikrodenetleyici algıladığı değerlerle programı

işletebilmektedir. Bunun için sistemde yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen gerilim ile şebeke gerilimi için iki ayrı set değeri belirlenmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynaklardan elde edilen gerilim değerleri, atmosferik koşullara göre değişiklik göstermektedir. Bu kaynaklardan elde edilen enerjinin stabil olarak kullanılabilmesi için şarj regülatörleri kullanılmaktadır. Bu sayede hem akü şarj edilmekte hem de akü üzerinden yük çıkışına enerji sağlanmaktadır. Sonuç olarak yenilenebilir enerji kaynaklarında yeterli seviyede enerji varsa enerji bu kaynaklardan, yoksa akü tarafından DC baraya enerji sağlanmaktadır. Sistemde kullanılan akü ve şarj regülatörü çıkış gerilimleri ile on grid ve off grid invertör giriş gerilim değerlerinin 12 V olması, akü ömrünün uzun olması için doluluk oranının %50' nin altına düşmemesi gibi faktörlerde göz önüne alındığında, DC bara gerilim set değeri 12 V olarak belirlenmiştir. Kullandığımız akünün doluluk oranının gerilim değerlerini gösteren grafik Şekil 5.10' da gösterilmiştir.

Şebeke gerilimi enerjisinin mikrodenetleyici tarafından algılanması için, akü şarj devresi çıkış gerilim değeri kullanılmıştır. Eğer bu değer 12 V değerinin üzerinde ise şebekede 220 V alternatif gerilim olduğu mikrodenetleyici tarafından algılanacaktır. Çizelge 5.4' te sistemde bulunan gerilim değerleri ve set değerleri verilmiştir.

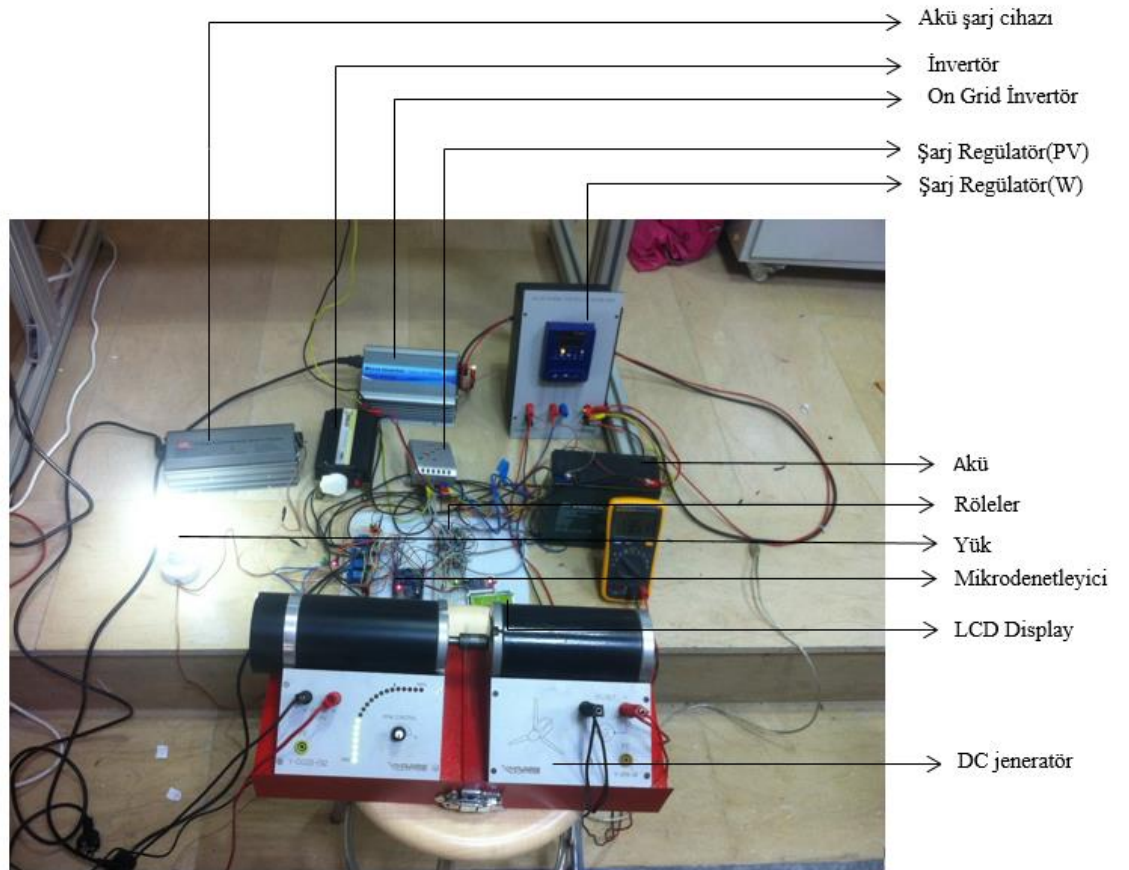


Şekil 5.10 Akü doluluk oranı gerilim değerleri

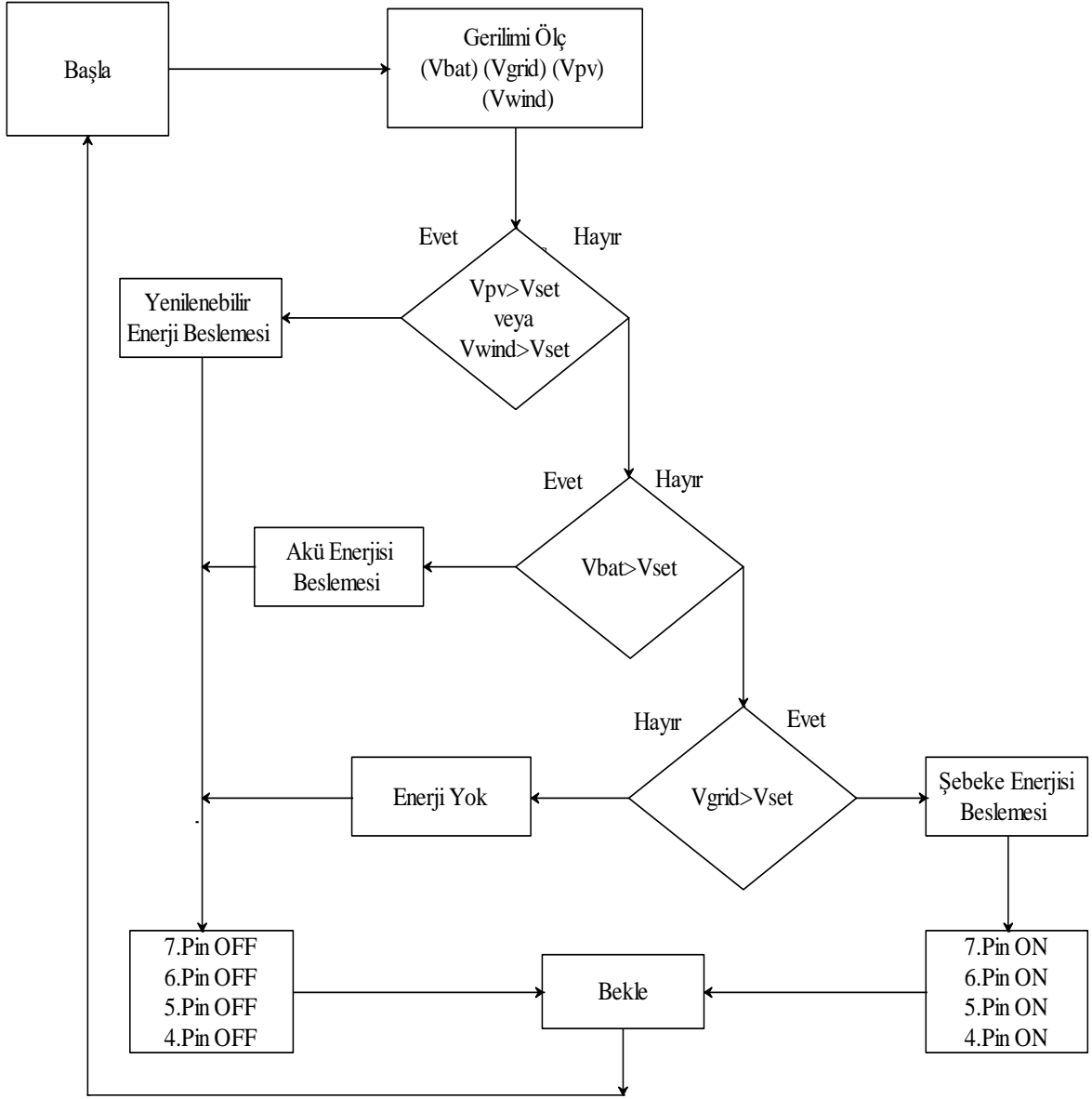
Çizelge 5.4 Mikrodenetleyici programında kullanılan set gerilim değerleri

