



TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

EEM TASARIMI RAPORU

**KONU: ENERJİ ÜRETİMİ İÇİN
RÜZGÂR TÜRBİNİ VE GÜNEŞ
PANELİ İÇEREN BİR SİSTEM
TASARIMI**

G160900006 Ramazan KAPLAN

G160900034 Harun ŞİRİN

G1609000036 Ferhat YILDIZ

Prof. Dr. İhsan PEHLİVAN

Aralık 2019

SAKARYA

ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ TASARIM ÇALIŞMASI ONAY FORMU

Ramazan KAPLAN, Harun ŞİRİN, Ferhat YILDIZ tarafından Prof. Dr. İhsan PEHLİVAN yönetiminde hazırlanan “ENERJİ ÜRETİMİ İÇİN RÜZGÂR TÜRBİNİ VE GÜNEŞ PANELİ İÇEREN BİR SİSTEM TASARIMI” başlıklı EEM Tasarım Çalışması (Elektrik Elektronik Mühendisliği Tasarımı) tarafımızdan kapsamı ve niteliği açısından incelenerek kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. İhsan PEHLİVAN

Jüri Üyesi 1 : Dr. Öğr. Üyesi Burak ARICIOĞLU

Jüri Üyesi 2 : Öğr. Gör. Ali Furkan KAMANLI

Bölüm Başkanı : Prof. Dr. İhsan PEHLİVAN

ÖNSÖZ

EEM Tasarım raporunun hazırlanma aşamasında bilgi birikimi, tecrübesi ve yardımlarını eksik etmeyen değerli danışman hocamız Prof. Dr. İhsan PEHLİVAN'a teşekkürlerimizi sunarız.

Bu çalışma süresince kıymetli vakitlerini ayırarak, deneyim ve bilgilerini aktararak yardımcı olan değerli arkadaşlarımıza teşekkürlerimizi sunarız.

Bölüm olanaklarının EEM Tasarım Çalışmalarında kullanılmasına izin verdiği için Bölüm başkanlığına, desteklerinden dolayı Teknoloji Fakültesi Dekanlığına ve Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Rektörlüğüne de teşekkürlerimizi sunarız.

Aralık 2019

Sakarya

Ramazan KAPLAN

Harun ŞİRİN

Ferhat YILDIZ

İÇİNDEKİLER

Elektrik Elektronik Mühendisliği Tasarımı Onay Formu.....	i
Önsöz	ii
İçindekiler.....	iii
Özet.....	vi
Summary.....	vii
Semboller ve Kısaltmalar Listesi.....	viii
Şekiller Listesi Tablolar Listesi.....	x
Tablolar Listesi.....	xiii
1.GİRİŞ	15
1.1. Genel Bilgiler	15
1.2. Literatür Araştırması	15
1.3. Özgünlük	17
1.4. Yaygın Etki	18
1.5. Standartlar	18
1.6. Çalışma Takvimi.....	20
2.TEORİK ALTYAPI.....	21
2.1. Genel Bilgiler	21
2.2. Türkiye’de Rüzgâr ve Güneş Enerjisinin Durumu.....	22
2.3. Güneş Santrallerinin Güç Kalitesi Problemleri	24
2.4. Güneş Pilleri	24
2.5. Fotovoltaik piller	25
2.6. FV Eşdeğer Devre Modelleri.....	26
2.7. Güneş Pili Güç Verimlilikleri	29
2.8. Maksimum Güç Noktası İzleme.....	29
2.9. Sıcaklığın etkisi	30
2.10. Sistem Verimliliği.....	30
2.11. Güneş Pili Çalışma Prensipleri ve Karakteristiği	32
2.12. Güneş Pili Çeşitleri	32
2.12.1. Kristal Silisyum Güneş Pilleri	33
2.12.2. Monokristal Silisyum Güneş Pilleri.....	33
2.12.3. Semikristal (Yarıkristal) Silisyum Güneş Pilleri	33
2.12.4. Ribbon Silisyum Güneş Pilleri.....	33
2.12.5. Polikristal Silisyum Güneş Pilleri	33

2.12.6. İnce Film Güneş Pilleri	33
2.12.7. Amorf Silisyum Güneş Pilleri	34
2.13. Fotovoltaik Güç Sistemlerinde Verimliliği Etkileyen parametreler	34
2.13.1. Güneş Takip Sistemi	35
2.13.2. Kullanılan Kontrol Yöntemine Göre Güneş Takip Sistemleri	36
2.14. Rüzgâr Türbinleri	37
2.15. Rüzgâr Türbinlerinin Sınıflandırılması	37
2.15.1. Yatay eksenli rüzgâr türbinleri	39
2.15.2. Dikey Eksenli Rüzgâr Türbinleri	40
2.16. Yatay Eksenli Rüzgâr Türbinlerinin Ana Elemanları	40
2.16.1. Kule	41
2.16.2. Kule Uzunluğunun Seçimi	41
2.16.3. Rotor Kanatları	42
2.16.4. Dişli Kutusu	42
2.16.5. Jeneratör	42
2.16.6. Rüzgâr Türbinlerinde YAW (yön saptırma) Mekanizması	43
2.16.7. Kablonun Kıvrılmasını Önleyici Sistem	44
2.16.8. Jeneratörü Başlatma ve Durdurma	44
2.16.9. Derece Kontrollü Türbinler	44
2.16.10. Bağımsız Çalışan Akü Şarj Eden Sistemler	45
2.16.11. Rüzgâr Türbinlerinin Dağıtım Şebekesine Bağlantısı	45
2.16.12. Rüzgâr Türbinleri İletim Şebekesine Bağlantısı	45
2.16.13. Şebeke Üzerindeki Bozucu Etkiler	46
2.17. Hibrit Sistemler	46
2.18. Kontrol Kartları	46
2.18.1. ARDUİNO MEGA	47
2.18.2. ARDUİNO UNO	47
2.19. Trafo	48
2.20 AC/DC Dönüştürücü	49
2.21. Düşüren (Buck) Konverter Model	49
2.22. Yükselten (Boost) Konverter Modeli	54
2.23. Akü Grubu	57
3. TASARIM	57
3.1. Kavramsal tasarım	57
3.1.1. ARDUİNO UNO Güneş Takip Sistemi Tasarımı	58

3.1.2. Çözüm Yolları	58
3.1.3. Oluşturulan Çözüm Yolu.....	59
3.1.4. Sonuç.....	59
3.2. Sistem Tasarımı	59
3.2.1. Güneş takip sistemi Mekanik tasarım	59
3.3. Yazılım Tasarımı.....	63
3.3.1. Tasarım.....	66
3.3.2. Çalışma Mantığı.....	66
3.3.3. Kullanılan Malzemeler.....	66
3.3.4. Devre Şeması.....	67
3.4. Elektriksel Tasarım	67
3.4.1. DC/DC Konvertör Çevirici Tasarımı	67
3.5. Hesaplamalar.....	67
3.6. Maliyet Tablosu	76
4. SİMÜLASYON ÇALIŞMALARI.....	78
4.1. Güneş Paneli Simülasyon	78
4.1.1. Blok diyagramlarının çizilmesi.....	80
4.1.2. Elde Edilen Grafikler.....	82
4.2. Sistemin yazılımı.....	84
4.2.1. Ana ARDUİNO Yazılımı	86
4.2.2. Ana Yazılım Kodları.....	89
4.3. BUCK Konverter simülasyonu	98
4.3.1. Matlab/Simulink diyagramları	98
5. SONUÇLAR	100
5.1 GENEL AÇIKLAMALAR.....	100
5.2 SİMÜLASYON SONUÇLARI	101
5.3 DEĞERLENDİRMELER.....	102
KAYNAKLAR	103
EKLER.....	105
EK – 1 STANDARTLAR VE KISITLAR	106
1. Çalışmanın amacını özetleyiniz.	106
2. Çalışmanın tasarım boyutunu açıklayınız.....	106
3. Bu çalışmada bir mühendislik problemini kendiniz formüle edip, çözdünüz mü? ..	107
4. Çalışmada kullandığınız yöntemler nelerdir ve önceki derslerde edindiğiniz hangi bilgi ve becerileri kullandınız? Açıklayınız.	108

5. Kullandığınız veya dikkate aldığınız mühendislik standartları nelerdir?	108
6. Kullandığınız veya dikkate aldığınız gerçekçi kısıtlar nelerdir? Lütfen çalışmanıza uygun yanıtlarla doldurunuz.	109
EK – 2 IEEE ETİK KURALLARI	111
ÖZGEÇMİŞLER	114
3.1 RAMAZAN KAPLAN.....	114
3.2 HARUN ŞİRİN.....	114
3.3 FERHAT YILDIZ.....	114

ÖZET

Fosil yakıtların azalması ve yetersiz kalması günümüzde artan enerji ihtiyacını karşılamada yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırılmasını ve kullanılmasını

hızlandırmıştır. Ayrıca fosil yakıtların kullanımı çevreyi de olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle araştırmalarda öne çıkan başlıca yenilenebilir enerji kaynakları güneş ve rüzgârdır.

EEM tasarım raporunda yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş ve rüzgâr hakkında teorik bilgiler anlatılmış olup, bu iki kaynağın birleşiminden elde edilen şebekeden bağımsız bir güneş-rüzgâr hibrit sistemi tasarlanıp MATLAB/Simulink’de modellenmiş ve elde edilen sonuçlar incelenmiştir.

EEM Tasarım raporunda AURDUINO kullanılmış olup hibrit sistemin kontrolü ve elde edilen gerilim, akım, rüzgâr hızı gibi değerlerin görülmesi amaçlanmıştır.

Ülkemizin genelinde güneş enerjisi potansiyeli, belirli bölgelerde de rüzgâr enerjisi potansiyeli oldukça yüksektir. Bu kaynaklar atmosferik şartlara bağlı olduğu için üretilen enerji miktarı değişkendir. Bu nedenle ülkemizin tüm enerji ihtiyacının yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması mümkün değildir. Ancak yenilenebilir enerji kaynakları ile üretilen enerji miktarının toplam enerji üretimi içindeki payının artırılması çok önemlidir.

Hibrit sistemlerde enerji sürekliliğini sağlama imkânı tekil sistemlere göre daha fazladır. Özellikle şebekeden uzak noktalarda, şebekeye bağlantı maliyeti göz önüne alındığında ya da doğa şartları gereği şebeke bağlantısının zorluğundan dolayı bu sistemlerin kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır.

SUMMARY

The decrease and insufficient of fossil fuels has accelerated the research and use of renewable energy sources in order to meet the increasing energy demand. In

addition, the use of fossil fuels also adversely affects the environment. Therefore, solar and wind are the main renewable energy sources.

In this study, the theoretical information about the renewable energy source of solar and wind is explained, a grid independent solar-wind hybrid system is designed by combining these two sources and modeled in MATLAB / Simulink and the results obtained are examined.

In this design, AURDUİNO is used and it is aimed to control the hybrid system and to see the obtained voltage, current and wind speed. Solar energy potential is high in our country and wind energy potential in certain regions is quite high. Since these sources depend on atmospheric conditions, the amount of energy produced is variable. Therefore, it is not possible to meet all of our country's energy needs from renewable energy sources. However, it is very important to increase the share of energy produced by renewable energy sources in total energy production.

Hybrid systems are more likely to provide energy continuity than single systems. Especially in remote locations, the use of these systems has become widespread, considering the cost of connection to the network or because of the difficulty of network connection due to natural conditions.

SEMBOLLER VE KISALTMALAR LİSTESİ

FV: Fotovoltaik Pil
DJ: Dizel Jeneratör
kWh: *Kilowatt*/*saat*
\$: Dolar para birimi
RT: Rüzgâr türbini
AA(AC): Alternatif akım(alternatife current)
DA(DC): Doğru akım(direct current)
MW: Megawatt
kW: Kilowatt
W: Watt
EPDK: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
eV: Elektro volt
P:Güç
P(kavşak olan): Pozitif bölge
N(kavşak olan): Negatif bölge
e: elektron
 cm^2 : Santimetre kare
 $I_S =$ Doyum akımı I_L
hf: foton enerjisi
 R_S : Seri direnç
 R_P : Paralel direnç
 I_{pv} : Fotoakım
k: Boltzmann sabiti
 N_S : Seri hücre sayısı
 N_P : Paralel hücre sayısı
 V_{OC} : Açık devre gerilimi
K: Kelvin
 E_{g0} : Yarı iletkenin bant aralığı
Ah: Amper/Saat
 T_s : Anahtarlama sinyali periyodu

kV: Kilovolt

p: kutup sayısı

G_T : Panel yüzeyine düşen toplam ışınım

G_B : Difüz ışınım

G_d : Panel kısa devre akımı

G_t : Yerin yansıma katsayısı

R_u : Yerin yansıma katsayısı

f: frekans

μp : Sıcaklığa bağımlılık katsayısı

Fsky: Panel görüş faktörü

V_t : Sıcaklık gerilimi

V_d : Diyot gerilimi

A: Panel kalite güç faktörü

θ : Geliş açısı

q: Elektron yükü

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. 2000-2018 Yılları Arasında kurulmuş Fotovoltaik Santral Kapasitesinin Kıtalaraya göre Dağılımı.....	21
Şekil 2. 2001-2016 Yılları Arası Kurulu Küresel Rüzgâr Gücü	22
Şekil 3. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli.....	23
Şekil 4. Türkiye’de rüzgâr enerjisi potansiyeli	23
Şekil 5. Fotovoltaik Pilin Yapısı	25
Şekil 6. Fotovoltaik Piller, paneller ve diziler.....	26
Şekil 7. FV eşdeğer devre modeli(genel model).....	26
Şekil 8. FV eşdeğer devre modelleri.....	28
Şekil 9. Güneş panelinde rapor edilmiş en yüksek verimlilikler	29
Şekil 10. MGN değişimi	30
Şekil 11. Performans oranı tanımlamaları.....	32
Şekil 12. Güneş pili çalışma prensibi.....	32
Şekil 13. FV panel garanti süreleri.....	34
Şekil 14. Çift eksenli güneş paneli	35
Şekil 15. Güneş takipli solar panel.....	36
Şekil 16. İki eksenli güneş paneli.....	36
Şekil 17. Rüzgâr Enerji Sistemi Blok Şeması.....	37
Şekil 18. Rüzgâr türbin tipleri ve kullanım alanları.....	38
Şekil 19. Rüzgârı Önden ve Arkadan Alan Yatay Eksenli Türbin Tasarımları	39
Şekil 20. Düşey Eksenli Rüzgâr Türbini.....	40
Şekil 21. Yatay Eksenli Rüzgâr Türbinlerinin Ana Elemanları.....	41
Şekil 22. Rotor Kanatları.....	42
Şekil 23. Dişli Kutusu	42
Şekil 24. YAW (yön saptırma) Mekanizması.....	44
Şekil 25. ARDUİNO MEGA ve ARDUİNO UNO	46
Şekil 26. Trafo örneği	48
Şekil 27. 100-240V girişli AC/DC dönüştürücü.....	49
Şekil 28. Düşüren (buck) konverterin eşdeğer devresi	50
Şekil 29. a) Yarı iletken anahtar iletimde iken devre şeması b) Anahtar kesimde iken devre şeması.....	50

Şekil 30. İndüktans gerilimi	52
Şekil 31. İndüktans gerilimi b) İndüktans akımı c) Kapasite akım d) Yarı iletken anahtar e) Diyot akımı.....	53
Şekil 32. Yükselten (Boost) konverterin eşdeğer devresi	54
Şekil 33 a) Yarı iletken anahtar iletimde iken devre şeması b) Anahtar kesimde iken devre şeması	54
Şekil 34. indüktans gerilimi	55
Şekil 35. a) İndüktans gerilimi b) İndüktans akımı c) Kapasite gerilimi d) Kapasite akımı.....	56
Şekil 36. Kavramsal Tasarım Tüm Fonksiyon Şeması	58
Şekil 37. Oluşturulabilecek kombinasyonlar	58
Şekil 38. Kavramsal Tasarım Çözüm Yollarının Oluşturulması	59
Şekil 39. Güneş paneli.....	59
Şekil 40. Güneş Paneli Boyutsal Özellikleri	60
Şekil 41. Kullanılacak Kontrol Kartı	60
Şekil 42. Kullanılacak Motor Sürücü.....	61
Şekil 43. Kullanılacak Servo motor	61
Şekil 44. Kullanılacak Tasarım	62
Şekil 45. Panelin üstüne yerleştireceği hareketli kısım.....	62
Şekil 46. Çark.....	62
Şekil 47. Güneş takip sistemi Akış diyagramı	63
Şekil 48. Güneş Paneli Kontrol Akış Diyagramı	64
Şekil 49. Rüzgâr Türbini Kontrol Akış Şeması	65
Şekil 50. Akü Kontrol Sistemi Akış Diyagramı.....	65
Şekil 51. Güneş Takip şeması	67
Şekil 52. Bazı kısaltmalar ve sabit sayılar	79
Şekil 53. Fotoakım blok diyagramı.....	80
Şekil 54. Doyum akımı blok diyagramı	80
Şekil 55. Ters doyum akımı blok diyagramı.....	81
Şekil 56. Şönt direnç akımı blok diyagramı.....	81
Şekil 57. Çıkış akımı blok diyagramı.....	82
Şekil 58. Grafik çizimi için girilen değerler.....	82
Şekil 59. P-V Grafiği	83

Şekil 60. IV Grafiği.....	83
Şekil 61. Display ekranında maksimum değerler	84
Şekil 62. Ana menü Proteus çizimi.....	87
Şekil 63. Rüzgar paneli Display Proteus çizimi.....	88
Şekil 64. Akü paneli display Proteus çizimi	88
Şekil 65. Güneş Paneli Display Proteus çizimi.....	89
Şekil 66. BUCK konvertör modellemesi	98
Şekil 67. Giriş voltajının display gösterimi	99
Şekil 68. Çıkış voltajının display gösterimi	99
Şekil 69. Simülasyon sonucu değerlendirmesi 1	101
Şekil 70. Simülasyon sonucu değerlendirmesi 2	101
Şekil 71. Simülasyon sonucu değerlendirmesi 3	101

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1. İş Paketlerinin haftalara göre oluşturulması	20
Tablo 2. Jeneratörlerde kutup sayısı ile devir sayısı arasındaki ilişki.....	43
Tablo 3. Tasarım özellikleri	63
Tablo 4. Kullanılan güneş panelinin etiket değerleri	79
Tablo 5. Maliyet hesabı.....	77
Tablo 6. EK-1 TABLO	110

1.GİRİŞ

1.1. Genel Bilgiler

Fotovoltaik güneş panellerinin ve küçük rüzgâr türbinlerinin iklim koşullarına göre elektrik enerjisi üretimi değişir. Bu yüzden tek başlarına çok zengin bir enerji üretim kaynağı değildirler. Sistemleri birleştirme (rüzgâr ve güneş) daha çok elektrik enerjisi üretiminde etkilidir. Bu çözüme "Hibrit sistem" denir. Birçok yenilenebilir enerji uzmanlarına göre, küçük bir "hibrit" elektrik sistemi rüzgâr veya fotovoltaik güneş teknolojilerini birleştirir ya da tek sistem üzerinden kullanarak pek çok avantaj sunar. Güneş ışınlarının en kuvvetli ve parlak olduğu yaz aylarında rüzgâr hızı düşüktür. Daha az güneş enerjisinin bulunduğu kış aylarında ise rüzgâr hızı yüksektir. Rüzgâr ve güneş enerjisi sistemlerinde verimli enerji üretimi, günün ve yılın değişik zamanlarında farklılık gösterir. Diğer bir deyişle rüzgâr hızının yetersiz veya verimsiz olduğu günlerde alternatif olarak güneş enerjisinden istifade edilebilir. Böylece sistemde enerji üretiminin devamlılığı sağlanmış olur.