Gerilim Kaynağı	Nominal Gerilim Değerleri	Set edilen gerilim değerleri
Güneş Panelleri	17.6 V DC	(DC bara) 12 V DC
Rüzgâr Türbini	24 V DC	
Akü	12.66 V DC	
Şebeke Gerilimi	220 V AC	12 V DC

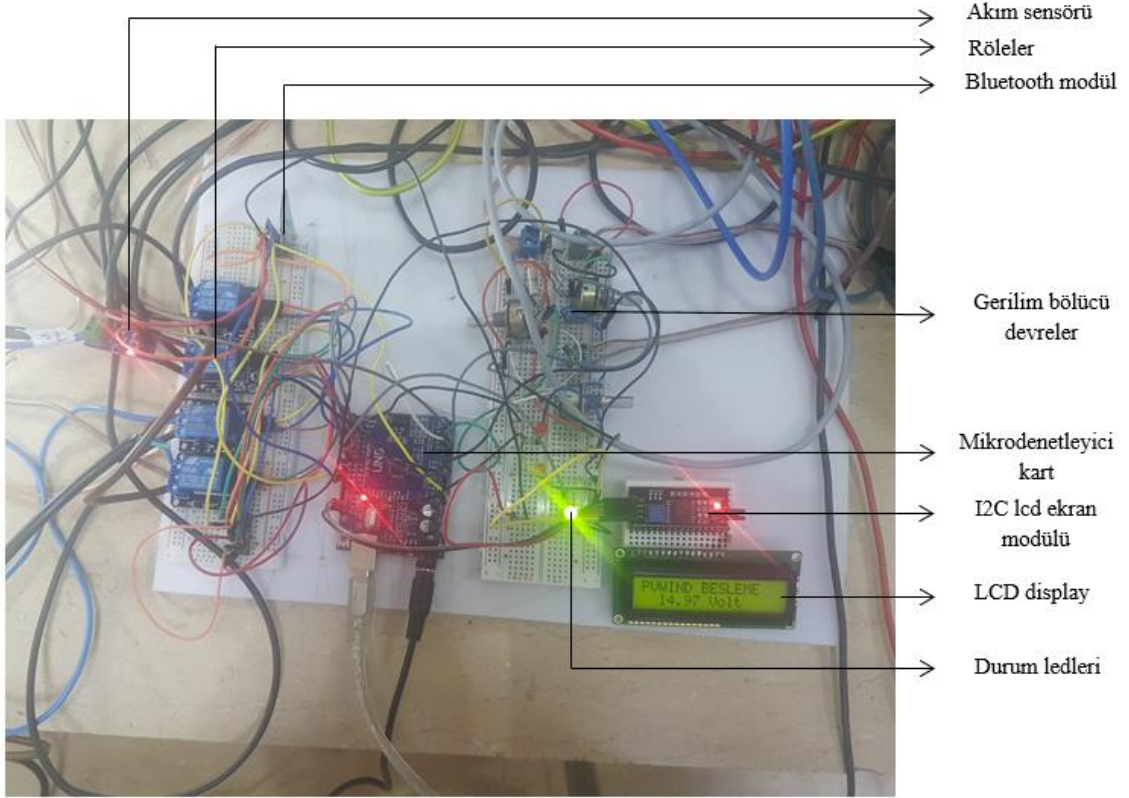
Set değerlerinin belirlenmesiyle birlikte, laboratuvar ortamında oluşturulan uygulama devresi Şekil 5.11’ de, uygulama devresine ait akış şeması Şekil 5.12 ’de gösterilmiştir.



Şekil 5.11 Uygulama devresi



Şekil 5.12 Devrenin akış şeması



Şekil 5.13 Mikrodenetleyici kart

5.4.Devrenin çalışması

Algılanan sistem gerilim değerleri, mikrodenetleyicide yüklü olan programın işletilmesiyle, mikrodenetleyicinin dijital çıkış pinlerine bağlı olan röleler tarafından kontrol edilir. Bu durumda gerilim değerlerinin karşılaştırılması gerekmektedir. Sistemde oluşabilecek durumlar Çizelge 5.5' te gösterilmiştir.

Çizelge 5.5 Sistemde oluşabilecek enerji durumları

Durumlar	Yenilenebilir Enerji	Şebeke Enerjisi	Akü Enerjisi	Röle Durumları	Sonuç
Durum 1	Rüzgâr Enerjisi veya Güneş Enerjisi Var	Şebeke Enerjisi Var	Akü Enerjisi Var Veya Akü enerjisi Yok	4 ve 5 nolu röleler ile 6 ve 7 nolu röleler enerjilenmeyecek	Yenilenebilir Enerji Kaynağından Besleme Yapılacak
Durum 2	Rüzgâr Enerjisi veya Güneş Enerjisi Var	Şebeke Enerjisi Yok	Akü Enerjisi Var Veya Akü Enerjisi Yok	4 ve 5 nolu röleler ile 6 ve 7 nolu röleler enerjilenmeyecek	Yenilenebilir Enerji Kaynağından Besleme Yapılacak
Durum 3	Rüzgâr Enerjisi veya Güneş Enerjisi Yok	Şebeke Enerjisi Var	Akü Enerjisi Var	4 ve 5 nolu röleler ile 6 ve 7 nolu röleler enerjilenmeyecek	Aküden Enerjisinden Besleme Yapılacak
Durum 4	Rüzgâr Enerjisi veya Güneş Enerjisi Yok	Şebeke Enerjisi Yok	Akü Enerjisi Var	4 ve 5 nolu röleler ile 6 ve 7 nolu röleler enerjilenmeyecek	Aküden Enerjisinden Besleme Yapılacak
Durum 5	Rüzgâr Enerjisi veya Güneş Enerjisi Yok	Şebeke Enerjisi Var	Akü Enerjisi Yok	4 ve 5 nolu röleler ile 6 ve 7 nolu röleler enerjilenecek	Şebeke Enerjisinden Besleme Yapılacak
Durum 6	Rüzgâr Enerjisi veya Güneş Enerjisi Yok	Şebeke Enerjisi Yok	Akü Enerjisi Yok	4 ve 5 nolu röleler ile 6 ve 7 nolu röleler enerjilenmeyecek	Enerji Yok

Daha önce bahsedildiği üzere uygulama devremizde yenilenebilir enerji kullanımı maksimum seviyede, şebeke enerjisi kullanımı minimum seviyede tutulacaktır. Oluşabilecek bu durumlarda, sistemin çalışması şu şekillerde olacaktır.

5.4.1.Durum 1

Durum 1’de ifade edilen koşullar sağlanarak yapılan çalışmada, oluşan gerilim değerleri Çizelge 5.6’ da gösterilmiştir.

Güneş panellerinden veya dc üreteçten elde edilen gerilimin yeterli olması durumunda bu gerilim, akü üzerinden DC baraya aktarılır. DC baraya bağlı olan gerilim bölücü devreyle gerilim değeri mikrodnetleyici tarafından algılanır. Bu değer, set gerilim değerinin üzerinde olduğundan sisteme enerji sağlayacak seviyededir. Şebekede ve DC baranın her ikisinde de yeterli enerji olduğundan, mikrodnetleyici programın işletilmesiyle, öncelikli olarak DC baradan enerjinin karşılanması için kontrolündeki 4,5,6 ve 7 nolu

pinlere bağı olan röleleri enerjilenmeyerek, rölelerin normalde kapalı kontaklarına bağı olan off grid invertörden elde edilen alternatif 220 V ile lamba grubuna enerji sağlanmışır. Bu durumda röleler enerjilenmediğı için ve normalde kapalı kontakları kullanıldığından, uzun süre arızalanmadan çalışmaları sağlanmışır.

Çizelge 5.6 Durum 1’de oluşan elektriksel veriler

DC bara gerilimi V	Akü gerilimi V	Şebeke gerilimi V	Yük gerilimi V	Yük akımı A
12,8 V	12,6 V	227 V	209 V	0,107 A

Ayrıca yenilenebilir enerji ile enerji ihtiyacının karşılanma süresi de mikrodenetleyici tarafından ölçülecektir. Bu ölçülen değerle birlikte, akım sensörünün algıladığı akım değeri ve lamba gurubuna sağlanan gerilim değeri, mikro denetleyici tarafından hesaplanmış, yenilenebilir enerji kaynağının sağladığı toplam enerji miktarı belirlenmiştir. Yenilenebilir sistem enerjisi kullanıldığı sürece uygulama devresinde bulunan yeşil led yanarak, o anda hangi enerji kaynağının kullanıldığı görülmüştür.

5.4.2.Durum 2

Durum 2’de ifade edilen koşullar sağlanarak yapılan çalışmada, oluşan gerilim değerleri Çizelge 5.7 ’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.7 Durum 2 ’de oluşan elektriksel veriler

DC bara gerilimi V	Akü gerilimi V	Şebeke gerilimi V	Yük gerilimi V	Yük akımı A
12,8 V	12,6 V	0 V	210 V	0,107 A

Yenilenebilir enerji kaynakları, sistemde birincil enerji kaynağı olarak kullanıldığından, şebeke sisteminde enerjinin olup olmaması önemli değildir. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynağında enerji olduğu sürece besleme, öncelikli olarak yenilenebilir kaynakla sağlanacaktır. Birinci durumdaki şartlar ikinci durumda da geçerlidir.

5.4.3.Durum 3

Durum 3'te ifade edilen koşullar sağlanarak yapılan çalışmada, oluşan gerilim değerleri Çizelge 5.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.8 Durum 3 'te oluşan elektriksel veriler

DC bara gerilimi V	Akü gerilimi V	Şebeke gerilimi V	Yük gerilimi V	Yük akımı A
12,6 V	12,5 V	227 V	209 V	0,107 A

Yenilenebilir enerji kaynağında enerji olmadığı, şebeke ve aküde enerji olması durumunda, akü enerjisi kullanılacaktır. Böylece akü enerji sağladığı süre içerisinde, yenilenebilir enerji kaynağının enerji sağlayabilme ihtimalinin olması ve şebeke enerjisinin mümkün mertebe az kullanılması, ekonomik olarak avantaj sağlayacaktır. Aynı şekilde akünün sağladığı toplam enerji miktarı, mikrodenetleyici tarafından hesaplanacaktır.

5.4.4.Durum 4

Durum 4'de ifade edilen koşullar sağlanarak yapılan çalışmada, oluşan gerilim değerleri Çizelge 5.9 'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.9 Durum 4 'te oluşan elektriksel veriler

DC bara gerilimi V	Akü gerilimi V	Şebeke gerilimi V	Yük gerilimi V	Yük akımı A
12,6 V	12,5 V	0 V	209 V	0,107 A

Akü enerjisinin olduğu ve diğer kaynaklarda enerji olmadığı durumlarda, akü enerjisinden besleme yapılacaktır. Durum 3'te elde edilen yük akım ve gerilim değerleri, Durum 4 içinde aynı değerlerde olduğu gözlemlenmiştir.

5.4.5.Durum 5

Durum 5' te ifade edilen koşullar sağlanarak yapılan çalışmada, oluşan gerilim değerleri Çizelge 5.10' da gösterilmiştir.

Çizelge 5.10 Durum 5 'te oluşan elektriksel veriler

DC bara gerilimi V	Akü gerilimi V	Şebeke gerilimi V	Yük gerilimi V	Yük akımı A
11,8 V	11,7 V	227 V	227 V	0,107 A

Sadece Şebeke sisteminde enerji olması durumunda mecburen, enerji ihtiyacı Şebekeden karŐılanmak zorunda kalınacaktır. Mikrodenetleyici bu durumda 4,5,6 ve 7 nolu pinleri enerjileyerek, bu pinlere bağlı rölelerin kontaklarının konumları deđiŐmiŐtir. 4 ve 5 nolu pin uçlarına bağlı rölelerin enerjilenmesiyle, normalde açık kontağına bağlı olan Şebeke gerilimi ile lamba grubuna enerji sağlamıştır. 6 ve 7 nolu pin uçlarına bağlı röleler ise Şebekeden sağlanan enerji ile akünün Şarj olması için gerekli enerjiyi sağlamıştır. Bu durumda da Şebeke sisteminden elde edilen toplam enerji miktarı mikrodenetleyici tarafından hesaplanmıştır. Enerji Şebekeden karŐılandığı sürece, mikrodenetleyici kartta bulunan kırmızı led yanacaktır.