Hibrit “rüzgâr ve güneş enerjisi” sistemlerin olumsuz tarafı ise; güneş panelleri veya rüzgâr türbinlerinin tekil kullanıldığı sistemlerin maliyetinden biraz daha fazla olmasıdır. Fakat aradaki bu fark çok azdır, çünkü kullanılan bileşenler rüzgâr ve güneş enerjisi sistemleriyle (Pil, İnverter, kontrol ve güvenlik birimleri gibi temel bileşenler) aynıdır.

1.2. Literatür Araştırması

Bhattacharya Bangladeş'teki bir köyün enerji ihtiyacını karşılayacak şebekeden bağımsız sisten tasarımını ele almış ve en iyi hibrit sistem kombinasyonunu elde eden bir yazılım geliştirmiştir. Bu çalışmada geliştirilen yazılım tek amaçlı bir optimizasyon ile sadece sistem bileşenlerinin sayısını en az kurulum maliyeti verecek şekilde belirlemiştir.[1]

Bir başka çalışmada Adaromola ve arkadaşları, FV-dizel jeneratör-akülerden oluşan hibrit bir sistemin sayı ve anma gücü bakımından farklı kombinasyonlarını kullanarak Nijerya'daki kırsal ve yarı kırsal alanlarda sadece DJ ile yapılan enerji

üretimini birim maliyetini uygun kombinasyon ile 0,42 \$/kWh'dan 0,35 \$/kWh' düşürmüştür. Saatlik bazda 0,07 \$/kWh'lık bir tasarruf sağlamıştır.[2]

Düzce ilinde bir konutun elektrik enerjisinin karşılanması konusunda Biberoglu ve Pala tarafından yapılan çalışmada Düzce ili Konuralp Mahallesi'nde bulunan bir konutun elektrik tüketim maliyeti, şebekeye bağlı bir FV sistem kurulumu yapıldıktan sonraki enerji tüketim maliyetiyle karşılaştırılması ele alınmıştır.[3]

Kaviani ve arkadaşları, Parçacık Sürüsü Optimizasyonu yöntemini kullanarak, kuzeybatı İran Ardebil şehrinde, 20 yıllık kullanım süresinde hibrit RT-FV sisteminin oluşturulması, değişimi, işletim ve bakım maliyetlerini içerecek en uygun sistem optimizasyonu çalışmasını yapmıştır.[4]

Raipur, tarafından yapılan çalışmada, yıl boyunca akü enerjisinin bitmeyeceği şekilde RT ve FV panellerden oluşturulacak bir sistemde en uygun oranda RT, FV panel ve akü kullanımı Matlab/Simulink ortamında tasarlanmıştır.[5]

Nelson ve arkadaşları, Matlab yazılımından yararlanarak kuzeybatı Pasifik bölgesinde yerleşim yerine uzak mesafede elektrik şebekesi olmayan bir ev için birim ölçülendirme ve fiyat analizi çalışması yapmıştır.[6]

Nehir ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, güney Montana merkezinde yerleşim alanına uzak mesafede bulunan bir yerleşim yerinin enerji ihtiyacını karşılayacak uygun RT ve FV sistem, bünyesinde bulunan bileşenlerin matematiksel modelleri oluşturularak Matlab/Simulink ortamında tasarlanmıştır.[7]

Alkan ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, Düzce şartlarında bir evin elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayacak güce sahip bir FV sistemin tasarımı ve uygulaması yapılmıştır. Uygulama şebekeden bağımsız ve güneş takip eden (tracking) sistem olarak gerçekleştirilmiştir. Sistemin kurulu gücü yaklaşık 2.5 kW olarak tasarlanmıştır. Yapılan bu çalışma ile hem yenilenebilir enerji ile beslenen bir konut için elektriksel olarak projelendirme hem de matematiksel analiz ve fizibilite ortaya konulmuştur.[8]

1.3. Özgünlük

Bu EEM Tasarım çalışmasının konusu olan uygulamanın temelini rüzgâr ve güneşten oluşan hibrit sistemin kontrolü ve analizi oluşturmaktadır. Daha önceden seçilen bir yere yerleştirilen rüzgâr türbini ve güneş panelinin enerji üretmesi amaçlanmaktadır.

Rüzgâr türbininden elde edilen AC enerji bir (AC/DC) dönüştürücü DC olarak çıkış alınacaktır. Aynı şekilde fotovoltaik pilin çıkışından DC enerji elde edilecektir.

Elde edilen DC enerjiler ortak bir aküde birleştirilip akü çıkışına bir yükselteç ve DC/AC dönüştürücü bağlanacaktır. Enerji elde edilmesi bu şekildedir. Önceden yazılan kodlar sayesinde güneş paneli güneş takip eder şekilde çift eksenli olarak hareket edecektir. Bu kodlar aynı zamanda rüzgâr hızı, elde edilen enerji miktarlarını, akımları ve gerilimleri gösterecektir. Bu EEM Tasarım çalışmasının konusu olan uygulamanın temelini rüzgâr ve güneşten oluşan hibrit sistemin kontrolü ve analizi oluşturmaktadır. Daha önceden seçilen bir yere yerleştirilen rüzgâr türbini ve güneş panelinin enerji üretmesi amaçlanmaktadır.

Rüzgâr türbininden elde edilen AC enerji bir (AC/DC) dönüştürücü DC olarak çıkış alınacaktır. Aynı şekilde fotovoltaik pilin çıkışından DC enerji elde edilecektir.

Elde edilen DC enerjiler ortak bir aküde birleştirilip akü çıkışına bir yükselteç ve DC/AC dönüştürücü bağlanacaktır. Enerji elde edilmesi bu şekildedir. Önceden yazılan kodlar sayesinde güneş paneli güneş takip eder şekilde çift eksenli olarak hareket edecektir. Bu kodlar aynı zamanda rüzgâr hızı, elde edilen enerji miktarlarını, akımları ve gerilimleri gösterecektir. Türbinin bıçak uzunluğu(70cm) olacaktır. Rüzgar türbini anma gerilimi 12/24 V olacaktır ve anma gücü 100 W olacaktır. Güneş paneli maksimum 100 watt üretecektir. Bize gelecek olan enerji 220 V AC enerji olacaktır. Güneş paneli x-y ve z-y ekseninde hareket sağlayacaktır. Güneşi ışınlarını 90° alacak şekilde takip edecektir. Panel ve türbinden beklediğimiz maksimum DC volt 40 voltur. LCD ekran 20x4 boyutlarında olacaktır. Çıkış değerleri 220V 3A olacaktır. Kontrol kartı olarak ARDUINO UNO ve ARDUINO MEGA kullanılacaktır. ARDUINO UNO güneş takip sisteminde kullanılacaktır. ARDUINO MEGA tüm sistem kontrolü için kullanılacaktır. Ayrıca ARDUINO UNO nun açma kapama işlemin de ARDUINO MEGA yapacaktır. Sistem kontrolü için panelde 3 buton bulunacaktır. Bu butonlar sırasıyla “OK” seçmek ve değiştirmek

için “AŞAĞI” seçim yapacak oku ekranda hareket ettirmek için. “GERİ” sistemden ilgili yerden çıkmak için kullanılacaktır. Sistemde güneş paneli, rüzgar türbini ve akü den gerilim ve akım değerleri okunacaktır. Bunun yanında rüzgar türbini hız kontrolü, güneş paneli ve sıcaklık kontrolü sağlanacaktır. Bu sistemler ana kontrol kartından röle vasıtasıyla manuel olarak kapatılıp açılabilir.

1.4. Yaygın Etki

- Tasarım tamamlandığı zaman küçük veya büyük çaplı işletmelerde, rüzgâr ve güneş potansiyeli uygun her bölgede temiz enerji alanında başarılı olacaktır.
- Hızla tükenmekte olan fosil yakıtlarımızın yerine, çevremize ve ekonomimize önemli ölçüde yararlı olabilecek bir proje geliştirilecektir.
- Mikroişlemciler ile güneş paneli ve rüzgâr türbininden elektrik üreten hibrit sistemin kontrolünün uygulanabilir olması dikkat çekecektir.
- Küresel olarak elektrik üretim santrallerine olan ihtiyacı azaltacağı için daha az kirliliğe sebebiyet verecektir.
- Enerji üretimi için nükleer reaktörlere bağımlılık büyük oranda azalacaktır.

1.5. Standartlar

Sistem oluşturulurken belgelendirilmesi ve standartlara uygun olması önemlidir. Yapılan projelerdeki ilgili kuruluşlar tarafından bu standartlara dikkat edilmektedir. Projelerin standartlar çerçevesinde yetkili kurullar tarafından kabul edilmesi için, akredite bir test belgelendirme kuruluşu tarafından projenin test edilmesi gerekir. Rüzgar türbinleri ile ilgili uluslararası standartlar International Electrotechnical Commission’ın Technical Committee 88 tarafından 1988’den beri derlenmektedir. Technical Committee 88’in; standartları, teknik raporları ve teknik spesifikasyonları oluşturan veya revize eden çalışma grupları, proje takımları ve güncelleştirme takımları vardır. Güneş paneli ve Rüzgar türbini ile ilgili gerekli standartlar aşağıda verilmiştir.

TS EN 61400-1 : Rüzgar türbinleri tasarım kuralları hakkındaki standartlardır.

TS EN 61400-2 : Rüzgar türbinleri jeneratör sistemleri küçük rüzgar türbinlerinin güvenliği hakkındaki standartlardır.

TS EN 61400-12 : Rüzgar türbinleri üreteç sistemleri, rüzgar türbini güç performans deneyi hakkındaki standartlardır.

IEC 61400-22 : Uygunluk testi ve sertifikasyonu standartlıdır.

EN 61730 : Güneş paneli ile ilgili bu standart ise, fotovoltaik modüllerin tahmini çalışma süresince elektriksel ve mekanik çalışma güvenliğini sağlamak için gereken şartları tanımlar. Mekanik ve çevre etkilerinden kaynaklanan elektriksel şokların, yangın tehlikesi ve kişisel yaralanmaların önlenmesini değerlendirmek için verilmiştir.

TS EN 61683 : Fotovoltaik sistemleri, güç şartlandırıcılar ve verim ölçme prosedürü ile ilgili standarttır.

TS 12690 : Güneş enerjisi sistemleri için kurallarla ilgili standarttır.

TS EN 60904-1 : Fotovoltaik akım, gerilim karakteristiklerinin ölçülmesi ile ilgili standarttır.

5627 Sayılı Enerji Verimliliği

5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi

3096 Sayılı Türkiye Elektrik Kurumu Dışındaki Kuruluşların Elektrik Üretimi, İletimi,

6446 Elektrik Piyasası

Dağıtım Ve Ticareti İle Görevlendirilmesi Hakkında

Enerji Kaynakları ve Enerji Kullanımında Verimliliğinin Arttırılması Yönetmeliği

Elektrik Motorlarının Değişimi Konusundaki Yönetmelik

Bina Enerji Performans Yönetmeliği

Eurovent Standartları

BAT-Best Available Techniques

IE Elektrik Motorları Standardı

5909 Sayılı Çevre Standartları

1.6. Çalışma Takvimi

İş Paketleri/Haftalar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
İş Paketi 1	X	X											
İş Paketi 2			X	X	X								
İş Paketi 3					X	X	X			X	X		
İş Paketi 4							X	X	X	X	X		
İş Paketi 5					X	X	X	X	X	X			
İş Paketi 6				X			X			X			
İş Paketi 7											X	X	X

Tablo 1. İş Paketlerinin haftalara göre oluşturulması

İş Paketi 1: Konu araştırması ve konu içilmesi

İş Paketi 2: Konu hakkında araştırma yapılması. Literatür taraması yardımcı olabilecek tezlerin/makalelerin bulunması

İş Paketi 3: Fotovoltaik pil hakkında teorik araştırmalar yapılması, simülasyon çalışmalarının yapılması

İş Paketi 4: Rüzgâr türbini hakkında teorik araştırmalar yapılması, simülasyon ve hesapların yapılması

İş Paketi 5: Yazılım yazılmaya başlanması

İş Paketi 6: Raporun teslim edilmesi verilmesi

İş Paketi 7: Tasarımın Word programına yazılması ve düzenlenmesi

2.TEORİK ALTYAPI

2.1. Genel Bilgiler

Günümüzde yenilenebilir enerji kaynakları, enerji üretilmesinde temiz ve ucuz bir alternatif olarak tercih edilmektedir. Birçok yenilenebilir enerji türü vardır ve bunlardan en önemli yenilenebilir enerji türleri de güneş ve rüzgâr enerjisidir. Fakat bu ikisini ayrı olarak kullanmak maliyetli ve verimsiz olabiliyor. Bunun içinde ikisinin içinde bulunduğu hibrit sistemler tasarlanmaktadır. Bu enerjiler ayrı ayrı ele alındığında güneş enerjisi güneşten ışıma yoluyla yayılarak, dünyaya ısı ve ışık formunda ulaşan enerjidir. Merkezinde 15.000.000 °K sıcaklık bulunan bu yıldız doğal bir nükleer füzyon reaktörü olarak çalışır ve bu füzyon reaktöründe her saniyede 564 milyon ton hidrojen 560 milyon ton helyuma dönüşür. Bu dönüşümde kaybolan 4 milyon ton kütle için karşılığı olarak 3,86x10²⁶ joule enerji açığa çıkar. Toplam enerji rezervi 1,785x10⁴⁷ joule olan bu yıldız daha milyonlarca yıl ışınmasını sürdüreceğinden dünya için sonsuz bir enerji kaynağıdır. Bu enerjinin güç olarak karşılığı 3,86x10²⁰ MW'tır. Tüm uzaya yayılan bu muazzam gücün dünyaya ulaşan kısmı ise yaklaşık olarak 178 trilyon kW'tır. Bir fikir vermesi için, bu büyüklüğün, halen yeryüzünde kurulu olan elektrik santrallerinin toplam gücünün (2,9 TW) 60 bin katından fazla olduğunu bilmekte fayda var[9].

Yıl	Ortadoğu ve Afrika	Çin	Amerika	Pasifik Asya	Avrupa	Diğer	Toplam
2000	0	19	21	368	129	751	1288
2001	0	24	24	496	265	807	1615
2002	0	42	54	686	399	887	2069
2003	0	52	102	916	601	964	2635
2004	1	62	163	1198	1306	993	3723
2005	1	70	246	1502	2291	1003	5112
2006	1	80	355	1827	3289	1108	6660
2007	2	100	522	2098	5312	1150	9183
2008	3	140	828	2628	11020	1226	15844
2009	25	300	1328	3373	16854	1306	23185
2010	80	800	2410	4951	30505	1590	40336
2011	205	3300	4590	7513	52764	2098	70469
2012	570	6800	8365	12159	70513	2098	100504
2013	953	18600	13727	21992	81488	2098	138856
2014	1007	21300	14568	23008	89125	3105	152113
2015	1026	26000	16223	25100	91080	3105	162534
2016	1098	28800	17000	27325	97624	3113	174952
2017	1151	29200	17430	27600	98320	3126	175676
2018	1217	29850	17820	28200	99100	3126	178096

Şekil 1. 2000-2018 Yılları Arasında kurulmuş Fotovoltaik Santral Kapasitesinin Kıtalara göre Dağılımı

Aynı şekilde rüzgâr enerjisi potansiyeli Rüzgâr enerjisi, kullanımı giderek artan ve potansiyeli yeni keşfedilmiş tükenmez bir enerji kaynağıdır. Dünya rüzgâr enerji potansiyelini belirleyebilmek amacıyla Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalarda, 5.1 m/s üzerinde rüzgâr kapasitesine sahip bölgelerin, uygulamaya dönük ve toplumsal kısıtlar nedeni ile %4'ünün kullanılacağı öngörüsüne dayanarak, dünya teknik rüzgâr potansiyeli 53000 TWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu veriler, Kuzey Amerika, Doğu Avrupa ve Rusya ve Afrika'nın dünya rüzgâr enerji potansiyelinin %66'sına sahip olduğunu göstermektedir[10].



Şekil 2. 2001-2016 Yılları Arası Kurulu Küresel Rüzgâr Gücü

2.2. Türkiye’de Rüzgâr ve Güneş Enerjisinin Durumu

Türkiye’deki Güneş santrallerin gelişiminde dünyada ki gelişime paralel olarak son yıllarda büyük bir artış yaşanmaya başlamıştır. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli bakımından çok iyi bir konumda bulunmaktadır. Türkiye, 783.560 km² yüzey alanı ile 36-42° kuzey enlemleri, 26-45° doğu boylamları arasında yer almaktadır. Elektrik İşleri İdaresi verilerine göre Türkiye’nin yıllık ortalama yatay güneş ışınım şiddeti 1.311 kWh/m² ve ortalama yıllık güneşlenme süresi 2.640 saattir. Genel olarak uygun değer açılı ile kurulmuş bir fotovoltaik santrale yıllık ortalama 2.000 kWh/m² ışınım düşmektedir.

2.3. Güneş Santrallerinin Güç Kalitesi Problemleri

Güneş enerjisi santrallerinde güç kalitesi sorunları aşağıdaki gibi maddeler halinde sıralanabilir:

- **Geçici rejim gerilimi**
- **Sürekli gerilim değişimleri**

Yenilenebilir enerji kaynaklarında, çıkış gücü gerilim seviyesinde genel anlamda artış veya düşüşler gözlenebilmektedir.

- **Gerilim dengesizliği**

Güç kalitesini etkileyen diğer bir önemli etken de gerilim dengesizliğidir.

- **Dalga bozulumu- harmonikler**

Harmonik dalgalar, şebeke frekansının birkaç katı şeklinde ortaya çıkan frekans salınımlarıdır.

- **Gerilim dalgalanmaları ve gerilim titremeleri**

Sağlıklı bir şebekede, gerilimin 50 Hz frekansında ve saf bir sinüs dalgası şeklinde olması gerekir. Fakat her zaman bu durum geçerli değildir. Şebeke gerilimi bazen daha düşük frekanslarda salınımlar yapabilir.

- **Güç frekans değişimleri**

Frekans, güç kalitesi hususunda en önemli etkenlerden bir tanesidir. Güç arzında ve talebindeki dengesizlikler, frekans salınımlarına neden olurlar. Bundan ötürü şebeke bağlantılı sistemlerde, şebeke frekansı ile sistem frekansı senkronize edilmelidir.