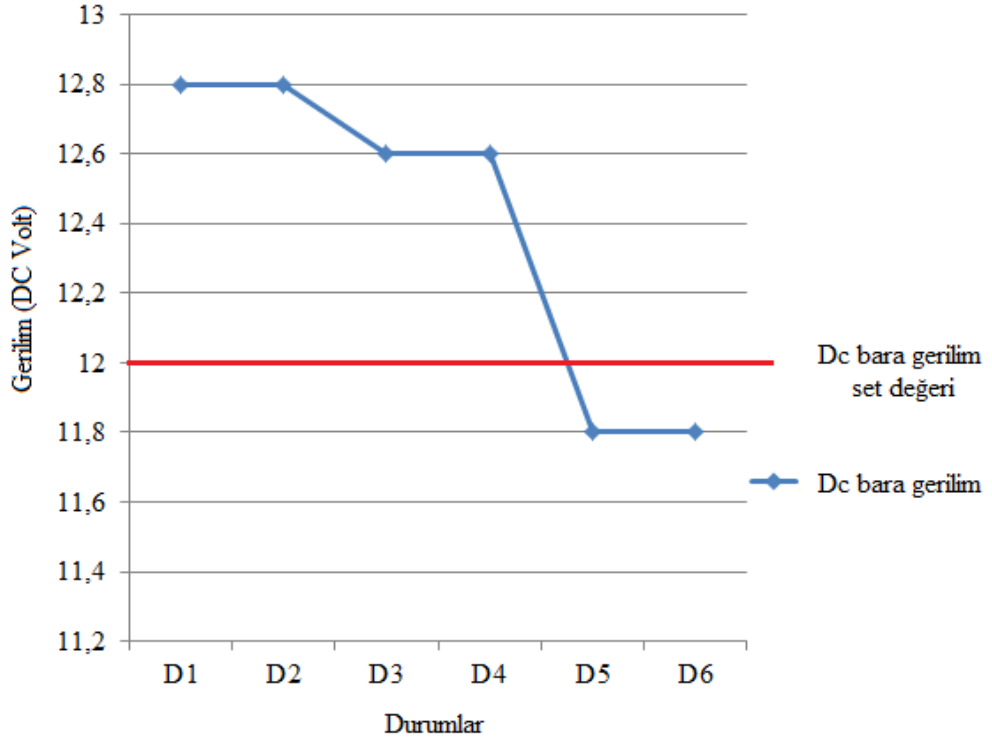
5.4.6.Durum 6

Durum 6'de ifade edilen koşullar sağlanarak yapılan çalışmada, oluşan gerilim değerleri izelge 5.11'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.11 Durum 6 'da oluşan elektriksel veriler

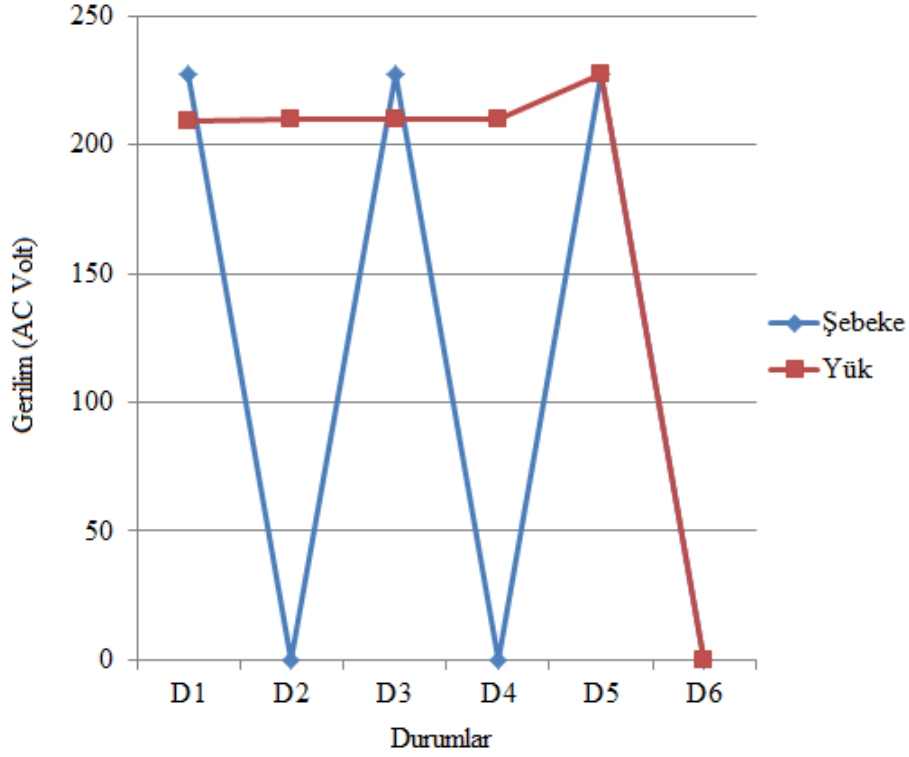
DC bara gerilimi V	Akü gerilimi V	Şebeke gerilimi V	Yük gerilimi V	Yük akımı A
11,8 V	11,7 V	0 V	0 V	0 A

Hiçbir kaynaktan yeterli enerji olmaması durumunda, sistemdeki lamba grubu enerjisiz kalacaktır. Fakat mikrodenetleyici devamlı olarak sistemlerin enerji durumları algılayarak, herhangi bir kaynaktan enerji algıladığında, röleyi kontrol ederek enerjinin sağlanmasını gerçekleŐtirecektir. Sistemde enerji olmadığı sürece mikrodenetleyici kartta bulunan turuncu led yanacaktır.