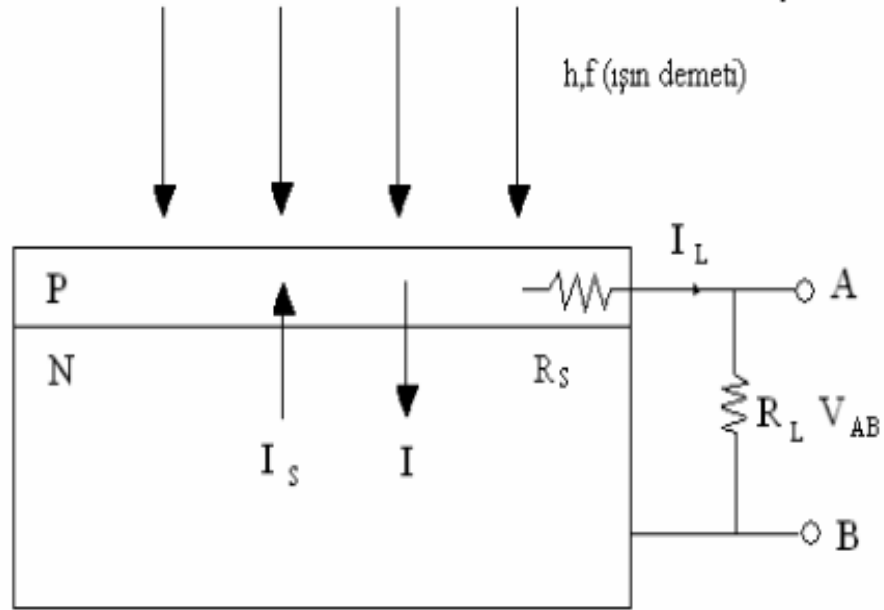
2.4. Güneş Pilleri

Güneş pilleri, yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken maddelerdir. Yüzeyleri kare, dikdörtgen, daire şeklinde biçimlendirilen güneş pillerinin alanları 100 civarında, kalınlıkları özellikle en yaygın olan silisyum güneş pillerinde 0.2 – 0.4 mm arasındadır. Güneş pilleri fotovoltaiik ilkeye dayalı olarak çalışırlar, yani üzerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Pillerin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir. Deniz seviyesinde, parlak bulutsuz bir gündeki ışınım şiddeti maksimum 1000 civarındadır. Bu enerji, güneş pilinin yapısına bağlı olarak %5 -

%70 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir. Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda güneş pili birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir. Bu yapıya güneş pili modülü ya da fotovoltaik parça adı verilir.

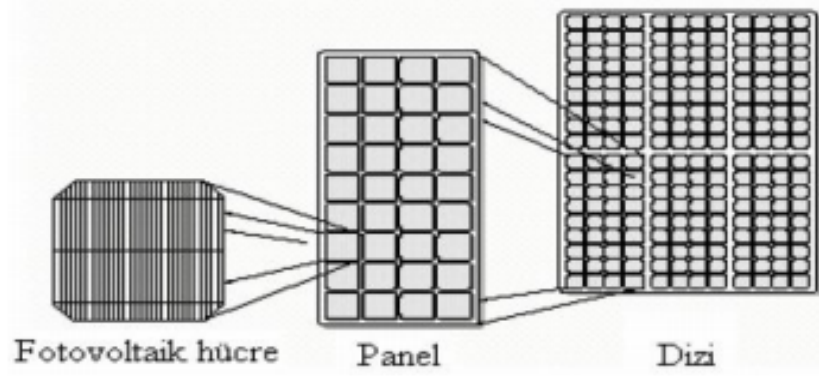
2.5. Fotovoltaik piller

Şekil 5’de görüldüğü gibi, foton absorbe edilmesiyle yük taşıyıcılar çoğunlukta oldukları bölgelere sürüklenirler. Kavşaktan I_s akımı geçer ve N(-), P’de (+) yüklenmiş olur. I_s akımı, kavşağın ileri yönde kutuplaşmasına ve kavşak potansiyel duvarının alçalmasına sebep olur. Dış devre açık ise (akım yoksa) P’den N’ye akım geçer ve kavşak potansiyel duvarı tekrar yükselir; P bölgesi (-), N bölgesi (+) yüklenir. Sonra tekrar foton absorbe edilerek olay devam eder. Bu durumda $I_s = I$ olur.



Şekil 5. Fotovoltaik Pilin Yapısı

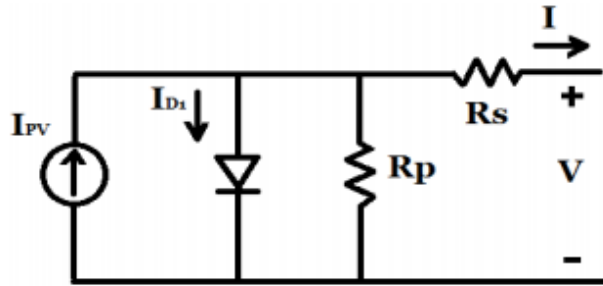
Dış devreden akım geçerse $I_s = I - I_L$ olacak şekilde dışarıya elektrik enerjisi alınır. Şekil 20 ‘de bu pilin elektrik eşdeğer devresi görülmektedir. En yüksek foton enerjisi yeşil ışık için $hf = 2.5$ eV civarındadır. P-N kavşağındaki temas potansiyeli, elektronları daha yüksek potansiyele çıkaran batarya rolü oynamaktadır.



Şekil 6. Fotovoltaik Piller, paneller ve diziler

FV piller seri veya paralel bağlanarak şekil 6'da görüldüğü gibi bir paneli oluştururlar. Panellerin seri veya paralel bağlanmasından ise diziler elde edilmektedir. Bu şekilde uygun akım ve gerilim seviyeleri elde edilir.

2.6. FV Eşdeğer Devre Modelleri



Şekil 7. FV eşdeğer devre modeli (genel model)

Bu eşdeğer devrede yer alan kısaltmalar; güneş ışığı tarafından üretilen elektrik akımını, diyot akımını, I Yük akımını R_s Seri direnç değerini, R_p Paralel direnç değerini ifade etmektedir. Güneş pilinde oluşan elektrik akımı denklem (1)'de ki gibi verilir.[13]

$$I_{PV} = (I_{sc} + K_i(T - T_{ref})) * \lambda / 1000 \quad (1)$$

Burada λ , kW/m^2 olarak ışınımı, I_{sc} güneş pilinin 25'de ki kısa devre akımını K_i güneş pilinin kısa devre akımı sıcaklık sabitini, T güneş pilinin K olarak çalışma sıcaklığını gösterir. Denklem (2)'de ise ters doyum akımı I_{rs} verilmiştir. Burada V_{oc} güneş pilinin açık devre gerilimini, N_s güneş pili modülündeki seri parça

sayısını, k Boltzmann sabitini, A ise güneş pilinde kullanılan malzemeye göre ideal bir faktörü ifade etmektedir.[13]

$$I_{rs} = I_{sc} / \left(e^{\left(\frac{qV_{oc}}{N_s k A T} \right)} - 1 \right) \quad (2)$$

I_s akımı doyum akımı olup değeri pile verilen sıcaklığın değeri ile değişir. Doyum akımı denklem (3)'te verilmiştir. Burada T_{ref} güneş pilinin referans sıcaklığını, E_g güneş pilinde kullanılan yarı iletkenin bant-aralığı enerjisini, q ise elektron yükünü belirtmektedir.

$$I_s = I_{rs} \cdot \left(\frac{T}{T_{ref}} \right)^3 e^{\frac{q \cdot E_g}{A \cdot k \cdot \left(\frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T} \right)}} \quad (3)$$

I akımı ise denklem (4)'teki gibi ifade edilir.[13]

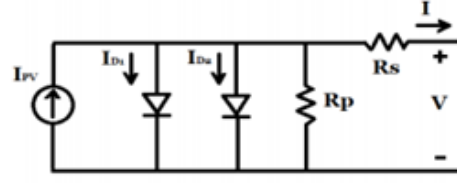
$$I = I_{pv} - I_s \cdot \left[e^{\left(\frac{q \cdot (V + I R_s)}{A k T} \right)} - 1 \right] - \frac{(V + I R_s)}{R_p} \quad (4)$$

Şekil 7'de yer alan diyot akımı ise denklem (5)'te ki gibi ifade edilir. Burada V_d diyot gerilimi V_T sıcaklık gerilimidir.

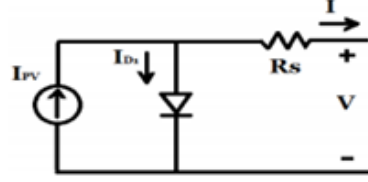
$$I_{D1} = I_s \cdot e^{V_d / V_T - 1} \quad (5)$$

Bir diğer FV eşdeğer devre modeli Şekil 8'de gösterilen çift diyotlu modeldir. Bu modele ilişkin çıkış akımı denklem (6)'da verilmiştir.

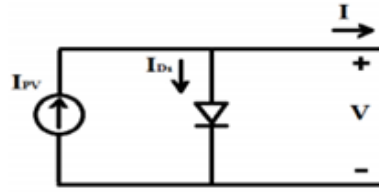
$$I = I_{pv} - I_{D1} - I_{D2} - \frac{(V + I R_s)}{R_p} \quad (6)$$



Çift Diyotlu Model



Uygun model eşdeğer devre şeması.



Basit model FV eşdeğer devre şeması

Şekil 8. FV eşdeğer devre modelleri

Şekil 8-(a)'da ise uygun modele ilişkin devre şeması görülmektedir. Bu modele ilişkin çıkış akımını ise denklem (7)'de verilmektedir. Şekil 8(b)'de ise FV basit model eşdeğer devresi görülmektedir. Bu modele ilişkin çıkış akımını ise denklem (8)'de verilmiştir[13]

$$I = I_{pv} - I_s \left[e^{\frac{q \cdot (V + IR_s)}{AkT}} - 1 \right] \quad (7)$$

$$I = I_{pv} - I_s \left[e^{\frac{q \cdot V}{AkT}} - 1 \right] \quad (8)$$

Kullanılan modellerin denklemleri güneş dizilerine uyarlanırsa, yani seri ve paralel modül veya panel sayısı için denklemler aşağıdaki gibi elde edilir.[13]

$$I = NpI_{pv} - NpI_s \left[e^{\frac{q \cdot \left(\frac{V}{N_s} + \frac{IR_s}{N_p} \right)}{AkT}} - 1 \right] - \frac{NpV + IR_s}{R_p} \quad (9)$$

$$I = NpI_{pv} - NpI_s \cdot e^{\frac{q \cdot (V + I R_s)}{A k T}} - I \quad (10)$$

$$I = NpI_{pv} - NpI_s \cdot e^{\frac{q \cdot V}{N_s \cdot A k T}} - I \quad (11)$$

2.7. Güneş Pili Güç Verimlilikleri

Fotovoltaik güneş pillerinin sürekli gelişimlerine bağlı olarak verimliliklerinin özetlendiği çizgilerin geçerlilik süreleri oldukça kısa olmaktadır. Ancak, karşılaştırılmalı bir kaynak olması amacı ile Fraunhofer Enstitüsü tarafından yapılan en yüksek verimlilikleri gösteren özet aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Fotovoltaik Pilin Cinsi	Alan (cm ²)	Verimlilik (%)	Üretilen Birim
Tek Kristalli Silisyum	4,00	24	UNSW, Sydney Avustralya
Çok kristalli Silisyum	21,2	17,4	ISE, Freiburg, Almanya
Amorf Silisyum	1	14,7	United Solar
Cu(In, Ga)Se ₂	0,4	17,7	NREL, USA
CdTe/CdS		15,8	USA
GaAs Tek kristal	1	23,9	K.Univ, Nijmegen Hollanda

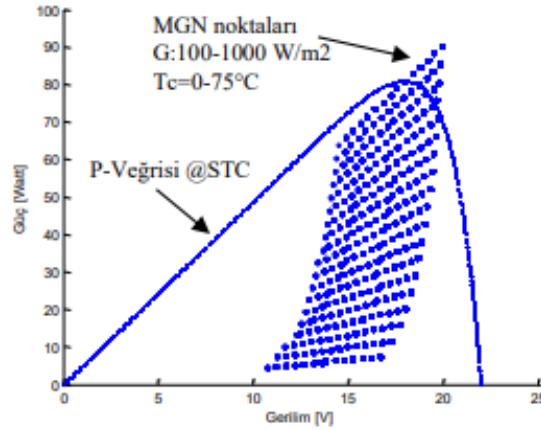
Şekil 9. Güneş panelinde rapor edilmiş en yüksek verimlilikler

2.8. Maksimum Güç Noktası İzleme

Seri ve paralel direnç ihmal edilirse bir güneş panelinin akım gerilim ilişkisi şöyle ifade edilebilir.

$$I_{pv} = I_L - I_s(e^{qV_{pv}/nKT} - 1) \quad (1)$$

Burada V_{pv} ve I_{pv} sırasıyla güneş panelinin gerilimi ve akımı, ışık akımı, I_s diyot doyma akımı, q elektron yükü, k Boltzman sabiti, n diyot faktörü ve T hücre sıcaklığıdır. Işınım $G=100-1000W/m^2$ arasında ve hücre sıcaklığı $T_c=0-75^\circ C$ arasında değişirken 36 elemanlı tipik bir FV panelin maksimum güç noktasının (MGN) değişimi denklem (1) yardımıyla hesaplanmış ve Şekil 10 elde edilmiştir. [13]



Şekil 10. MGN değişimi

2.9. Sıcaklığın etkisi

Bir FV panelin hücre sıcaklığı (T_c), istenilen bir hava sıcaklığı (T_a) ve ışınım (G) değeri için NOCT sıcaklığı kullanılarak tahmin edilebilir.[13]

$$T_c = T_a + \frac{NOCT-20}{0,8}G(kW/m^2) \quad (2)$$

$$P_m(T_c) = P_{m,STC} [1 - \mu P(T_c - 25)] \quad (3)$$

Burada $P_{m,STC}$ standart test koşullarındaki (STC) panel gücüdür. FV panellerde NOCT sıcaklığı 42- 52°C arasında değer almaktadır. Paneller arasındaki bu 10°C'lik fark, sıcaklığa bağımlılık katsayısı $\mu p = 0.38-0.45$ %/K arasında kabul edilirse %3.8-4.5 arasında bir güç farklılıkları ortaya çıkarır ki bu önemli bir miktardır. Dolayısıyla panel seçiminde NOCT sıcaklığı ile gücün sıcaklığa bağımlılık katsayısı birlikte değerlendirilmeli ve sıcaklıktan en az etkilenenler seçilmeye çalışılmalıdır. Böylece sıcaklığın yüksek olduğu zamanlarda performans düşüşü azaltılmış olacaktır.[13]

2.10. Sistem Verimliliği

Fotovoltaik güç sistemlerinde panel ve eviricinin uyumu performans oranını yüksek tutmak için oldukça önemlidir. Bu uyum simülasyon programlarından alınan detaylı raporlarla sağlanabileceği gibi FV panel sıcaklık katsayıları yardımıyla da

hesaplanabilir. Örneğin açık devre geriliminin (V_{oc}) sıcaklığa bağımlılık katsayısı $\mu V_{oc}=0.0038/^{\circ}C$ olan bir FV panelde hücre sıcaklığı

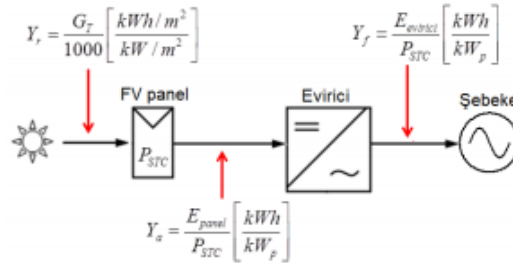
$T_c=-10^{\circ}C$ için hesap yapılırsa, V_{oc-max} gerilimi Standart Test Koşulları (STC) değerinden yaklaşık olarak %14 fazla olacaktır. Benzer şekilde $T_c=60^{\circ}C$ için V_{oc-min} gerilimi de katalog değerinden %14 düşük olacaktır. Bu ve V_{oc-min} gerilimleri $K_{MPP}=V_m/V_{oc}$ oranıyla çarpılarak MGN geriliminin (V_m) STC koşullarındaki en büyük ve en küçük değerleri de bulunabilir. Bu oran katalog bilgilerinden kolayca elde edilebilir ve bütün çalışma koşulları için yaklaşık sabit olduğu kabul edilmiştir. Diğer yandan ışınım şiddeti de FV panel gerilimini etkilemektedir. En düşük ışınım olarak $100 \text{ W}/m^2$ alınırsa STC koşullarına göre MGN gerilimi yaklaşık $\cong 0,88$ oranında azalmaktadır.

2.17.Perfomans Oranı

Performans oranı bir verim katsayısı değildir. Kurulu güçten ve ışınım şiddetinden arındırılmış bir başarımlı katsayıdır. Böylece Dünya'nın çeşitli yerlerinde kurulu bulunan şebekeye bağlı FV güç sistemlerinin birbirleriyle karşılaştırılması mümkün hale gelmektedir. Şekil 11'de görüldüğü gibi sisteme giren güneş ışınımı (Y_r) 1000 normalize edilmekte ve sistemin ürettiği enerji (Y_f) ise kurulu güce oranlanmaktadır. Buna göre Performans oranı (PR) sistemin ürettiği enerjinin (Y_f) sisteme giren referans enerjiye (Y_r) oranı olarak tanımlanmaktadır.

$$PR = \frac{Y_f}{Y_r} \quad (8)$$

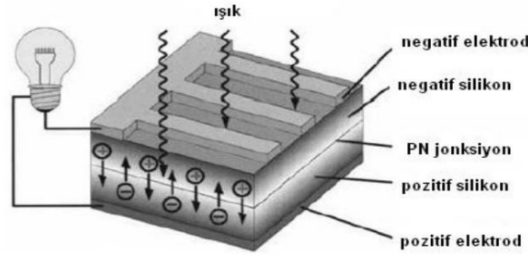
Y_r 'den FV panelin ürettiği enerji olan Y_a çıkarılırsa panel kayıpları (capture loss) (Y_r-Y_a) olarak elde edilir; bunlara dc kablolama, MGN izleme verimi, uyumsuzluk kayıpları, toz ve kir kayıpları vb. dâhildir.



Şekil 11. Performans oranı tanımlamaları

2.11. Güneş Pili Çalışma Prensibi ve Karakteristiği

Başka malzemeler kullanılıyor olsa bile, günümüzde, pek çok güneş pili silisyumdan yapılmaktadır. Güneş pilinin üzerine güneş ışığı düştüğünde, silisyum atomunun son yörüngesindeki valans elektronu negatif yükler. Işık foton denilen enerji partiküllerinden oluşmuştur. Fotonları saf enerjiden oluşmuş bilardo toplarına benzetmek olasıdır ve bunlar bir atoma çarptıklarında tüm atom enerjilenir ve en kolay kopabilecek durumda olan son yörüngedeki valans elektronu kopar. Serbest kalan bu elektronda, voltaj veya elektriksel basınç olarak isimlendirebileceğimiz potansiyel enerji ortaya çıkar. Bu enerji, bir aküyü şarj etmek veya bir elektrik motorunu çalıştırmak için kullanılabilir.



Şekil 12. Güneş pili çalışma prensibi

2.12. Güneş Pili Çeşitleri

Güneş pili teknolojisi, kullanılan maddeler ve yapım türleri açısından son derece zengindir. Güneş pili yapımı için şu anda kullanılmakta olan bir düzineden fazla maddenin yanı sıra, yüzlerce maddenin de üzerinde çalışılmaktadır. Belli başlı güneş pili türleri aşağıda anlatılmaktadır.[15]

2.12.1. Kristal Silisyum Güneş Pilleri

Silisyum yarı iletken özellikleri tipik olarak gösteren ve güneş pili yapımında en çok kullanılan bir maddedir ve uzun yıllarda bu konumunu koruyacak gibi görünmektedir. Fotovoltaik özellikleri daha üstün olan başka maddeler de olmakla birlikte, silisyum hem teknolojinin üstünlüğü nedeniyle hem de ekonomik nedenlerle tercih edilmektedir.

2.12.2. Monokristal Silisyum Güneş Pilleri

İlk ticari güneş pillerinde, CHROZALSKI kristal çekme tekniği ile büyütülen tek kristal yapılı silisyum kullanılmıştır. Verimleri %15 civarındadır. Yapım sırasında malzeme kaybının çok fazla olması bu pillerin dezavantajıdır.

2.12.3. Semikristal (Yarıkristal) Silisyum Güneş Pilleri

Bu tip piller, sıvı silisyumun soğutulmasıyla elde edilen kümelenmiş küçük silisyum kristallerinden oluşur. Bu pillerin verimleri %14 civarında olup, kümelenmiş silisyum taneciklerinin sınırlarındaki kayıplara bağlıdır.

2.12.4. Ribbon Silisyum Güneş Pilleri

Bu piller, malzeme kaybının azaltılması amacıyla levha halinde silisyum tabakalarından yapılırlar. Çeşitli yöntemlerle (Efg, Dendritik ağ) elde edilen bu piller, halen geliştirme aşamasındadır. Verimleri laboratuvar şartlarında %13-14 arasındadır.

2.12.5. Polikristal Silisyum Güneş Pilleri

Bu piller de Ribbon silisyum teknolojisiyle yapıp, yapıları Polikristal özellik gösterir. Halen laboratuvar aşamasındaki bu pillerin verimleri %10'dur.

2.12.6. İnce Film Güneş Pilleri

Bu teknikte, absorban özelliği daha iyi olan maddeler kullanılarak daha az kalınlıkta (tek kristalin 1-500'ü kalınlığında) güneş pilleri yapılır Bu yüzden amorf yapılı güneş pillerinde daha az malzeme kullanılır ve montaj kolaylığı nedeniyle bir avantaj sağlar.

2.12.7. Amorf Silisyum Güneş Pilleri

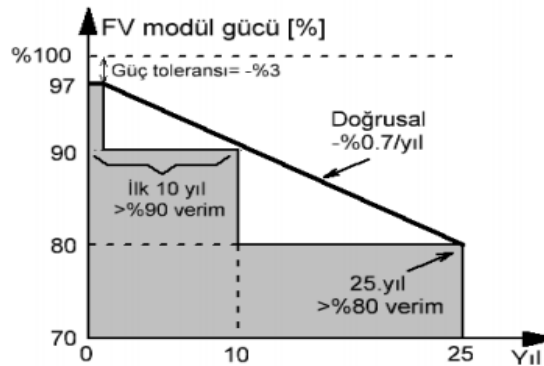
Amorf silisyum güneş pilleri (a-Si), ince film güneş pili teknolojisinin en önde gelen örneğidir. İlk yapılan a-Si piller Schottky bariyer yapısında iken, daha sonraları p-i-n yapıları geliştirilmiştir. Verimleri %5-8 arasındadır. Ancak bu piller, kısa zamanda bozunuma uğrayarak çıkışları azalır.

2.12.8. Bakır İndiyum Diselenoid Güneş Pilleri

Periyodik tablonun birinci, üçüncü ve altıncı gruptan elementlerin üçüncünün ya da daha fazlasının bir araya gelmesi ile oluşur. Laboratuvardaki küçük alan pillerin verimliliği %18'e kadar ulaşırken, 900cm² yüzey alana sahip modüllerin verimlilikleri ancak %15 dolayındadır.

2.13. Fotovoltaik Güç Sistemlerinde Verimliliği Etkileyen parametreler

Güneş panelleri 36 veya daha çok güneş gözesinin seri bağlanmasıyla oluşturulur ve laminasyon tekniğiyle hermetik olarak paketlenerek dış ortamın bozucu etkilerinden uzun yıllar (~25 yıl) etkilenmemesi sağlanır. Bir FV güç sisteminin ömrünü FV panellerin ömrü belirlediğinden mümkün olduğunca uzun ömürlü güneş panelleri tercih edilmelidir. Genel olarak çoğu üretici 25.yılda %80 panel gücünü garanti etmektedir. Birçoğu güçteki azalmayı doğrusal olarak ifade ederken bazıları ise 10.yılda %90 ve 25.yılda %80 güç garantisi şeklinde kademeli düşüş olarak belirtmektedir. Şekil 13'den de açıkça görüleceği üzere doğrusal düşüş kademeli düşüşe göre daha geniş bir garanti kapsamını ifade ettiğinden tercih edilmelidir.



Şekil 13. FV panel garanti süreleri

2.13.1.Güneş Takip Sistemi

Güneş enerji sistemlerinde verimi etkileyen birçok etken vardır. Güneş enerjisinden sürekli faydalanamama ve fotovoltaik hücrelerin maksimum verimi güneş ışınları dik geldiği zaman vermelerinden dolayı, sabit olarak kurulan panellerden maksimum verim almak zorlaşıyor. Bu sebepten oluşan verim kaybının önüne geçmenin en etkin yollarından biri; verimliliği %40'a kadar artırabilmeyi sağlayan güneş takip (solar tracker – güneş izleyici) sistemleridir.



Şekil 14. Çift eksenli güneş paneli

Güneş takip sistemleri takip eksenleri ve kontrol yöntemlerine göre farklılık göstermektedir. Genel olarak güneş takip sistemlerini şu şekilde sınıflandırabiliriz:

Eksen sayısına göre;

- Tek eksenli kontrol
- Çift eksenli kontrol

Kontrol yöntemine göre;

- Pasif kontrollü sistemler (kapalı döngü)
- Aktif kontrollü sistemler (açık döngü)

2.13.1.1. Tek Eksenli Kontrol Sistemleri

Bu kontrol sistemlerinde panel sadece tek eksenli hareket etmektedir. Güneş takip sistemi sayesinde verimliliği yaklaşık %20-25 oranlarında arttırmak mümkündür.



Şekil 15. Güneş takipli solar panel

2.13.1.2. İki Eksenli Güneş Takip Sistemleri

İki eksenli kontrol sistemlerinde Güneş'in gökyüzündeki konumunu belirten iki açı değeri ile takip gerçekleştirilir.



Şekil 16. İki eksenli güneş paneli

2.13.2. Kullanılan Kontrol Yöntemine Göre Güneş Takip Sistemleri

2.13.2.1. Pasif Kontrollü Sistemler

Sistemin güneşi takip edebilmesi için gerekli konum bilgisi algılayıcılar tarafından sağlanan ve kapalı çevrim çalışan sistemlerdir. Güneş panellerinin ışığın yoğun olduğu yöne yönelmesi prensibi ile çalışan sistemlerde algılayıcı olarak ışığa duyarlı algılayıcılar veya özel geliştirilmiş algılayıcılar kullanılabilir.

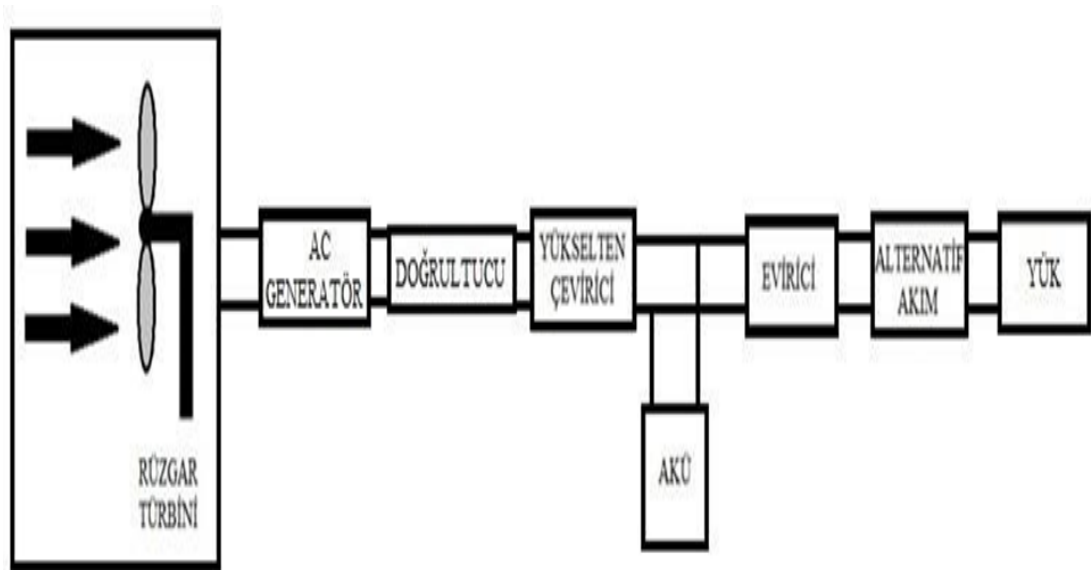
2.13.2.2. Aktif Kontrollü Sistemler

Güneş konumunun belirlenmesi için herhangi bir algılayıcı sistem kullanılmayan, konum bilgisinin matematiksel algoritmalar yardımıyla elde edildiği, açık çevrim takip sistemidir.

2.14. Rüzgâr Türbinleri

Rüzgâr enerjisi çıkışında aldığımız değişken gerilim sebebiyle enerjiyi doğrudan yüke verememekteyiz. Üretilen enerjinin sabit bir değerde yüke iletilmesi için yükselten çevirici çıkışında enerjiyi aküde depolayarak gerektiğinde kullanmak üzere bekletilir.









Generatörden elde edilen AC gerilim Şekil 17'de görüldüğü gibi doğrultucu üzerinden DC gerilime dönüştürülerek yükselten çeviriciye iletilir. Yükselten çevirici çıkışındaki gerilim aküde depolanmaktadır. Şekil 17'de sistemin blok diyagramı incelenebilir.



Şekil 17. Rüzgâr Enerji Sistemi Blok Şeması

2.15. Rüzgâr Türbinlerinin Sınıflandırılması

Rüzgâr türbinleri, rüzgârın kinetik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren bir makinedir. Şekil 18'de çoğunlukla kullanılan türbin tipleri ve kullanım alanları verilmiştir.[16]

Rotor Tipi		C_p	Rpm	Tork	Kullanım Yeri
PERVANE TİPİ		0,42	Yüksek	Açık	Elektrik Üretimi
DARRIEUS TİPİ		0,40	Yüksek	Açık	Elektrik Üretimi
CYLOGIRO TİPİ		0,45	Orta	Orta	Elektrik Üretimi veya Su Pompalama
ÇOKKANAT TİPİ		0,35	Orta	Orta	Elektrik Üretimi veya Su Pompalama
YELKEN KANAT TİPİ		0,35	Orta	Orta	Elektrik Üretimi veya Su Pompalama
FAN TİPİ		0,30	Orta	Orta	Su Pompalama
SAVONIUS TİPİ		0,15	Açık	Yüksek	Su Pompalama
HOLLANDA TİPİ		0,17	Açık	Yüksek	Su Pompalama ve Değirmen

Şekil 18. Rüzgâr türbin tipleri ve kullanım alanları

En çok kullanılan türbin tipleri şunlardır.

- Yatay eksenli rüzgâr türbinleri
- Dikey eksenli rüzgâr türbinleri

2.15.1. Yatay eksenli rüzgâr türbinleri

Bu tip rüzgâr türbinleri, dönme eksenleri rüzgâr yönüne paralel, kanatları ise rüzgârın esme yönüne dik olarak çalışırlar. Kanatların rüzgârın esme yönüne dik olması ile türbin rotoru maksimum enerjiyi tutabilmektedir. Kanatlardaki kaldırma kuvveti rotorun dönmesini sağlar.



Şekil 19. Rüzgârı Önden ve Arkadan Alan Yatay Eksenli Türbin Tasarımları

Yavaş hızlarda çalışan rüzgâr türbinleri;

- Genellikle hızları 3-7 m/s arasında değişen rüzgârlarda kullanılırlar.
- Elektrik üretimi için verimleri düşüktür.
- Çap büyüdükçe ağırlık artacağından, bu türbinleri kurmak kolay değildir.
- Bu tipteki türbinler, daha çok su pompalama işi için idealdirler.
- Genellikle pistonlu pompalarda kullanılırlar.

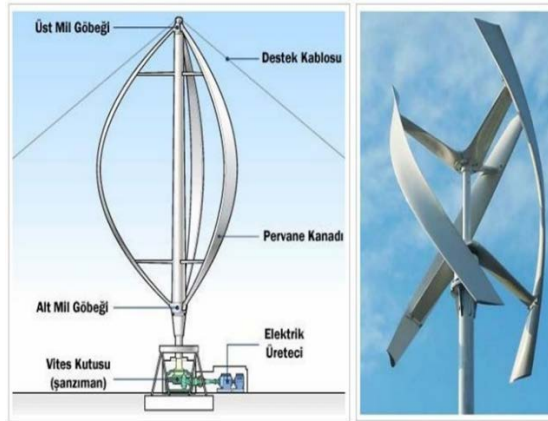
Yüksek hızlarda çalışan rüzgâr türbinleri;

- Yüksek hızlarda çalışan bu tip rüzgâr türbinlerinde kanat sayısı 1 ile 4 adet arasındadır.

- Düşük hızlarda çalışan çok kanatlı rüzgâr türbinlerinden çok daha fazla hafiftirler.
- En çok kullanılan tip üç kanatlı olanlardır. İki kanatlı türbinler, üç kanatlılara göre %2-3 daha az verimlidir. Tek kanatlı türbinler ise, iki kanatlı türbinlerden %6 daha verimsizdirler. Ayrıca tek kanatlı türbinlerde dengeleyici olarak karşı ağırlık kullanılır.
- Yüksek rüzgâr hızlarında çalışan türbinlerde, kanat sayısı arttıkça verim artar. Ancak 3 kanattan daha fazla sayıda kanat, maliyeti önemli ölçüde arttıracığından tercih edilmez.

2.15.2. Dikey Eksenli Rüzgâr Türbinleri

Düsey eksenli türbinlerde, kanatların iç bükey ve dış bükey yüzeyleri arasındaki çekme kuvveti farkı nedeniyle dönme hareketi oluşmaktadır. Bu türbinlerin dönme eksenleri düşeydir. Çalışma basitliğinden dolayı kullanılan en eski rüzgâr türbini çeşididir. Düsey eksenli rüzgâr türbinleri, yatay eksenli rüzgâr türbinlerine göre daha düşük verime sahiptir.



Şekil 20. Düsey Eksenli Rüzgâr Türbini

2.16. Yatay Eksenli Rüzgâr Türbinlerinin Ana Elemanları

Yer konumuna göre, rotoru yatay ekseninde çalışan yatay eksenli rüzgâr türbinleri, daha geleneksel ve daha modern bir kullanımı sunarlar. Modern yatay eksenli kanatlı rüzgâr türbinlerini oluşturan ana elemanlar aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Şekil 21. Yatay Eksenli Rüzgâr Türbinlerinin Ana Elemanları

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi türbin şu parçalardan oluşmaktadır:

- | | | |
|-------------------------------|-------------------|-----------------------|
| 1. Kanatlar | 6. Dişli kutusu | 11. Türbin kafa kısmı |
| 2. Rotor | 7. Jeneratör | 12. Yüksek hız şaftı |
| 3. Kanat döndürme mekanizması | 8. Kontrol Kutusu | 13. Rota mekanizması |
| 4. Fren | 9. Anemometre | 14. Rota motoru |
| 5. Düşük hızlı şaft | 10. Rüzgârgülü | 15. Kule |

2.16.1. Kule

Kule, rüzgâr türbinlerinde nacelle ve rotoru taşır. Kuleler genellikle tüp şeklinde çelik, kafes yapılı veya betonarme olarak inşa edilir. Halat destekli direk tipi kuleler genellikle küçük türbin uygulamalarında kullanılır.

2.16.2. Kule Uzunluğunun Seçimi

Büyük bir türbinden küçüğüne oranla daha büyük bir güç elde edileceği muhakkaktır. Bu türbinlerin güçleri gibi büyüklüklerinin de farklı olduğu açıktır.

Ayrıca büyük güç elde etmek için jeneratörün daha büyük olması, onu tahrik içinde daha büyük kanatlar gerekir

2.16.3. Rotor Kanatları

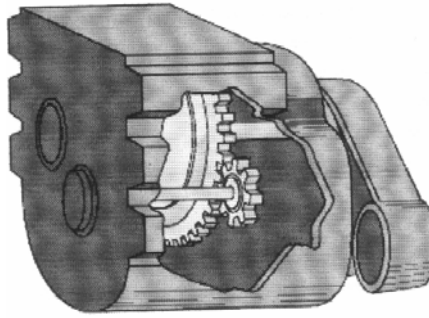
Rüzgâr türbinlerinin kanatları; alüminyum, titan, çelik, elyaf ile güçlendirilmiş plastik (cam elyafı, karbon elyafı ve aramid elyafı) ve ağaçtan imal edilmektedir. Modern rüzgâr türbinlerinin kanatlarının hemen hemen tamamı, cam elyafı ile güçlendirilmiş polyster veya epoksi gibi, cam elyafıyla plastikten üretilirler.



Şekil 22. Rotor Kanatları

2.16.4. Dişli Kutusu

Pervane muindeki enerji, jeneratöre bir dişli sistemi ile (örneğin, çevrim oranı; 1:15) aktarılır. Dişli sistemi, pervane milinin devir sayısını jeneratörün gerek duyduğu devir sayısına çıkarır. 1000 kW nominal güçlü rüzgar türbinlerinde dişli kutusunun çevrim oranı 1:70'dir.



Şekil 23. Dişli Kutusu

2.16.5. Jeneratör

Rüzgâr enerjisi tesislerinde kullanılan jeneratörler, alternatif akım veya doğru akım jeneratörleri olabilir. Burada elde edilen elektrik akımı, yetersiz kalitede alternatif

akım veya doğru akım bile olsa, çeşitli güç elektroniği düzenekleriyle şebekeye uygun hale getirilebilir.

Doğru akım jeneratörleri, büyük güçlü rüzgâr enerjisi tesislerinde tercih edilmemektedir. Bunun nedeni, sık bakım gereksinimi ve alternatif akım jeneratörlerine göre daha pahalı olmasıdır.

Şebekeden alınan AC doğrultularak DC ye çevrilir. Daha sonra rotorun sargılarına fırçalar aracılığı ile iletilir. Jeneratörün kutup sayısına ve dönüş hızına bağlı olarak istenen frekansta gerilim üretilir. Aşağıda kutup sayısı ve dönüş hızına bağlı olarak frekans oluşumu tablosu verilmiştir.

Frekans	50 Hz	60 Hz
Kutup sayısı	Dönüş hızı	Dönüş hızı
2	3000	3600
4	1500	1800
6	1000	1200
8	750	900
10	600	720
12	500	600

Tablo 2. Jeneratörlerde kutup sayısı ile devir sayısı arasındaki ilişki

2.16.6.Rüzgâr Türbinlerinde YAW (yön saptırma) Mekanizması

Genellikle bütün yatay eksenli türbinlerde kullanılır. Bu mekanizma ile motor, dişli kutusu ve rotor rüzgâra doğru yöneltilir. Şekil 24’de 1000 kW lık bir türbinin YAW mekanizması görülüyor.