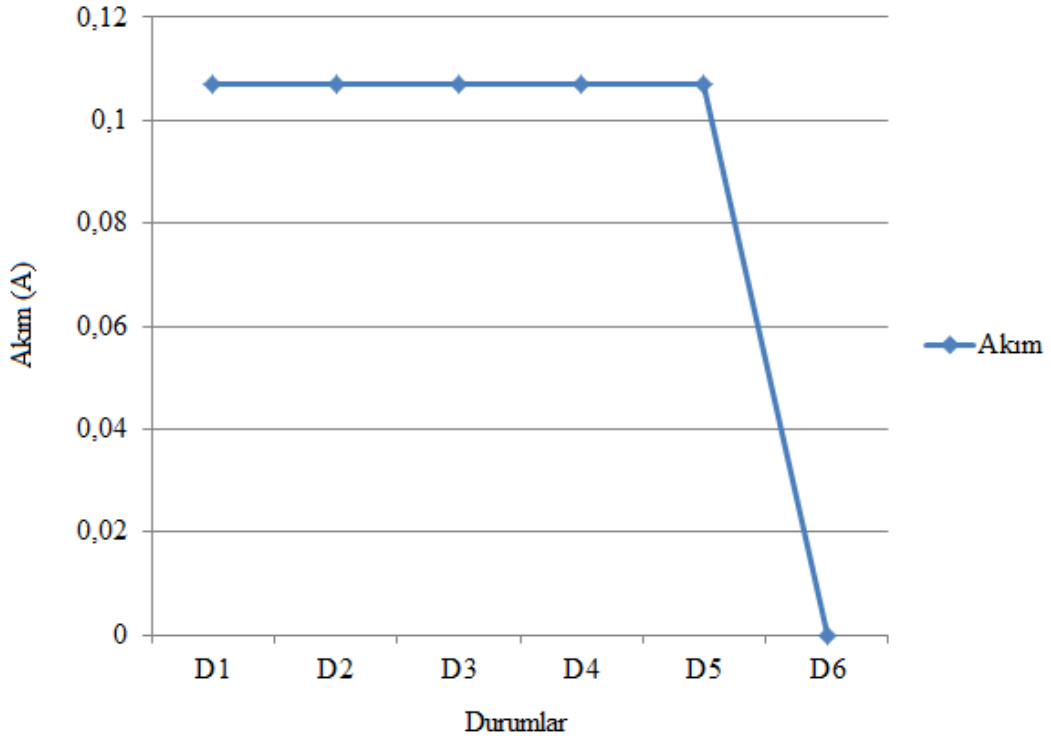
Şekil 5.14 Sistemde oluşabilecek enerji durumlarda DC bara gerilim değerleri

Şekil 5.14' te olası durumlarda DC bara gerilim değerleri grafiksel olarak gösterilmiştir. Grafikte de görüldüğü üzere bara gerilim değerlerinin, set gerilim değerinin üzerinde olduğu durumlarda enerji yenilenebilir enerji kaynaklarından, altında olduğu durumlarda ise şebeke enerjisinden karşılanmıştır.



Şekil 5.15 Sistemde oluşabilecek enerji durumlarda şebeke ve yük gerilim değerleri

Şekil 5.15' te olası durumlarda şebeke ve yük gerilimleri grafiksel olarak gösterilmiştir. İlk dört durumda yüke gerilim öncelikli olarak yenilenebilir enerji kaynaklarından, beşinci durumda ise şebekeden karşılanmıştır. Son durumda her iki enerji kaynağında da yeterli enerji olmadığından yüke gerilimi sağlanamamıştır.



Şekil 5.16 Sistemde oluşabilecek enerji durumlarda yük akımı değerleri

Şekil 5.16’ da olası durumlarda yükün çektiği akımın grafikte gösterilmiştir. Şekil 5.15’ te de ifade edildiği üzere ilk beş durumda yüke gerilim sağlandığından dolayı bir akım değeri ölçülmüştür.

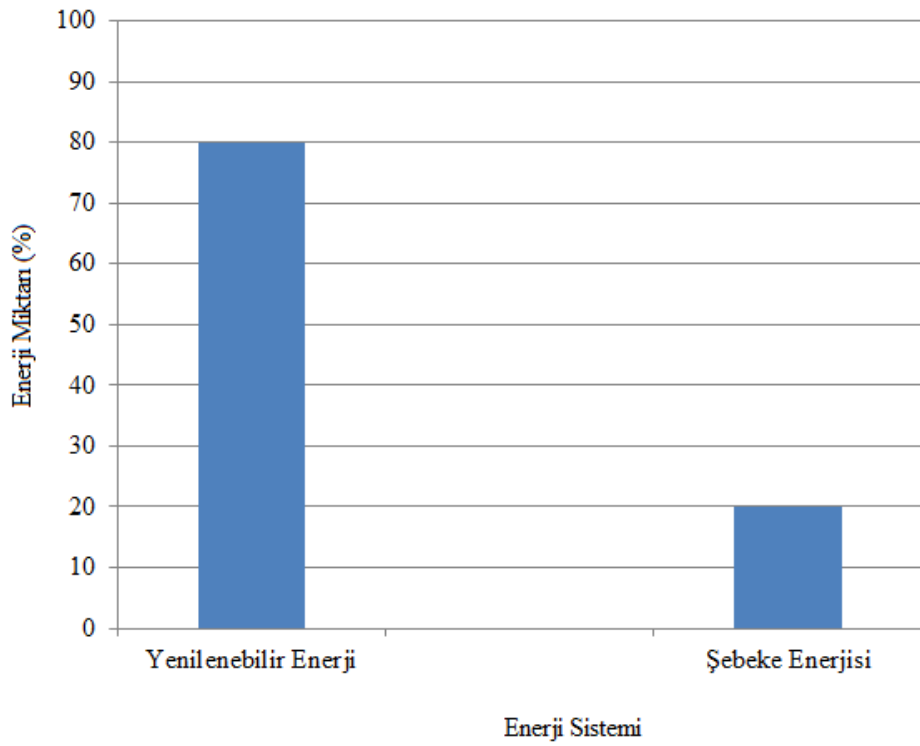
5.5.Sistem verilerinin elde edilmesi

Sistemde bulunan enerji kaynakla ait elektriksel verilerin takibi ve istatistiksel bilgilerin elde edilebilmesi için, anlık olarak bu parametrelerin kayıt altına alınabilmesi için seri port bağlantısıyla bilgisayar ekranına ve anlık olarak takibinin yapılabilmesi için ise devre kartı üzerindeki bir LCD display ile bağlantılı olarak çalışmaktadır. Sistemin bulunduğu yere erişimin zor olması ihtimalide göz önünde bulundurularak, mikrodenetleyici kontrolündeki bluetooth modülü ile elektriksel parametrelerin takibi anlık olarak, android tabanlı bir cep telefonu veya tablet bilgisayar ile uzaktan erişimi sağlanmıştır.

Enerji kullanımının sistemlere dağılımının tespiti amacıyla örnek bir süre, devre çalıştırılarak, seri port sistem bilgileri elde edilmiştir. Harcanan enerjinin, sistemlere göre dağılımı ve elektriksel veriler Çizelge 5.12’ de, enerji dağılımının grafiksel olarak gösterimi ise Şekil 5.17’ de verilmiştir.

Çizelge 5.12 Sistemden elde edilen elektriksel veriler

Yenilenebilir Enerji	Şebeke Enerjisi	Toplam Enerji	Yenilenebilir Enerji Oranı	Şebekeden Kullanılan Enerji Oranı	Şu anda Kullanılan Enerji
480WH	120 WH	600 WH	%80	%20	Yenilenebilir Enerji
Dc Bara Gerilimi	Akü Gerilimi	Şebeke Gerilimi	Yük Gerilimi	Yük Akımı	
12,6 V	12,5 V	227,37 V	209,42 V	0,107 A	



Şekil 5.17 Sistemde kullanılan enerji miktarı oranları

Elektriksel verilere bluetooth ile erişimi gerçekleştirilmiş olup, Şekil 5.18' de, android yazılım tabanlı bir akıllı telefon ile herhangi bir çalışma anında verilerin elde edilmesi gösterilmiştir.