Şekil 24. YAW (yön saptırma) Mekanizması

2.16.7. Kablonun Kıvrılmasını Önleyici Sistem

Jeneratörde üretilen elektrik enerjisi kulede aşağıya kablolar ile iletilir. Ancak kablolar YAW mekanizmasının hareketi ile bükülmeye uğrar, Bu hem mekanik hem de elektrik olarak kabloyu zorlayıcı ve zarar verici bir etkidir. İşte bu durumu önlemek için türbinlerde bu sisteme ihtiyaç duyulmuştur.

2.16.8. Jeneratörü Başlatma ve Durdurma

Büyük bir rüzgâr türbin jeneratörünü devreye alma ve devreden çıkarma esnasında sıradan, rasgele bir anahtar kullanılırsa jeneratör, dişli kutusu ve yakın çevredeki şebeke akımı zarar görebilir. Kullanılacak anahtar jeneratör tasarımı göz önüne alınarak seçilir.

2.16.9. Derece Kontrollü Türbinler

Derece kontrollü Rüzgâr Türbinleri, türbinlerin elektronik kontrolörü saniyede birkaç kez güç çıtasını kontrol eder. Güç çıktısı gereğinden yüksek hale geldiğinde kanat derece mekanizmasına emir verir. Bu mekanizma ise rotor kanatlarını hemen rüzgârın olmadığı yöne doğru döndürür. Aksi takdirde, tekrar rüzgâr oluştuğunda kanatlar rüzgâra doğru döner.

2.16.10. Bağımsız Çalışan Akü Şarj Eden Sistemler

Akü şarj eden sistemler, genellikle şebekeden uzak bölgelerde kullanılmaktadır. Şehir dışı yerleşimler, çiftlik evleri, telekomünikasyon aktarıcıları, radyo ve orman kuleleri, askeri tesisler, demiryolu sinyalizasyonu, balık çiftlikleri, seralar, maden ocakları, deniz vasıtaları ve bazı fabrikalarda, aydınlatma, meteoroloji istasyonları, bilimsel ve diğer araştırma istasyonlarında elektrik ihtiyacını karşılar. Rüzgârla akü şarj eden bir sistem başlıca aşağıdaki elemanlardan oluşmaktadır.

- AC çıkışlı Rüzgâr Türbini ve 6-18mt yüksekliğindeki kulesi
- Elektronik kontrol ünitesi
- Aşırı şarjdan koruyan direnç
- Akü bankası
- Alternatif akım ile çalışan cihazlar için inverter
- Özel doğru akım cihazları

2.16.11. Rüzgâr Türbinlerinin Dağıtım Şebekesine Bağlantısı

Dağıtım gerilimi seviyesinde şebekeye bağlanması planlanan bir rüzgâr santrali, diğer enerji santralleri veya kendiüretir santrallerde olduğu gibi, ancak bağımsız bir enerji nakil hattı ile bir dağıtım merkezine veya TEİAŞ trafo merkezine bağlanabilir. Sistem emniyeti ve can güvenliği açısından dağıtım hatlarına saplama girmelerine müsaade edilmemektedir.

2.16.12. Rüzgâr Türbinleri İletim Şebekesine Bağlantısı

İletim şebekesine bir rüzgâr santrali, ya en yakın TEİAŞ trafo merkezine çekilecek bir iletim hattı ile yâda en yakın iletim hattına girdi çıktı yaparak şebekeye bağlanabilir. İletim şebekesine bağlanacak rüzgâr santralinde ise gerilim seviyesi olarak en ekonomik dağıtım gerilim seviyesi seçilir. Bu durumda, santral çıkışında kullanılacak yükseltici trafonun, ülkemizde kullanılan standartlardan farklı olması durumunda, yedekleme sorunu ortaya çıkabilir.

2.16.13.Şebeke Üzerindeki Bozucu Etkiler

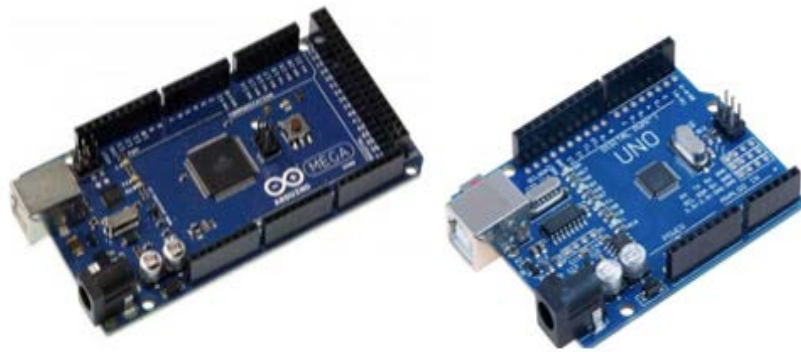
Rüzgâr türbinleri bağlandıkları şebeke üzerinde olumsuz etkilerini genelde gerilim dalgalanmaları, fliker ve harmoniklerin üretilmesi olarak göstermektedir

Gerilim dalgalanması ve fliker, rüzgâr türbinlerinin devreye girmesi, devreden çıkması, rüzgâra bağlı olarak üretimin değişmesi gibi geçici olaylar nedeniyle oluşmakta ve kullanılan türbin tipine bağlı olarak değişmektedir.

2.17. Hibrit Sistemler

Hibrit sistemler, en az iki enerji kaynağının bir araya gelerek enerji ürettiği sistemlerdir. Bu çalışmada FV-rüzgâr hibrit sistemler ele alınmıştır. Hibrit Güç Sistemleri, elektrik enerjisi bakımından sıkıntılar yaşayan Türkiye için alternatif bir enerji kaynağı olarak önem taşımaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının gündeme gelmesiyle birlikte, bu kaynaklardan maksimum derecede ve kesintisiz olarak nasıl yararlanılabileceği sorusu da gündeme gelmiştir. Özellikle büyük santral yapıları haricinde, şebekeden bağımsız olarak bir bölgenin, bir binanın veya bir evin elektrik enerjisinin yenilenebilir enerji kaynaklarından beslenmesi söz konusu olduğunda enerji devamlılığı sorun teşkil edebilmektedir.

2.18. Kontrol Kartları



Şekil 25. ARDUİNO MEGA ve ARDUİNO UNO

Kullanılan 2 ayrı ARDUİNO markalı kontrol kartlarını özelliklerine göre ve kullanımına göre seçilmiştir.

2.18.1. ARDUİNO MEGA

- Mikro denetçi: ATmega2560
- Çalışma voltajı: 5V
- Giriş voltajı (önerilen): 7-12V
- Giriş voltajı (limit değerler): 6-20V
- Dijital I / O PİN'leri: 54 (bunlardan 15'i PWM çıkışı sağlamaktadır)
- PWM Dijital I/O PİN'leri: 15
- Analog Giriş PİN'leri: 16
- I/O PİN Başına DC akım: 20 mA
- 3.3V PİN DC akımı: 50 mA
- Flash Bellek: 256 KB (ATmega2560) 8 KB bootloader tarafından kullanılır
- SRAM: 8 KB (ATmega2560)
- EEPROM: 4 KB (ATmega2560)
- Saat Hızı: 16 MHz
- Uzunluk: 101.52 mm
- Genişlik: 53.3 mm
- Ağırlık: 37 g

EEM Tasarım projesinde bu kartın seçilmesinin nedeni analog ve dijital girişlerinin ve çıkışlarının fazla olmasından kaynaklıdır. İkinci kart sayesinde her gerilim ve her akımı farklı giriş çıkışlardan ölçülebilir.

2.18.2. ARDUİNO UNO

- Mikrodenetleyici: ATmega328
- Çalışma Gerilimi: 5V
- Giriş Gerilimi (önerilen): 7-12V
- Giriş Gerilimi (limit): 6-20V
- Dijital G/Ç PİN'leri: 14 (6 tanesi PWM çıkışı)
- Analog Giriş PİN'leri: 6
- Her G/Ç için Akım: 40 mA
- 3.3V Çıkış için Akım: 50 mA
- Flash Hafıza: 32 KB (ATmega328) 0.5 KB kadarı bootloader
- SRAM: 2 KB (ATmega328)

- EEPROM: 1 KB (ATmega328)
- Saat Hızı: 16 MHz
- Uzunluk: 68.6 mm
- Genişlik: 53.4 mm
- Ağırlık: 25 g

EEM Tasarım projesinde bu kartın seçilmesindeki neden, ana kontrol devresindeki işleyişten kaynaklanmaktadır. Kontrol kartı satırları teker teker okumaktadır. Bu durum bizim anlık değer almamıza ve hareketli sistemlerin çalışmasını yavaşlatmaktadır. Bu sebeple fiyat/performans olarak daha ucuz olan ARDUİNO UNO kartı kullanılmıştır. Kartın kontrolü ana kontrol kartındadır. Röleler vasıtasıyla kontrol etmektedir.

2.19.Trafo

Transformatör, iki veya daha fazla devre arasındaki elektrik enerjisi aktarımını elektromanyetik indüksiyonla sağlayan bir sistemdir. Trafolar DC (Doğru Akım) devrelerinde değil, AC (Alternatif Akım) devrelerinde kullanılırlar. Transformatörler frekans değeri değiştirilmeden, gerilim ve akım değerlerinde istenilen değişimi gerçekleştirirler. Genellikle bir elektrik devresindeki akım ve gerilimi yükseltme ve düşürme, elektrik enerjisinin aktarımı ve dağıtımı gibi amaçlar için kullanılırlar.

Rüzgâr türbini çıkışında elde edilen AC enerjinin aküye depolanabilmesi için DC enerjiye çevrilmesi gerekiyor. Rüzgâr türbininden elde edilen 12V/8.14A ya da 24V/4.07A enerjiyi evirici devre üzerinden aküyü şarj etmek için gerilimin 100-240 V arasına yükseltilmesi gerekmektedir. Bunun için trafo kullanılmaktadır.



Şekil 26. Trafo örneği

Rüzgâr türbini çıkışından elde edilen enerji şu şekilde hesaplanıyor

$$12V \times 8.14V = 97,68 \text{ W} \quad (1)$$

$$24V \times 4,07A = 97.68 \text{ W} \quad (2)$$

Türbinden alınacak çıkışa göre 1:9 ya da 1:18'lik bir trafo seçimi yapılacaktır.

Bu sayede evirici devrenin istediği 10V-240V arası gerilimi elde ederiz.

(1) Kombinasyon denenirse 1:18'lik bir trafo kullanılacaktır.

(2) Kombinasyon denenirse 1:9'luk bir trafo kullanılacaktır.

2.20 AC/DC Dönüştürücü

Alternatif akımı doğru akıma çevirmeye yarayan devre elemanlarıdır. Tasarımda aküyü şarj etmek için gerekli olan doğru akım AC/DC dönüştürücü sayesinde elde edilecektir. Fakat bu devre elemanının işlevini görmesi için belirli bir Volt aralığında çalışması gerekmektedir. Bunun içinde önüne trafo eklenmiştir.

Bu devrenin çalışma aralığı 100-240 V arasındadır. Çıkışında sabit 12V alınacaktır. Bu devre elemanının bir dezavantajı vardır. O da gerilimi yükseltirken amper düşeceği için şarj süresi uzayacaktır.



Şekil 27. 100-240V girişli AC/DC dönüştürücü

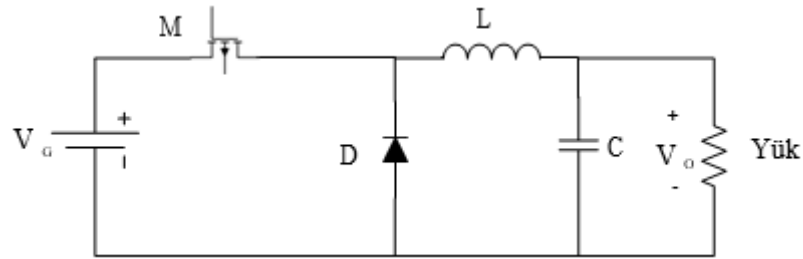
2.21. Düşüren (Buck) Konverter Model

Güneş panelinde yapılan hesaplamalar sonucu 17.6V 5,52 A alınmıştır. Buda 97.2W güç yapmaktadır. Akü de DC enerji depolandığı için panelden elde edilen 17.6 volt Buck konvertör vasıtasıyla 12 Volta çekilecektir. Daha önceden türbin çıkışından

sonraki AC/DC dönüştürücünden alınan volt ve buck konvertör den gelen volt + ve – baralarında toplanıp aküye bağlantısı yapılacaktır. Ayrı olarak bağlanmasının sebebi kaynakların paralel bağlanmak istenmesidir. Çünkü seri bağlantıda aküyü şarj etme geriliminin çok üstünde çıkabiliyor. Aküyü şarj etme gerilimi 12V-14,2 V arasında bulunmaktadır.

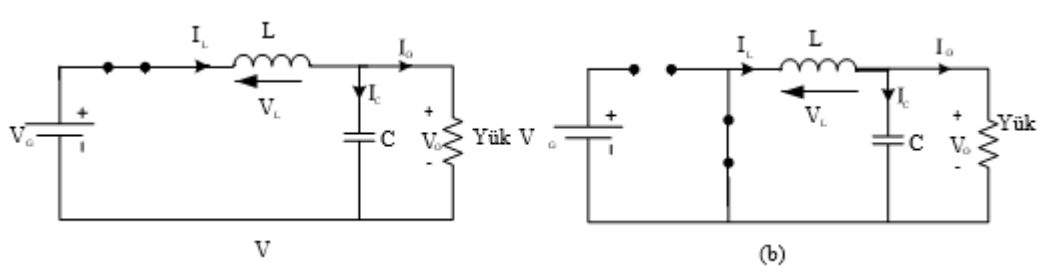
Yenilenebilir enerji kaynağının çevresel şartlara bağlı olarak değişken değerler alabilen çıkış gerilimi, düşüren konverter tarafından sabit bir doğru gerilimine dönüştürülerek bir bara veya batarya sistemi beslenmektedir. Bu sebeple güneş enerjisi dönüşüm sistemlerinde panel çıkış gerilimi şarj regülatörleri vasıtasıyla istenilen sabit bir DA gerilimine dönüştürülür. Panelin gerilimi bir DA-DA dönüştürücü vasıtasıyla doğru akım barasını besleyecek şekilde 12 V'a düşürülmüştür. Bu düşüren konverter sistemin daha istikrarlı olmasını sağlar.

Benzetimi yapılan düşüren (buck) konverter PWM tekniği ile çalışan gerilim kontrollü bir dönüştürücüdür. Kesintisiz akım durumunda (CCM) çalışmaktadır, yani indüktans akımının sürekli olduğu göz önünde bulundurulacaktır. Şekil 28'de düşüren konverterin eşdeğer devresi gösterilmiştir.



Şekil 28. Düşüren (buck) konverterin eşdeğer devresi

Düşüren konverterin iki çalışma modu vardır. Bu çalışma modlarına ait devre şemaları Şekil 47'de gösterilmiştir.



Şekil 29 a) Yarı iletken anahtar iletimde iken devre şeması b) Anahtar kesimde iken devre şeması

Yarı iletken anahtarın iletimde devredeki diyotun ise kesimde olduğu duruma ait devre şeması Şekil 29-a'da gösterilmiştir. Bu durumda anahtar iletimde olduğundan diyot ters polariteye sahip olacak ve kesimde olacaktır. İndüktans akımının sürekli olduğu sürekli akım modunda çalışma (Continious Current Mode-CCM) için bu durumda indüktans gerilimi dönüştürücü giriş gerilimi ile çıkış geriliminin farkına eşittir.

$$V_L = V_g - V_o \quad (1)$$

olarak ifade edilebilir.

Kondansatörden akan akım ise, R yükün direnç değeri olmak üzere;

$$i_c = I_L - \frac{V_o}{R} \quad (2)$$

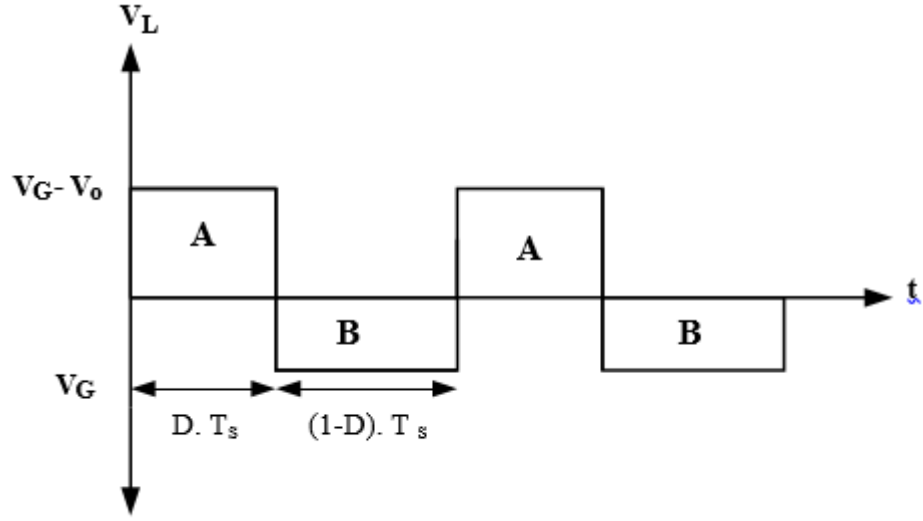
olarak ifade edilebilir.

İkinci durumda ise yarı iletken anahtar kesime girdiğinde indüktansın akımını akıtmaya devam etmek isteyecektir bu durumda gerilimini ters çevirmesiyle diyot iletime girecektir. Bu durum Şekil 29.b'de gösterilmiştir. Bu durumda indüktans gerilimi;

$$V_L = 0 - V_o = -V_o \quad (3)$$

olur.

Sürekli akım modunda çalışan bir düşüren konverterde indüktans geriliminin ortalama değerinin sıfır olması gerekmektedir. Buna göre Şekil 55'te görülen indüktans gerilimi grafiğinde A ve B alanlarının toplamının sıfır olması gerekmektedir.



Şekil 30. İndüktans gerilimi

D anahtarın iletme girmesini sağlayan anahtarlama sinyalinin görev periyodu, T_s ise anahtarlama sinyalinin periyodu olmak üzere;

$$(V_G - V_o)D.T_s - V_G(1 - D)T_s = 0 \quad (4)$$

Yazılabilir.

Buna göre, dönüştürücünün giriş gerilimi ve çıkış gerilimi arasındaki ilişki

$$D = \frac{V_o}{V_G} \quad (5)$$

olarak ifade edilir.

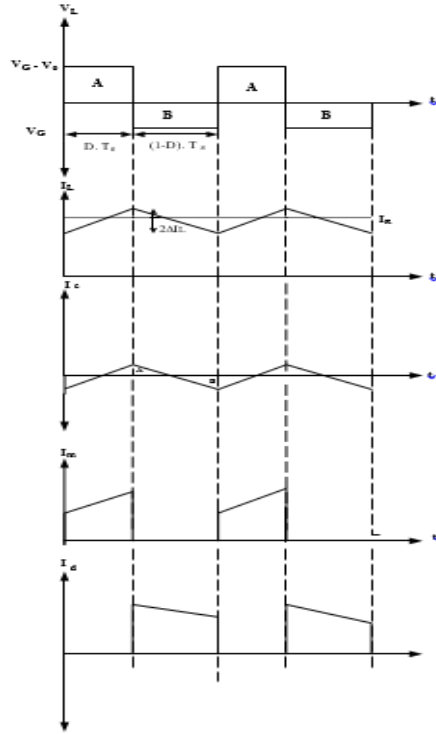
Devrenin her iki durumu için indüktans akımının ortalama değeri kondansatör akımının ortalama değeri ve yükün ortalama değerine eşittir.

$$i_L = i_R + i_c \quad (6)$$

Kondansatör geriliminin değişiminin bir periyottaki ortalaması sıfırdır. Kondansatörün gerilim seviyesi belli bir periyot boyunca sabit kalıyor ise ortalama akımı sıfırdır. Bu durumda indüktans akımının ortalama değeri yük akımının ortalama değerine eşit olur.

$$I_L = \frac{V}{R} \quad (7)$$

Gerçekte indüktans akımı doğru akımın üzerine eklenmiş salınımlardan oluşur. Ancak bu salınımlar doğru akımın genliğinin yanında çok küçük olduğundan ihmal edilirler. İndüktans akımının doğru akım olduğu kabul edilerek analizi kolaylaştırılır. Şekil 56'daki grafiklerde indüktans akımı I_L 'nin grafiği ortalaması I_R olacak şekilde, kondansatör akımı ise $I_C = I_L - I_R$ eşitliğine göre çizilmiştir.



Şekil 31. İndüktans gerilimi b) İndüktans akımı c) Kapasite akım d) Yarı iletken anahtar e) Diyot akımı

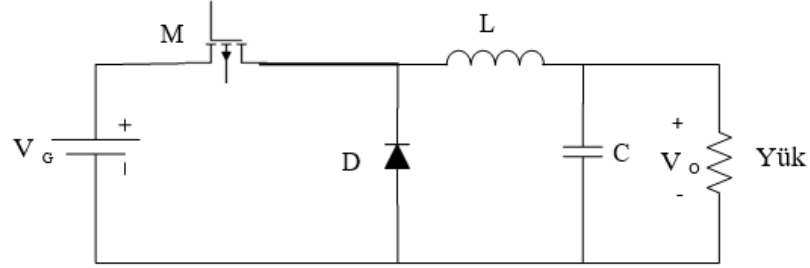
Kondansatör akımı grafiğinde A ve B olarak gösterilen üçgen alanlarının tabanları birbirine eşit ve iletimde olduğu sürenin yarısı ile kesimde olduğu sürenin yarısının toplamı olduğundan ve $1/2T_s$ 'dir. Mosfet ve diyot akımlarının toplamı indüktans akımını verir. Mosfet iletimde iken diyot kesimdedir bu durumda mosfet akımı indüktans akımına eşittir, diyot akımı sıfırdır. Mosfetin kesimde olduğu durumda ise diyot ilettime gireceğinden diyot akımı indüktans akımına eşit, mosfet akımı sıfırdır. Düşüren konverter devresi tasarlanırken önce dönüştürülecek gerilime göre bir görev periyodu D seçilmiştir. Daha sonra ΔI_L ve ΔV_C değerleri yüzdelik olarak uygun sınırlarda seçilerek Denklem (8) ve Denklem (9) formüllerinde değerler yerine yazılarak L ve C parametreleri hesaplanmıştır.

$$\Delta I_L = \frac{V_o(V_g - V_o)}{fLV_g} \quad (8)$$

$$\Delta V_C = \frac{\Delta I_L}{8fC} \quad (9)$$

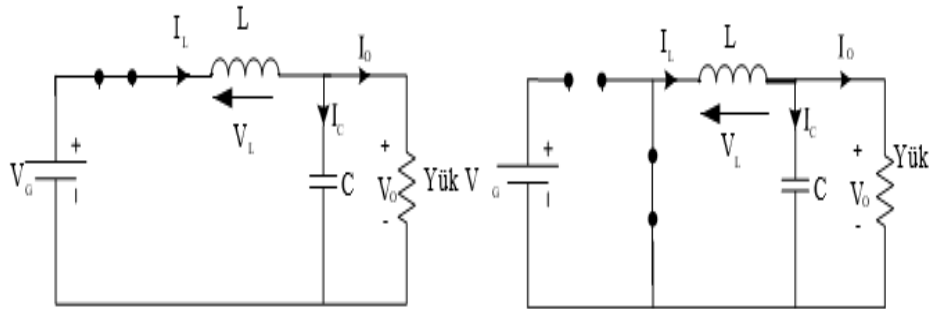
2.22. Yükselten (Boost) Konverter Modeli

Benzetimi yapılan boost konverter PWM ile çalışan gerilim kontrollü bir dönüştürücüdür. Kesintisiz akım durumunda (CCM) çalışmaktadır. Yani indüktans akımının sürekli olduğu göz önünde bulundurulacaktır. Şekil 32’de yükselten konverterin eşdeğer devresi görülmektedir.



Şekil 32. Yükselten (Boost) konverterin eşdeğer devresi

Yükselten dönüştürücünün iki çalışma modu vardır: Şekil 33-a ve şekil 33-b ise devrenin iki farklı çalışma moduna ilişkin devre şemalarını göstermektedir.



Şekil 33 a) Yarı iletken anahtar iletimde iken devre şeması b) Anahtar kesimde iken devre şeması

Şekil 33-a.'da yarı iletken anahtarın iletimde olduğu, devredeki diyodun ise kesimde olduğu çalışma moduna ilişkin devre şeması görülmektedir. Bu durumda anahtar iletimde olduğundan, diyot ters polarlanarak kesime girecektir ve açık devre özelliği

gösterecektir. İndüktans akımının sürekli olduğu sürekli akım modunda çalışma (Continuous Current Mode-CCM) için indüktans gerilimi dönüştürücü giriş gerilimine eşittir.

$$V_L = V_G \quad (10)$$

Kondansatörden akan akım ise, R yük direnci olmak üzere;

$$I_c = - \frac{V_o}{R} \quad (11)$$

olarak ifade edilebilir.

Şekil 33-b'de ise, yarı iletken anahtar kesimde, diyot iletimdedir. Bu durumda indüktans gerilimi giriş gerilimi ve çıkış gerilimi arasındaki farka eşittir.

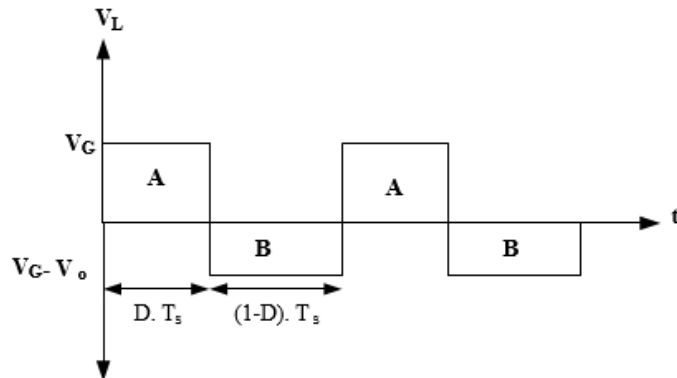
$$V_L = V_G - V_o \quad (12)$$

Bu durumda kondansatör akımı ise;

$$I_c = I_L - \frac{V_o}{R} \quad (13)$$

olarak yazılabilir.

Sürekli akım modunda çalışan bir yükselten dönüştürücüde indüktans geriliminin ortalama değeri sıfır olmalıdır. Buna göre Şekil 34'de görülen indüktans gerilimi-zaman grafiğinde A ve B alanlarının toplamının sıfır olması gerekmektedir.



Şekil 34. indüktans gerilimi

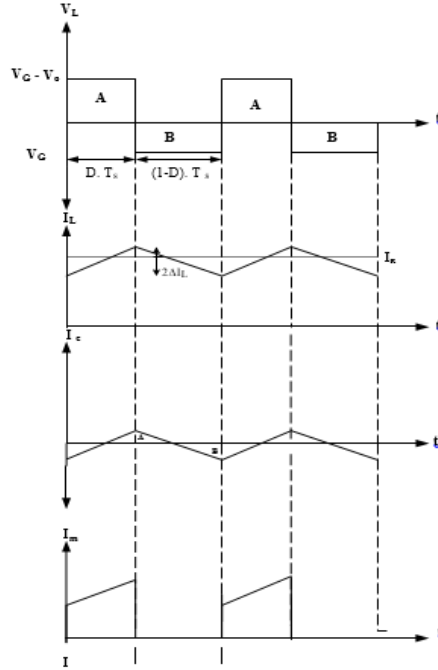
D anahtarın iletme girmesini sağlayan anahtarlama sinyalinin görev periyodu, T_s ise anahtarlama sinyalinin periyodu olmak üzere;

$$V_G D T_s + (V_G - V_O)(1-D)T_s = 0 \quad (14)$$

Yazılabilir. Buna göre, dönüştürücünün giriş gerilimi ve çıkış gerilimi arasındaki ilişki

$$\frac{V_O}{V_G} = \frac{1}{1-D} \quad (15)$$

Şekil 35’de sırası ile indüktans geriliminin, indüktans akımının, kapasite geriliminin ve kapasite akımının zamana göre değişimi verilmiştir.



Şekil 35. a) İndüktans gerilimi b) İndüktans akımı c) Kapasite gerilimi d) Kapasite akımı

Yükselten tip dönüştürücü devresinde yer alan kapasite ve indüktansın değerleri denklem (16) ve (17)’de verilmiştir. Buna göre, indüktans değeri;

$$L = \frac{V_G \cdot D}{2 \cdot \Delta I_L \cdot f} \quad (16)$$

ile bulunabilir.

ΔI_L giriş akımındaki dalgalanma değeri iken; f anahtarlama frekansını ifade etmektedir. ΔI_L değeri %20-40 arasında bir değerdir.

Kondansatör değeri;

$$C = \frac{V_o.D}{2.R.\Delta V_c.f} \quad (17)$$

Olarak ifade edilir. ΔV_c çıkış gerilimdeki dalgalanmadır, %1-5 arasındadır.

2.23. Akü Grubu

Kaynaklardan gelen sabit 13V(± 1) ile şarj olan akü çıkışında 12V / 60A'e kadar DC enerji verecektir. Talebe göre DC enerji istenebilir fakat tasarımda AC enerjide karar kılındığı için DC/AC konvertör yardımıyla AC enerji elde edilecektir. Akünün DC gücü 720W'dır. AC'de elde edilen gerilim 220V olacaktır. 720W/220V'dan 3.27A olacaktır.

3.TASARIM

3.1. Kavramsal tasarım

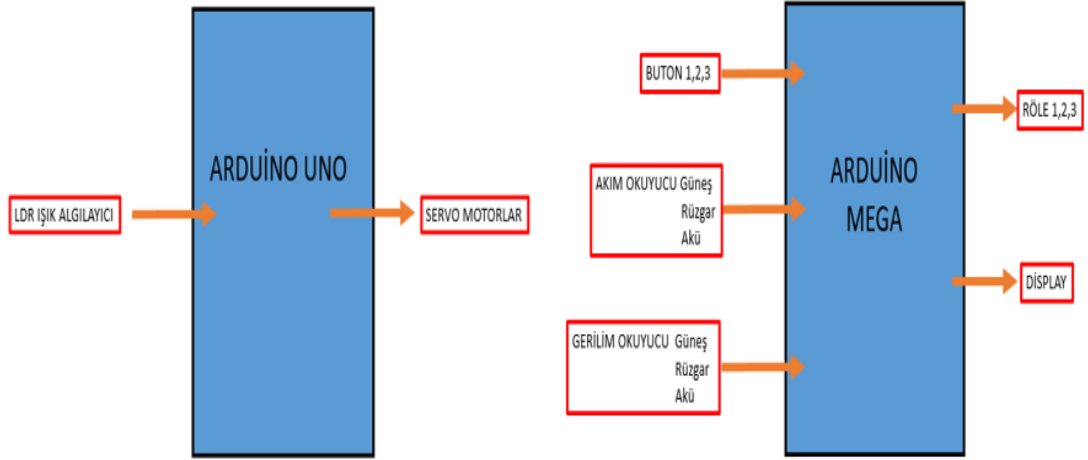
Kavramsal tasarım, bir veya daha fazla kavram modellerin ihtiyaçlar ve fonksiyonların bir tarifinden ve sonuçta tasarlanan bir nesnenin (sistemin) performans ve gerçek davranışının tahminine kadar bir geliştirme işlemidir.

EEM Tasarım projesi tasarım kısmını 4 ana kısım olarak değerlendirilecektir. Bu kısımlar;

- ARDUİNO UNO ile yapılan güneş takip sistemi mekanik tasarım
- ARDUİNO MEGA ve ARDUİNO UNO akış şemaları
- Trafo tasarımı,
- BUCK konverter tasarımı,
- ARDUİNO MEGA ve ARDUİNO UNO yazılım tasarım,

Bu tasarımlar kendi içlerinde Akış diyagramları, formüller, mekanik tasarımlar ve elektronik tasarımlar başlıklarını içerecektir.

3.1.1. ARDUİNO UNO Güneş Takip Sistemi Tasarımı



Şekil 36. Kavramsal Tasarım Tüm Fonksiyon Şeması

3.1.2. Çözüm Yolları

ÇÖZÜM YOLU ALT FONKSİYONLARI		1	2	3
1	Kontrol Kartı	Raspberry Pi	PLC	ARDUİNO
2	Motor	Servo Motor	DC Motor	Step Motor
3	Tasarım Programı	Solid works	Catia	AutoCAD
4	Arayüz	C++	Visual Basic C#	ARDUİNO

Şekil 37. Oluşturulabilecek kombinasyonlar

3.1.3. Oluşturulan Çözüm Yolu

VARYANT-1	1.3 – 1.2 – 1.3 – 4.4
VARYANT-2	1.3 – 2.2 – 3.3 – 4.4
VARYANT-3	1.1 – 2.3 – 3.3 – 4.1
VARYANT-4	1.2 – 2.1 – 3.2 – 4.1
VARYANT-5	1.1 – 2.3 – 3.1 – 4.2

Şekil 38. Kavramsal Tasarım Çözüm Yollarının Oluşturulması

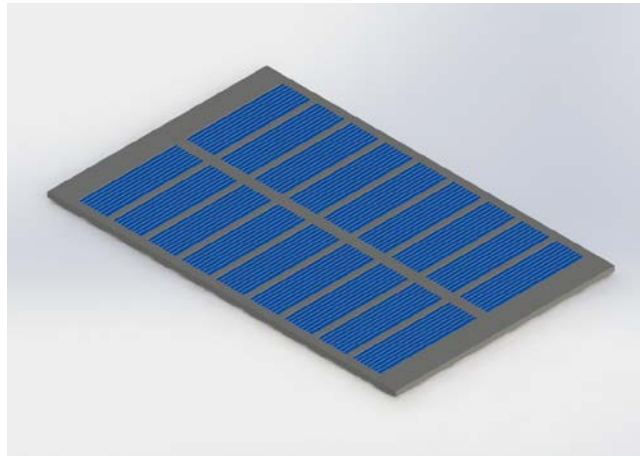
3.1.4. Sonuç

EEM Tasarımında 1 numaralı seçenek tercih edilmiştir. Bunun sebebi; sistemin basit olması, kısa sürede yazılım kodlarının oluşturulması ve ucuz olmasıdır.

3.2. Sistem Tasarımı

Kavramsal tasarımdan haritasından seçilen çözüm yoluna göre sistem tasarımı gerçekleştirilecektir. Alt başlık olarak mekanik tasarım, elektro tasarım, yazılım kısmı açıklanacaktır. Yazılım kısmındaki kodlar EK-4 te verilecektir. Kod açıklamaları başlık altında akış diyagramı şeklinde gösterilecektir.

3.2.1. Güneş takip sistemi Mekanik tasarım



Şekil 39. Güneş paneli

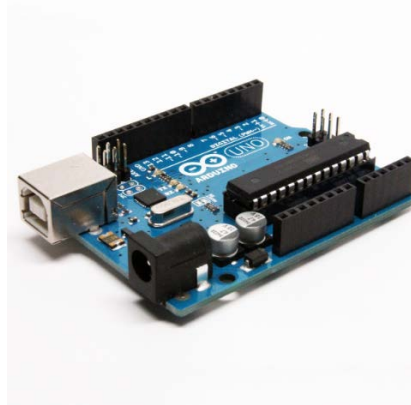
Sistem ilk örnek olarak hazırlanması için gerekli güneş paneli boyutları piyasada satılan 100w güneş paneli standart boyutundadır. Yapılan mühendislik hesaplamaları da bu sisteme göre yapılmıştır.

Hücre Tipi	Polikristal, 4 veya 5 BB (Bus Bar)
Hücre Sayısı	36 (4×9)
Ebat	970x670x30 mm
Ağırlık	8.5 kg
Bağlantı Kutusu	IP67, 6 diyot
Ön Kapak	Düşük demir oranlı, 3.2 mm temperli anti-röfle cam
Çerçeve	Eloksallı alüminyum kaplama
Çıkış Kablosu Kesiti	4 mm ² (IEC)
Kablo Boyu	430 mm

Şekil 40. Güneş Paneli Boyutsal Özellikleri

EEM Tasarım projesinde solar enerji kısmında kullanılacak sistem güneşin gökyüzündeki konumuna göre takip edecektir. Bu sayede güneş paneline güneşe sürekli 90° dik açıyla döneceği için gelen güneş ışınlarını en verimli şekilde kullanmış olacaktır.

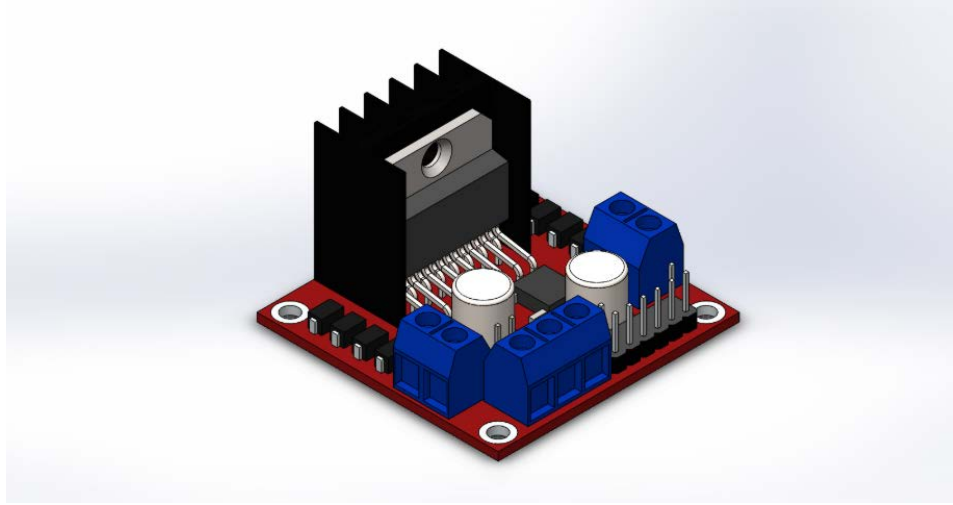
Bu sistemde kullanılacak 2 adet servo motor bulunmaktadır. Bu motorlar ARDUİNO UNO kartıyla sürülecektir.



Şekil 41. Kullanılacak Kontrol Kartı

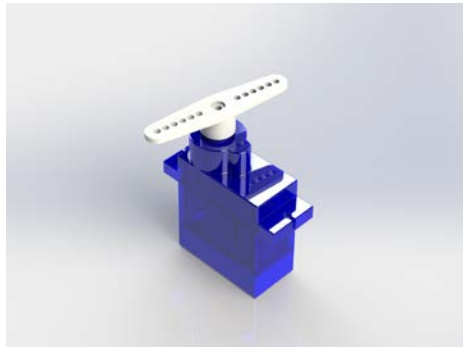
Kullanılan ARDUİNO UNO toplamda 6 analog giriş/çıkışı 13 Dijital giriş/çıkışı olan bir kontrol kartıdır. EEM Tasarım projemizde bu kartı kullanmamızın en önemli

nedeni kolay programlanabilmesidir. Sonrasında düşük maliyetli olması bu kartı seçmemizdeki en büyük etkidir.