Şekil 5.18 Elektriksel verilere bluetooth ile erişim

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yenilenebilir kaynakların popüler olmasıyla birlikte, enerjinin kullanıldığı yerde üretilmesi yaygınlaşmaktadır. Bu durum enerji iletim hatlarının yükünü azaltmakla beraber, mikro şebeke kavramını ortaya çıkarmıştır. Mikro şebekelerde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ön planda tutulmakla beraber, şebekeye olan gereksinim arka planda tutulmaktadır. Dolayısıyla yenilenebilir enerji potansiyeline göre bir yönetim sistemi düşünülerek, akıllı bir sistem oluşturulması enerji verimliliği açısından önem arz etmektedir.

Laboratuvar ortamında güneş, rüzgar, batarya ve şebeke enerjisi entegre edilerek kurulan örnek akıllı mikro şebeke sistemi çalıştırılmış olup, mikrodenetleyici tarafından enerji kaynaklarının sağladığı gerilim değerleri algılanmıştır. Mikrodenetleyici programı sayesinde bu gerilim değerleri derlenerek, öncelikli olarak yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji ihtiyacı karşılanmış olup, yenilenebilir kaynaklarda enerjinin olmaması durumunda ihtiyaç batarya, bunda mümkün olmadığı durumlarda ise şebeke enerjisi kullanılmıştır. Kaynakların herhangi birinde enerji olduğu sürece yüke enerji sağlanmıştır. Enerji kesintisinin istenmediği çalışma ortamlarında bu uygulamaların stabil olarak çalıştığı gözlemlenmiştir. Bunun yanında bu çalışmada enerji, mümkün mertebe yenilenebilir enerji kaynakları tarafından sağlandığı için ve şebeke enerjisi ise minimum seviyede kullanıldığından, ekonomik olarak bir kazanç sağlamıştır. Sistemdeki elektriksel verilerin çeşitli yöntemlerle takip edilmesi ile verimlilik, performans ve ekonomik kazancın oranı gibi konularda bilgi edinilmesi sağlanmıştır. Ayrıca bu verilerin sayesinde, sistemde olabilecek arızalar ve bağlantı hataları tespit edilerek gerekli tedbirlerin önceden alınması sağlanmıştır. Örneğin şebeke geriliminin izlenememesi, bir bağlantı hatasının olabilme ihtimalini göstermektedir. Uygulama devresinde anahtarlama elemanı olarak rölelerin kullanılması ile enerji kaynakları elektriksel olarak birbirinden izole edilerek, herhangi bir kaynakta oluşabilecek kısa devre veya arızadan diğer kaynakların etkilenmemesi sağlanmıştır. Bu sayede oluşabilecek arızalar sistem çalışmasını minimum seviyede etkileyecektir.

Mikro seviyede gerçekleştirilen bu uygulama devresi, çeşitli devre elemanları sayesinde makro şebekelerde de uygulanabilir hale gelebilmektedir. Makro şebeke uygulamalarında akım veya gerilim trafoları kullanılarak, yüksek seviyelerdeki akım ve gerilim değerleri, mikrodenetleyici tarafından algılanabilecek seviyelere dönüştürülebilir. Anahtarlama işlemleri ise, mikrodenetleyiciler tarafından kontrol edilebilen mosfet, ıgbt

veya triyak gibi yarı iletken devre elemanları ile yapılabilir. Bu devre elemanları ile röleler veya kontaktörler enerjilenecek, yüksek değerlerdeki akım ve gerilimler kontrol edilebilir.

Günümüzde klasik şebekelerin hantallığı ve arızalar açık olması nedeniyle, enerjinin müşterilere sunulmasında bazı aksaklıklara neden olmaktadır. Güneş panelleri ve rüzgar türbini sistemlerinin ve ekipman fiyatlarının, eskiye nazaran makul seviyede olmasıyla kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu akıllı enerji yönetiminin, yaygınlaşan kullanım alanlarına entegre edilmesiyle, klasik şebekelerin yükünde azalmaya neden olacağı, ekonomik olarak bir kazanç elde edileceği ve enerjinin sürekliliğinin sağlanacağı öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Adıyaman, Ç. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Politikaları. Yüksek Lisans Tezi. Niğde Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü. Niğde. 2s (2012).
- [2] Kocaman, B., Mikro Şebekeler İçin Örnek Bir Enerji Yönetimi Uygulaması, *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*. Sayı:3(1), (2014).
- [3] Efe, S.B., Mikro Şebekelerde Güç Akış Analizi. Doktora Tezi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Elazığ. (2014).
- [4] Dağ, B., Aydemir, M.T.,Nadar, A.Yerleşim Bölgeleri İçin Evirici Arayüzlü Hibrid Yenilenebilir Enerji Kaynakları İçeren Bir Mikro Ağ Felsefesi. II. Elektrik Tesisat Ulusal Kongresi Bildirileri, 24-27 Kasım 2011,İzmir,Türkiye.(2011).
- [5] Akdeniz,M.,Mikro Şebekelerde Geçici Durumların İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Bitlis.(2017).
- [6] Ersoy,D.,Rüzgar ve Güneş Enerjisi ile Enterkonnekte Şebeke Bağlantılı Bir Sistemde Optimal Yük Dağılımının Farklı Algoritmalarla İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kocaeli.(2015).
- [7] Ulutaş, H., Kırsal Tesisler İçin Hibrit (Rüzgar + Güneş) Sistem Tasarımı ve Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ordu. (2015).
- [8] Özcan,H.,Bir Hibrit Enerji Sisteminin Modellenmesi ve Analizi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul. (2009).
- [9] Umut,İ.,Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Elektrik Enerjisine Dönüştürmede Kullanılan Yöntemler ve Örnek Uygulamalar. Yüksek Lisans Tezi. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Edirne. (2008).
- [10] Kazdaloğlu, A., Ünlü, M., Öztürk, S.Orta Büyüklükte Bir İşletme İçin Güneş-Rüzgar Hibrit Enerji Santrali Uygulaması,IV.Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu,Kocaeli, (2009).
- [11] Çetin, E.,Fotovoltaik-Rüzgar-Yakıt Pili Hibrit Güç Sistemi İçin Bir Mikro Doğru Akım Dağıtım Şebekesi Tasarlanması, Uygulanması ve Analizi. Doktora Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İzmir. (2010).
- [12] Şeker, A. Yenilenebilir Enerji, Türkiyede Yenilenebilir Enerji Potansiyeli ve Yeşil Pazarlama ve Yenilenebilir Enerjinin Pazarlanması, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*. Sayı: 46. s.810(2016).
- [13] Karagöl, E.T., Kavas, İ. Dünyada ve Türkiyede Yenilenebilir Enerji, Analiz. Sayı: 197. s.7 (2017).
- [14] Öztürk, A.,Çelik, A. Dünya'da ve Türkiye'de Rüzgar Enerjisi Kullanım Durumu ve Geleceğe Yönelik Beklentiler, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. Sayı:37(2), s.267 (2006).