Şekil 42. Kullanılacak Motor Sürücü

Kullanılan servo motorların zorlanması durumunda yüksek güç çekme eğilimleri ARDUİNO UNO kartını yakabilir. Bu sebeple sürücü bir modül kullanılması düşünüldü.

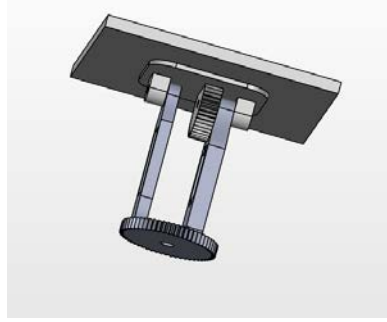


Şekil 43. Kullanılacak Servo motor

Servo motor ARDUİNO UNO kartı ile uyumlu çalışması ve kendi orijinal modüllerinden biri olması nedeniyle tercih edilmiştir. Servo motorlar sistemin x-y ve y-z koordinat düzleminde hareketini sağlayacaktır. Çarklar ve program sayesinde sınır bölgeleri sağlanmış olacaktır. Motorlar bir üstte diğeri altta olmak üzere 2 adet bağlanacaktır.

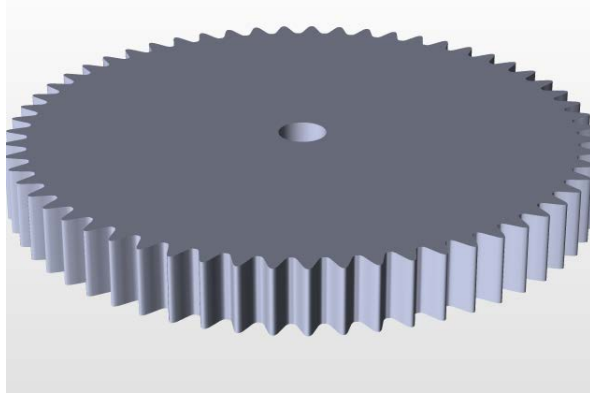


Şekil 44. Kullanılacak Tasarım



Şekil 45. Panelin üstüne yerleştireceği hareketli kısım

Panel tutucu gövde ve çark sistemi. Bu sistemde üst tarafta bulunan çarkın altında bir çark daha bulunuyor. Bu çark sayesinde güneşi takip ederken y-z ekseninde %75 sınırlamasıyla hareket edebiliyor. Bunun sebebi ise panelin olası sasıntı rüzgar esintisi veya darbe sonucu yere düşmesini zorlaştırmaktır.



Şekil 46. Çark

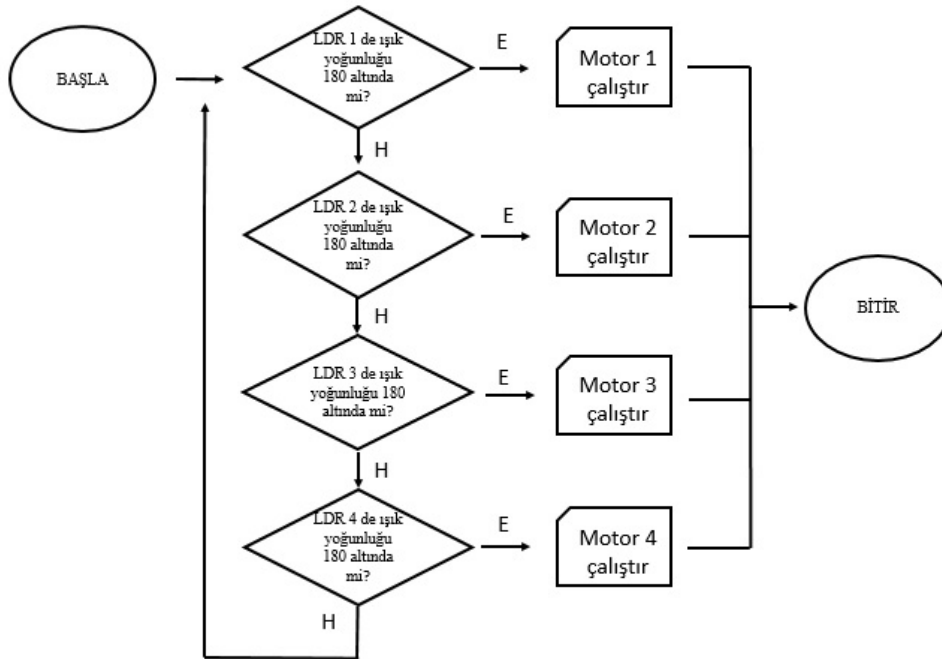
Şekilde görülen çark sistemi x-y kordinatt düzleminde hareketini sağlamaktadır. Bu çarklardan 2 adet bulunmaktadır. Bunun nedeni ağırlık olan sisteme doğrudan servo motora bağlamamaktır. Doğrudan bağlanan servo motor ani zorlanmalardan kaynaklı yüksek güç çekebilir. Bu durumda kartımız yanabilir.

Tasarım 2 eksende güneşi takip edebilecek şekilde dizayn edilmiştir. Sistemin özellikleri;

Yükseklik	800mm	
Genişlik	400mm	
Uzunluk	540mm	
Tabla boyutu	Uzunluk	450mm
	Genişlik	335mm
	Kalınlık	10mm
Diş Sayısı (Büyük)	180	
Yarı Çapı (Büyük)	100mm	
Diş Sayısı (Küçük)	90	
Yarı Çapı (Küçük)	50mm	
Diş Sayısı (3/4 çark)	60	
Yarı Çapı (3/4 çark)	50mm	

Tablo 3. Tasarım özellikleri

3.3. Yazılım Tasarımı

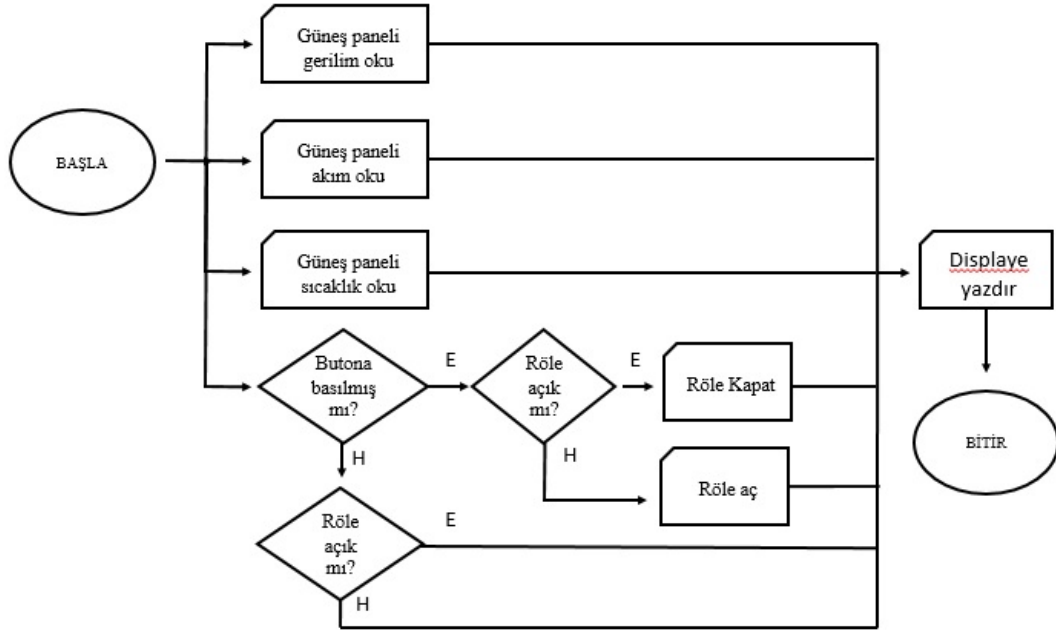


Şekil 47. Güneş takip sistemi Akış diyagramı

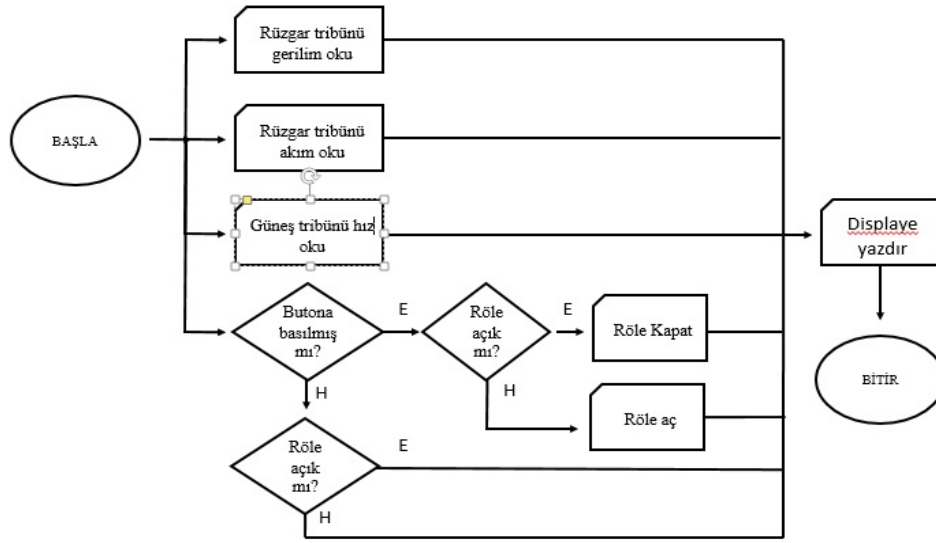
EEM Tasarım projesinde ışık yoğunluğunun en yüksek olduğu kısma doğru güneş panelini çevirerek gelen ışınları 90° dik açıyla almak. Bu hareketi sağlayabilmek

için, ARDUİNO UNO analog girişlerinden LDR sensörlerinden direnç değerleri okunarak yüksek ışık olan yöne doğru Servo motorları sürücü üzerinden enerjilendirerek güneş panelini o yöne çevirmek suretiyle gerçekleştirmektedir.

Güneş tribününden alınan verileri ekrana yazdırmaktadır. Bunun yanında istenirse panelden manuel olarak buton yardımıyla kapatılabilmektedir. Bu durumu sağlamak için ARDUİNO Mega kontrol kartının analog girişlerine ACS712 $\pm 30A$ sensörüyle akım değerlerini okunmaktadır. Gerilim değerleri, kullanılan 10kohm ve 100kohm dirençler üzerinden analog girişten okunmaktadır. LM35 sıcaklık sensörüyle sıcaklık değerleri okunmaktadır. Röle sistemi ARDUİNO UNO kartını besleyen ve güneş panelinden enerji geçmesini sağlayan kabloların kapsamaktadır. 2 adet röle bulunmaktadır. Birine kapatma komutu verildiğinde diğeri de paralel bağlı olması nedeniyle kapanmaktadır. İstenildiği takdirde panelden menü yardımıyla kapatılabilmektedir.

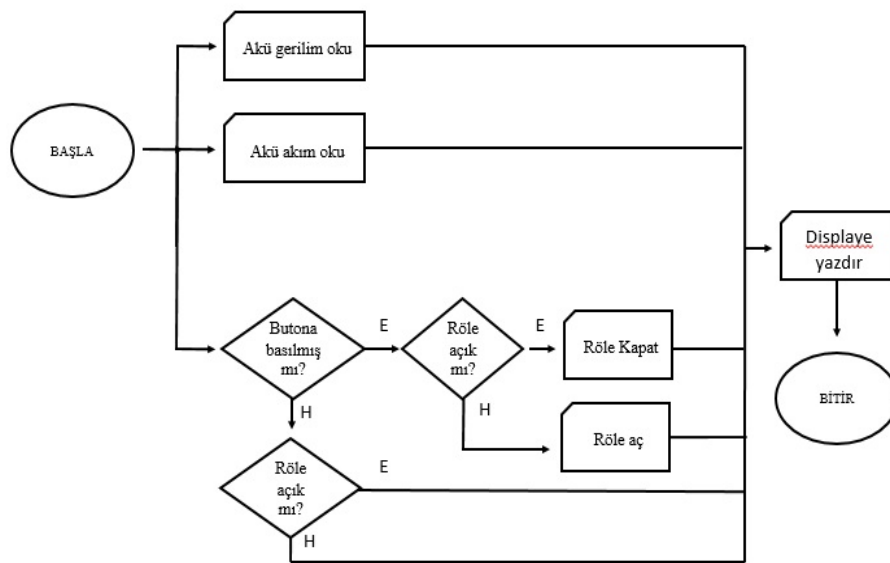


Şekil 48. Güneş Paneli Kontrol Akış Diyagramı



Şekil 49. Rüzgâr Türbini Kontrol Akış Şeması

Rüzgâr tribününden alınan verileri ekrana yazdırmaktadır. Bunun yanında istenirse panelden manuel olarak buton yardımıyla kapatılabilmektedir. Bu durumu sağlamak için ARDUİNO Mega kontrol kartının analog girişlerine ACS712 $\pm 30A$ sensörüyle akım değerlerini okunmaktadır. Gerilim değerleri, kullanılan 10kohm ve 100kohm dirençler üzerinden analog girişten okunmaktadır. Hız değeri LM393 hız sensörü ile okunmaktadır. Bu sensör tribünün içine bağlanacaktır. Röle sistemi Rüzgar türbinin enerji geçmesini sağlayan kabloların kapsamaktadır. İstenildiği takdirde panelden menü yardımıyla kapatılabilmektedir.



Şekil 50. Akü Kontrol Sistemi Akış Diyagramı

Aküden alınan verileri ekrana yazdırmaktadır. Bunun yanında istenirse panelden manuel olarak buton yardımıyla kapatılabilmektedir. Bu durumu sağlamak için ARDUİNO Mega kontrol kartının analog girişlerine ACS712 $\pm 30A$ sensörüyle akım değerlerini okunmaktadır. Gerilim değerleri, kullanılan 10kohm ve 100kohm dirençler üzerinden analog girişten okunmaktadır. Röle sistemi Akü çıkışından enerji geçmesini sağlayan kabloların kapsamaktadır. İstenildiği takdirde panelden menü yardımıyla kapatılabilmektedir.

3.3.1. Tasarım

Bu tasarım çalışmasında, gün içinde herhangi bir anda güneşin sürekli olarak 90 derecelik dik açı ile takibini iki eksendeki hareketi ile sağlayan ve bu sayede panellerin günlük verimini arttıran bir güneş takip sistemi tasarlanmıştır. Proje yapımı esnasında programlama, servo motor kontrolü, analog verilerin okunması ve elektrik devreleri tasarımı gibi çalışma alanlarına ait birçok teknikten yararlanılması ön görülmüştür.

3.3.2. Çalışma Mantığı

Yapılan projede gün içinde sistemin güneşe olan konumu LDR'ler ile sağlanmış. Toplamda dört adet LDR kullanılmıştır. İki LDR yatay, diğer iki LDR dikey eksen hareketleri sağlamaktadır. Üst LDR ile alt LDR'nin referansları karşılaştırılır. Çıkan sonuca göre servoların konumu değiştirilir. Sağa sola dönme işlemi de aynı mantıkla gerçekleştirilir. LDR'lerden gelen analog bilgilerin ölçülmesi için de ARDUİNO Mega kullanılmıştır. Üzerindeki 13 adet analog giriş sayesinde (A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12) LDR'lerden analog bilgilerin okunarak kıyaslanması sağlanmıştır.

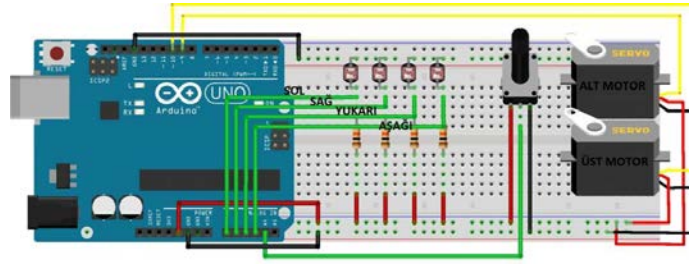
3.3.3. Kullanılan Malzemeler

Kullanılan devre malzemeleri aşağıdaki ana

- ARDUİNO Mega
- Servo Motor
- LDR
- Solar Panel

- 10K Direnç
- 100K Direnç
- 220 R Direnç
- Breadboard

3.3.4. Devre Şeması



Şekil 51. Güneş Takip şeması

3.4. Elektriksel Tasarım

3.4.1. DC/DC Konvertör Çevirici Tasarımı


Tasarıma başlangıç olarak rüzgâr türbini ve güneş paneli lineer bir şekilde yerleştirilecektir. Türbinin jeneratör mil kısmı küçük olduğu için ucuna bağlanacak olan çarklar sayesinde devir sayısı artırılarak enerji yükseltilecektir. Rüzgâr türbini için kullanılan jeneratör motoru AC enerji verdiği için DC enerjiye çevrilecektir. Aynı zaman da AC/DC dönüştürücünün önünde kısa devre akımına göre sigortası olacaktır. Sonrasında güneş panelinden zaten DC enerji elde edildiği için sadece kısa devre akımına göre sigorta takılacak. Elde edilen DC enerjiler güç panosuna girecek ve orda aynı pil gibi seri olarak bağlanacak. Panodan çıkan enerji doğrudan DC enerjinin depolanacağı yer olan aküye gidecektir. Aküde depolanan DC enerji çıkışına bağlanacak olan DC/AC çevirici çıkıştan AC enerji elde edilecektir.

Panodan bahsedilecek olursa üzerine LCD ekran yerleştirilecek ve bu ekrandan gerilim ve akım izlenmesi yapılabilecektir. İki butonlu olacak, sağa sola kaydırma. Kaydırdıkça her sayfada sırasıyla rüzgâr türbini, güneş paneli ve akü ile ilgili bilgi

sahibi olduracaktır. Ekstra olarak güneş paneli ışık yönüne doğru hareket edebilecek ve aurdino ile güç kaynaklarının kontrolü yapılabilecektir.