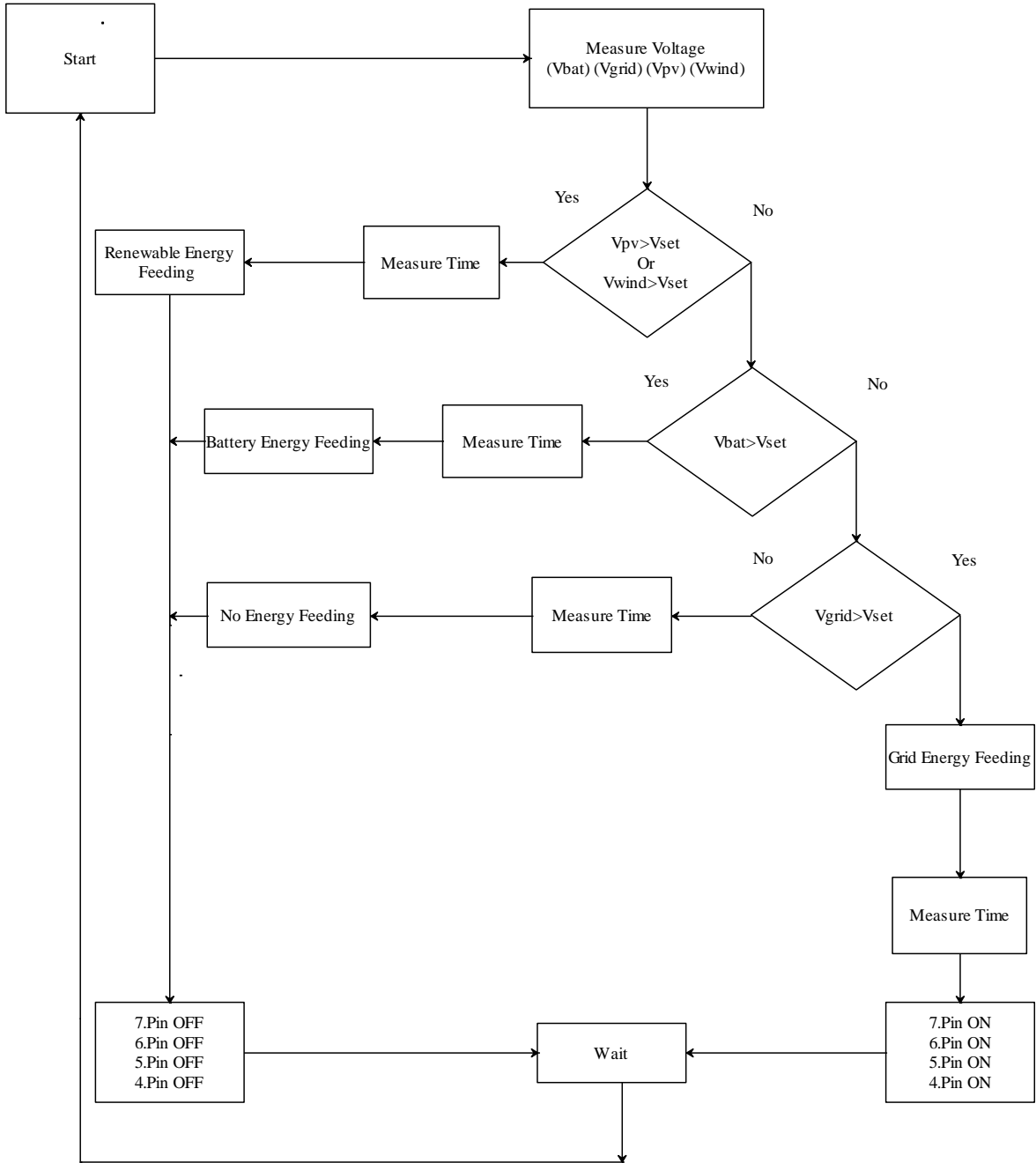
- [15] Yılmaz, M. Türkiye'nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi, *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*. Sayı:4(2), s.40 (2012).
- [16] ETKB, Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü, Strateji Geliştirme Başkanlığı. Sayı:15, s.15-19 (2017).
- [17] Karamanav, M.Güneş Enerji ve Güneş Pilleri. Yüksek Lisans Tezi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Sakarya.2s (2007).
- [18] http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx,2018(Erişim Tarihi: 12 Nisan 2018).
- [19] R. Çakmak, I.H. Altaş, Fotovoltaik Panellerle Güneş Enerjisinden Elektrik Üretiminin Dünü, Bugünü ve Yarını, Uluslararası Katılımlı Çevre Sempozyumu, Gümüşhane, Bildiriler Kitabı, s.244 (2013).
- [20] Nelson, J. 2003. The Physics of Solar Cells. Imperial College Press. ISBN: 1-86094-340-3,UK, 6s. (2003).
- [21] WEC, Dünya Enerji Konseyi, Türk Milli Komitesi. Dünya'da ve Türkiye'de Güneş Enerjisi. 44s. (2009).
- [22] MEGEP, Yenilenebilir Enerji Teknolojileri, Güneş Pillerinde Üretilen Doğru Akımın Temelleri. 5-8s.(2012).
- [23] Özçelik, M.A., Yılmaz A.S. PV Sistemlerde Farklı Işınım Değerlerinde Verimliliğin Artırılması, ELECO '2012 Elektrik - Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, 29 Kasım - 01 Aralık 2012, Bursa,812s. (2012).
- [24] Karaca, C. Güneş ve Rüzgâr Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretimi Sistemi Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Konya.45s (2012).
- [25] MEGEP, Yenilenebilir Enerji Teknolojileri, Sehpa Üzerine Panellerin Montajı. 6s.(2013).
- [26] <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx> (Erişim Tarihi: 12 Nisan 2018).
- [27] Gökyel, A.Ulusoy, D. Tarımsal Sulamada Güneş Enerjisi, *DSİ Teknik Bülteni*,122: 15 (2016).
- [28] Ergün, E. Tekstil İşletmelerinin Enerji Temininde Doğrusal Fresnel Güneş Güç Sistemlerinin Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi.Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İsparta.45s (2011).
- [29] <http://www.gunessistemleri.com/potansiyel.php> (Erişim Tarihi: 07 Mart 2018).
- [30] <http://www.unienerji.com/arsivler/370> (Erişim Tarihi: 14 Mart 2018).
- [31] Çolak, İ., Demirtaş.M. Rüzgar Enerjisinden Elektrik Üretiminin Türkiye'deki Gelişimi. *Tünav Bilim Dergisi*, 1 (2) : 59 (2008).

- [32] Gençoğlu, M.T.,Cebeci,M. Dünya’da ve Türkiye’de Rüzgar Enerjisi, Elazığ, Türkiye. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, 18-20 Ocak 2001, İzmir, Türkiye. s.76 (2001).
- [33] <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar> (Erişim Tarihi: 18 Nisan 2018).
- [34]<http://www.yenilenebilirenerji.org/ruzgar-enerjisinin-avantajlari-dezavantajlari> (Erişim Tarihi:20 Nisan 2018).
- [35] http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx (Erişim Tarihi: 14 Mart 2018).
- [36] http://habitatdernegi.org/tr/dl/yayin/TemizEnerjiYayinlari/Ruzgar_Enerjisi.pdf (Erişim Tarihi: 11 Nisan 2018).
- [37] <http://web.itu.edu.tr/~kaymak/windpower.html> (Erişim Tarihi: 05 Nisan 2018).
- [38] <https://www.muhendisbeyinler.net/yatay-eksenli-uc-kanatli-ruzgar-turbinleri/> (Erişim Tarihi: 08 Nisan 2018).
- [39] http://acikders.ankara.edu.tr/plunginfile.php/62126/mod_resource/content/0/10%20HF%20TA.pdf (Erişim Tarihi: 08 Nisan 2018).
- [40] Malkoç, Y., Rüzgar Enerjisi Kaynaklarımız. 2. URL (Erişim tarihi: 23.03.2018) http://www.emo.org.tr/ekler/5237d34f69ddac7_ek.pdf (2018).
- [41] Ültanır, M.Ö., 21. Yüzyıla Girenken Türkiye’nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi. Lebib Yalkın Yayınları.ISBN: 975-7249-59-9, İstanbul, 80s. (1998).
- [42] http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/REPA-duyuru_01.html (Erişim Tarihi: 10 Nisan 2018).
- [43] Kocaman, B., Yenilenebilir Enerji Kaynaklı Mikro şebekelerde Enerji Yönetimi. Doktora Tezi. Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.Kocaeli. 2-90s (2015).
- [44] <https://www.energy.gov/articles/how-microgrids-work> (Erişim Tarihi: 18 Nisan 2018).
- [45] <https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S1364032116002380-gr1.jpg> (Erişim Tarihi: 30 Nisan 2018).
- [46] Mutlu M.A. , Mikro şebekelerin Toprak Arızalarına Karşı Korunması. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.6s (2017).
- [47] Efe, S.B., Cebeci, M., Mikro şebekenin Farklı İşletme Koşulları Altında İncelenmesi.1. URL (Erişim tarihi: 23.04.2018) http://www.emo.org.tr/ekler/d6bffc467be6277_ek.pdf (2015)
- [48] Chowdhury, S., Chowdhury, S.P., Crossley,P. Microgrids and Active Distribution Networks. The Institution of Engineering and Technology. ISBN:978-1-84919-014-5,UK, 10s. (2009).
- [49] MEGEP, Denizcilik, Mikrodenetleyiciler 1 .6s.(2013).

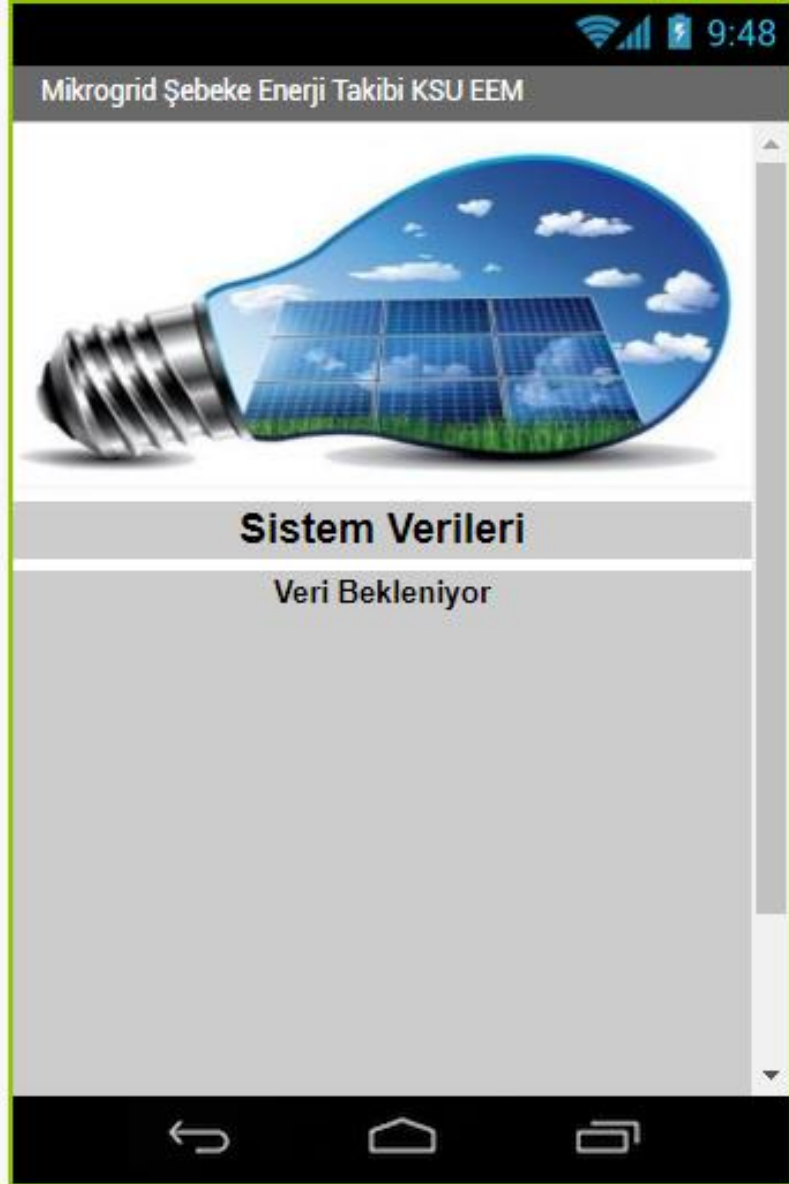
- [50] Kaya, A. Akıllı Teknoloji & Akıllı Yönetim. Mikro Denetleyici ve Yazılım Araçları ile Tarımsal Sulama Yönetimi (Editörler: Tecim, V., Tarhan, Ç., Aydın, C.). Gülermat Matbaacılık, İzmir, Türkiye. s.62 (2016).
- [51] https://www.chip.com.tr/haber/kablosuz-dunyaya-hazirlik_774.html (Erişim Tarihi: 02 Mayıs 2018).

EKLER

EK-1. Uygulama devresi akış şeması



EK-2. Bluetooth-Android yazılım tabanlı cihaz haberleşme arayüz programı



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : Ali UTMA
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 02.11.1976, Bahçe
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (505) 488 25 39
Faks : -
e-posta : a.utma@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	HKÜ /Eğitim Yönetimi ve Denetimi	2014
Lisans	KSÜ/ Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü	2015
Lisans	MÜTEF/ Elektrik Öğretmenliği Bölümü	1999
Lise	Kahramanmaraş Ç.E.Anadolu Lisesi	1994

İş Denevimi

Yıl	Yer	Görev
1999-2018	MEB	Teknik Öğretmen

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Utma, A., Özçelik, M.A., Yılmaz, A.S., The Design of A Smart Energy Management System for Microgrids, *International Journal of Energy and Smart Grid (IJESG)*, 2/2 pp:34-42 (2017).

Hobiler

Masa tenisi, Kitap okuma, Programlama