3.5. Hesaplamalar

Seçilen rüzgâr türbininin özellikleri:

Yaprak malzeme	:Naylon fiber	Anma gerilimi	:12/24 V
Mıknatıs malzeme	:Neodimyum Demir bor	Başlangıç rüzgâr hızı	:2 m/s
Jeneratör konut malzeme	:Die-cast alüminyum	Anma Rüzgâr Hızı	:10m/s
Renk:	:Beyaz	Güvenli rüzgâr hızı	:55 m/s
Bıçak uzunluğu:	:700mm	-Rüzgâr tekerlek çapı	:0.6 m
Rüzgâr tekerlek çapı:	:1200mm	Yaprakları-sayısı	:3 adet
Ağırlık:	:7500g	Rüzgâr güç ve tipi	:Üç-fazlı AC sabit mıknatıslı senkronize jeneratör
Anma gücü	:100 W	Kontrol sistemi:	:Elektromanyetik, rüzgâr tekerlek yan
Stil	:AC	Çalışma sıcaklığı	:-40 °C-80 °C
Türbin görseli		Yağlama yöntemi	:dolum gres96
			

Rüzgar Enerjisinin Hesaplanması

Rüzgar türbini, rüzgardaki kinetik enerjiyi önce mekanik enerjiye daha sonra da elektrik enerjisine dönüştüren sistemdir. Bir rüzgar türbini genel olarak kule,

jeneratör, hız dönüştürücüleri (dişli kutusu), elektrik-elektronik elemanlar ve pervaneden oluşur. Havanın kinetik enerjisi rotorda mekanik enerjiye çevrilir. Rotor milinin devir hareketi hızlandırılarak gövdedeki jeneratöre aktarılır. Jeneratörden elde edilen elektrik enerjisi AC-DC konvertör olarak da bilinen dönüştürücü vasıtasıyla aküye depolanır. Hareket halindeki her cisim kinetik enerjiye sahip olduğunu biliyoruz. Bizim tasarımımızdaki rüzgar türbininde de hareket halinde bir hava akımı olduğundan tabii ki de belli bir kinetik enerjiye sahiptir. Kinetik Enerji (E) eşitliği,

$$E = \frac{1}{2} * m * V^2 \quad (1)$$

ile verilmektedir. Burada m hareket eden cismin kütlesi, V ise hızıdır. Özgül kütle p olmak üzere, eşitlikteki m kütlesi ;

$$m = p * H \quad (2)$$

Burada H, hacmi ifade etmektedir. Eğer rüzgâr esme yönüne dik alan A ile

Rüzgâr yönündeki uzunlukta U ile gösterilirse bu durumda 2 numaralı denklem,

$$H = A * U \quad (3)$$

V rüzgâr hızında ve t süresinde kat edilecek mesafe ise,

$$U = V * t \quad (4)$$

Böylece denklem (2) yi, denklem (1) de yerine koyacak olursak,

$$E = \frac{1}{2} * p * A * t * V^3 \quad (5)$$

denklemini elde edilmiş olur. Burada t=1s ve A=1m alınırsa,

$$E_{hava} = \frac{1}{2} * p * V^3 \quad (6)$$

formülü elde edilir. İlerleyen havanın hacmi ise,

$$V_{hava} = A * x * x * t \quad (7)$$

Denklem (6) ve (7) yi birleştirirsek rüzgâr türbininin verim formülü ortaya çıkmış olacaktır.

$$P = A \times V \times t \times \rho \times \frac{1}{2} \times V^2 \quad (8)$$

Havanın özgül kütlesi deniz seviyesinde standart atmosfer şartlarında 1.223 kg/m³ dir.

Rüzgâr enerjisi analizinde kullanılan birimler,

$$\rho = [\text{kg} / \text{m}^3]$$

$$V = [\text{m} / \text{s}]$$

$$E = [\text{kg/m}^3][\text{m}^3/\text{s}^3]$$

olarak ifade edilmektedir.

Rüzgâr Türbini Güç Hesabı :

Rüzgârdan ne kadar güç elde ettiğimiz ve bunu ne kadar verimle elde ettiğimiz bizim için en önemli parametrelerdir. Bu parametrelere göre sistem enerji ihtiyacı karşılayabileceğiz.

Parametreler;

P: Güç

ρ : Havanın Yoğunluğu

A: Kesit Alanı

V_r: Ortalama Rüzgâr Hızı(m/s)

D: Çap(m)

C_p: Güç Faktörü olup max %59.26'dır. (0.5926)

Maksimum rüzgâr gücü hesabı (9.84 m/s) :

Rüzgar gücü hesabı yapılırken ilk olarak çap, havanın yoğunluğu, ortalama rüzgar hızı ve güç faktörü değerleri bulunur ve denklemde yerine koyulur.

$$P = \frac{1}{2} * \rho * \frac{\pi * D^2}{4} * V * r^3 * C_p$$

$$P = \frac{1}{2} * 1,225 * x * \frac{3,14 * 0,6^2}{4} * 9,84^3 * 0,5926$$

$$P = 97,78W$$

Rüzgâr türbinindeki güç değerimizi bulmuş oluruz.

Ortalama rüzgâr gücü hesabı (5,54 m/s) :

$$P = \frac{1}{2} * \rho * \frac{\pi * D^2}{4} * V * r^3 * Cp$$

$$P = \frac{1}{2} * 1,225 * x * \frac{3,14 * 0,6^2}{4} * 5,54^3 * 0,5926$$

$$P = 17,44 W$$

Minimum rüzgâr gücü hesabı (2 m/s) :

$$P = \frac{1}{2} * \rho * \frac{\pi * D^2}{4} * V * r^3 * Cp$$

$$P = \frac{1}{2} * 1,225 * \frac{3,14 * 0,6^2}{4} * 2^3 * 0,5926$$

$$P = 0,82 W$$

Çıkan Akım Hesaplamaları:

9,84 m/s rüzgâr hızındaki 12 V anma gerilimi için akım değerleri:

$$P = V_1 * I_1 \quad (1)$$

$$97,78 W = 12V * I_1$$

$$I_1 = 8,1483 A$$

9,84 m/s rüzgâr hızındaki 24 V anma gerilimi için akım değerleri:

$$P = V_2 * I_2 \quad (2)$$

$$97,78 W = 24 V * I_2$$

5,54 m/s ortalama rüzgâr hızındaki 12 V anma gerilimi için akım değerleri:

$$P = V_1 * I_1 \quad (3)$$

$$17,44 W = 12V * I_1$$

$$I_1 = 1,4533 A$$

5,54 m/s ortalama rüzgâr hızındaki 24 V anma gerilimi için akım değerleri:

$$P = V_2 * I_2 \quad (4)$$

$$17,44 W = 24 V * I_2$$

$$I_2 = 0,7266 A$$

2 m/s minimum rüzgâr hızındaki 12 V anma gerilimi için akım değerleri:

$$P = V_1 * I_1 \quad (5)$$

$$0,82 W = 12 V * I_1$$

$$I_1 = 0,0683 A$$

2 m/s minimum rüzgâr hızındaki 24 V anma gerilimi için akım değerleri:

$$P = V_2 * I_2 \quad (6)$$

$$0,82 W = 24 V * I_2$$

$$I_2 = 0,0341 A$$

Verim Hesapları:

Günümüzde rüzgâr türbinlerinin verimi %20-30 arasında değişmektedir. Bizim türbinimizin verimini ise aşağıda hesapladık.

Temel formülü verecek olursak; bir “A” alanına “v” hızıyla “t” zamanda ilerleyen rüzgârın taşıdığı enerji şu formülle hesaplanır:

$$P = A * V * t * \rho * \frac{1}{2} * V^2$$

Burada “ ρ ” havanın yoğunluğunu ifade etmektedir. Kurulan denklemin mantığı da basittir. Birim hacimli havanın sahip olduğu enerji ($\rho * \frac{1}{2} * V^2$) ile, ilerleyen havanın hacminin ($A * v * t$) çarpımıdır.

Rüzgâr hızı 9,84 m/s olduğunda;

$$P = 0,6 * 9,84 * 1 * 1,225 * \frac{1}{2} * 9,84^2$$

$$P = 350,14 \text{ W}$$

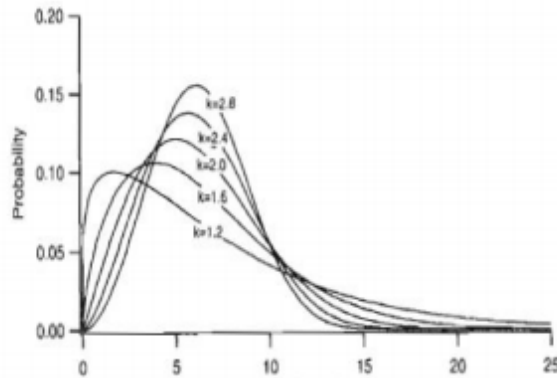
Rüzgar türbinimizin verimini hesaplamak için rüzgar kinetik enerjisini kendi türbinimizle oranlarız ve verimi bulmuş oluruz;

$$Verim = \frac{97,78 \text{ W}}{350,14 \text{ W}} * 100 = 27,92$$

$$Verim = \% 27,92$$

Rüzgâr türbinimizin enerji üretimi hesapları için iki farklı girdiye ihtiyaç vardır. Bunlardan birincisi, rüzgâr türbini güç eğrisi değeridir. Güç eğrisi değerleri, rüzgâr türbininin kanat tasarımına, mekanik ve elektriksel kayıplara bağlıdır. Her rüzgâr türbini modelinin farklı bir kanat yapısı ve sonuç olarak farklı güç eğrisi değerleri bulunmaktadır. Rüzgâr türbinimizin enerji üretim değerlerini hesaplamak için ikinci girdi olarak da, araziye ait rüzgâr verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Aşağıda, yıllık enerji üretim değerlerinin genel hesaplama yöntemi görülmektedir.

$$E_{tot} = \int_{v_{min}}^{v_{max}} P_g \times f(v) \times 8760 \times dv$$



σ_u =Standart sapma

$\sigma_u=2,86$

U=Ortalama Hız

Ortalama Hız: 5,54m/sn

v_{mean} =Rüzgâr hızı olasılık Sakarya için

k parametresi: 2,24

A parametresi: 6,26

Yoğunluk: 1,225 m/sn²

$$k = \left(\frac{\sigma_u}{U}\right)^{-1,086}$$

$$k = \left(\frac{2,86}{5,54}\right)^{-1,086}$$

$$k=2,24$$

$$A = U * \left(0,568 + \frac{0,433}{k}\right)^{\frac{-1}{k}}$$

$$A=6,26$$

$$hw(V) = \frac{k}{A} * \left(\frac{V}{A}\right)^{k-1} * e^{\left[-\left(\frac{V}{A}\right)^k\right]}$$

$$hw(V) = 0,143$$

$$f(v) = \left(\frac{k}{c}\right) * \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} * \exp\left(-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right)$$

$$E_{tot} = \int_{10}^{55} 0,1 * 8760 * f(v) * dv$$

$$E_{tot} = 468 \text{ kW yıllık üretim}$$

Genel yöntemde gösterilen rüzgâr hızı olasılık fonksiyonu olarak günümüzde iki yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi Weibull dağılımı, ikincisi ise Rayleigh dağılımıdır. Biz Weibull dağılımından bulduk.

GÜNEŞ PANELİ HESABI

$$I_{pv} = (I_{SC} + K_i * (T - T_{ref})) * \frac{\lambda}{1000}$$

$$\lambda = \frac{1}{0,65}$$

$$I_{pv} = (6,05 + 0,032 * (313K * 298)) * \frac{1,54}{1000}$$

$$I_{pv} = 6,049A$$

$$I_{rs} = I_{sc} / (e^{\frac{qV_{oc}}{N_s k A T}} - 1)$$

$$I_{rs} = 6,05 / (e^{\frac{1,6 * 10^{-19} * 22,1}{1 * 8,617 * 10^{-5} * 313K}} - 1)$$

$$I_{rs} = 0,07A$$

$$I_s = I_{rs} \cdot \left(\frac{T}{T_{ref}}\right)^3 e^{\frac{q * E_g}{A \cdot k \cdot \left(\frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T}\right)}}$$

$$I_s = 0,07 \cdot \left(\frac{313}{298}\right)^3 e^{\frac{1,6 * 10^{-16} * 1,1}{1,8,617 * 10^{-15} \cdot \left(\frac{1}{313} - \frac{1}{298}\right)}}$$

$$I_s = 5,98A$$

$$I = I_{pv} - I_s \cdot [e^{\frac{q * (v + I R_s)}{A k T}} - 1]$$

$$I = 6,049 - 5,98 \cdot [e^{\frac{1,6 * 10^{-16} * (12 + 0,07)}{1 * 8,617 * 10^{-5} * 313}} - 1]$$

$$I = 5,41A$$

$$T_c = T_a + \frac{NOCT - 20}{0,8} * G (kW/m^2)$$

$$T_c = 25 C^\circ + \frac{42 - 20}{0,8} * 0,1$$

$$T_c = 27,5 C^\circ$$

Verimlilik:

$$GT = G_b + F_{sky}G_d$$

$$GT = G_b + d * H * B * \%30$$

$$G_t = 998 + 1 * 0,942 * 30 * 30 / 100$$

$$G_t = 1006 \text{ W/m}^2$$

En yüksek radyasyondan faydalanma

$$GT = 1006$$

$$\text{Panel } 0,65 \text{ m}^2 = 1006 * 0,65 = 653,9$$

$$\eta = 100 \text{ w} / 653,9 * 100 = \%15,29$$

3.6. Maliyet Hesapları

MALİYET HESABI			
Malzeme	Kullanım Amacı	Adet	Fiyat
ARDUİNO Mega	Kontrol kartı	1	72,96TL
ARDUİNO Uno	Güneş takip kontrol	1	39,38TL
LM35 sıcaklık sensörü	Güneş panel sıcaklık	1	4,76TL
5v 30A 1 Kanal Röle	Sistem aç kapa	3	97,56TL
Güneş paneli(100W)	Güneş enerji eldesi	1	380,50TL
Rüzgar Tribünü(100W)	Rüzgar Tribünü	1	606,9TL
DC/DC Buck devresi	Düşürücü	1	36TL
AC/DC dönüştürücü	Dönüştürücü	1	20TL
DC/AC dönüştürücü	Dönüştürücü	1	60TL
LDR sensör	Güneş takip sistemi	4	24TL
L298n motor sürücü	Güneş takip sistemi	1	12TL
Potansiyometre	Display	1	2TL
Komponent	Tüm devre		30TL
Akü (12V-60A)	Enerji dengeleme	1	200TL
Display	Ekran	1	30TL
Trafo (1:18)	Rüzgâr tribini çıkışı	1	20TL
ACS712(30A) Akımölçer	Devre Ölçümleri	3	51TL
Silindirik Sigorta 15A	Devre koruması	5	30TL
SG90 miko servo motor	Güneş takip sistemi	2	20TL
LM393 Hız Sensörü	Rüzgâr takip sistemi	1	20TL
TOPLAM			1757,6TL

Tablo 5. Maliyet hesabı

4.SİMÜLASYON ÇALIŞMALARI

4.1.Güneş Paneli Simülasyon

Güneş panelinden elde edilecek akım ve gerilim; ışınım ve panel yüzeyi sıcaklığına göre değişmektedir. Farklı ışınım ve sıcaklıktaki akım-gerilim ve güç-gerilim eğrilerini elde etmek için kullanılan MATLAB/simulink modeli güneş pilinin elektriksel eşdeğer devresindeki formüllere göre elde edilmiştir.

Güneş panelinin simülasyonu yapılmadan önce formüller tekrar hatırlanacak olursa;

Photo-current(Fotoakım)

$$I_{ph} = [I_{sc} + k_i \cdot (T - 298)] \cdot \frac{G}{1000} \quad (1)$$

Saturation current(Doyum akımı):

$$I_0 = I_{rs} \cdot \left(\frac{T}{T_n}\right)^3 \cdot \exp\left[\frac{q \cdot E_{g0} \cdot \left(\frac{1}{T_n} - \frac{1}{T}\right)}{n \cdot K}\right] \quad (2)$$

Reverse saturation(Ters doyum akımı):

$$I_{rs} = \frac{I_{sc}}{e^{\left(\frac{q \cdot V_{oc}}{n \cdot N_s \cdot K \cdot T}\right)} - 1} \quad (3)$$

Current through shunt resistor(Şönt direnç üzerinden akım):

$$I_{sh} = \frac{V + I \cdot R_s}{R_{sh}} \quad (4)$$

Output current(çıkış akımı):

$$I = I_{ph} - I_0 \cdot \left[\exp\left(\frac{q \cdot (V + I \cdot R_s)}{n \cdot K \cdot N_s \cdot T}\right) - 1\right] - I_{sh} \quad (5)$$

Bu denklemler yardımıyla önce güneş panelinin I-V ve P-V grafikleri çizdirilecektir. İlk olarak denklemlerin her birinin tek tek MATLAB/SİMULİNK'de blok diyagramları çıkarılacaktır. Daha sonra bu çıkarılan diyagramlar birleştirilip grafik elde edilecektir.

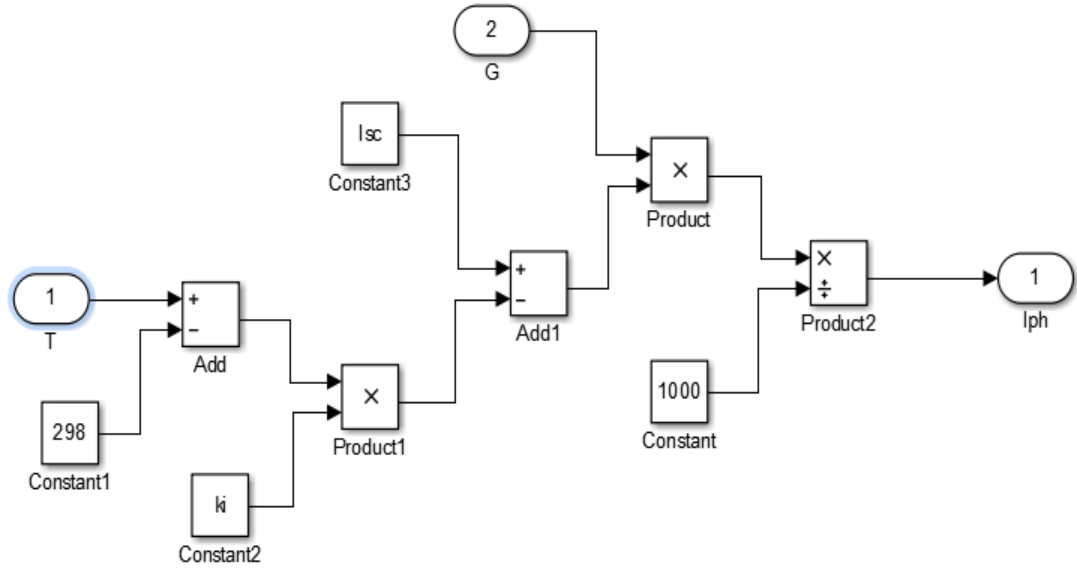
Anma gücü(W)	100W
Maksimum güçte voltaj(V_{mp})	18V
Maksimum güçte akım(I_{mp})	5.55
Açık devre voltajı(V_{OC})	22.1V
Kısa devre akımı(I_{SC})	6.05A
Toplam seri hücre sayısı(N_s)	36
Toplam paralel hücre sayısı(N_p)	1

Tablo 4. Kullanılan güneş panelinin etiket değerleri

I_{ph}	Foto-akım(A)	I_{ph}
I_{SC}	Kısa devre akımı(A)	I_{SC}
T	Çalışma sıcaklığı(K)	T
T_n	Nominal sıcaklık(K)	298
G	Güneş ışınımı(W/m^2)	G
q	Elektron yükü	1.6×10^{-19}
V_{OC}	Açık devre gerilimi(V)	V_{OC}
n	Diyotun idealite faktörü	1.3
K	Boltzmann's sabiti(J/K)	1.38×10^{-23}
E_{g0}	Yarı iletkenin bant aralığı enerjisi(eV)	1.1
N_s	Seri bağlı hücre sayısı	N_s
N_p	Paralel bağlı hücre sayısı	N_p
R_s	Seri direnç(Ω)	.221
R_{sh}	Şönt direnci(Ω)	415.405
V_T	Termal diyot gerilimi (V)	-
k_1	25°C ve $1000 W/m^2$ ' de hücrenin kısa devre akımı	.0032

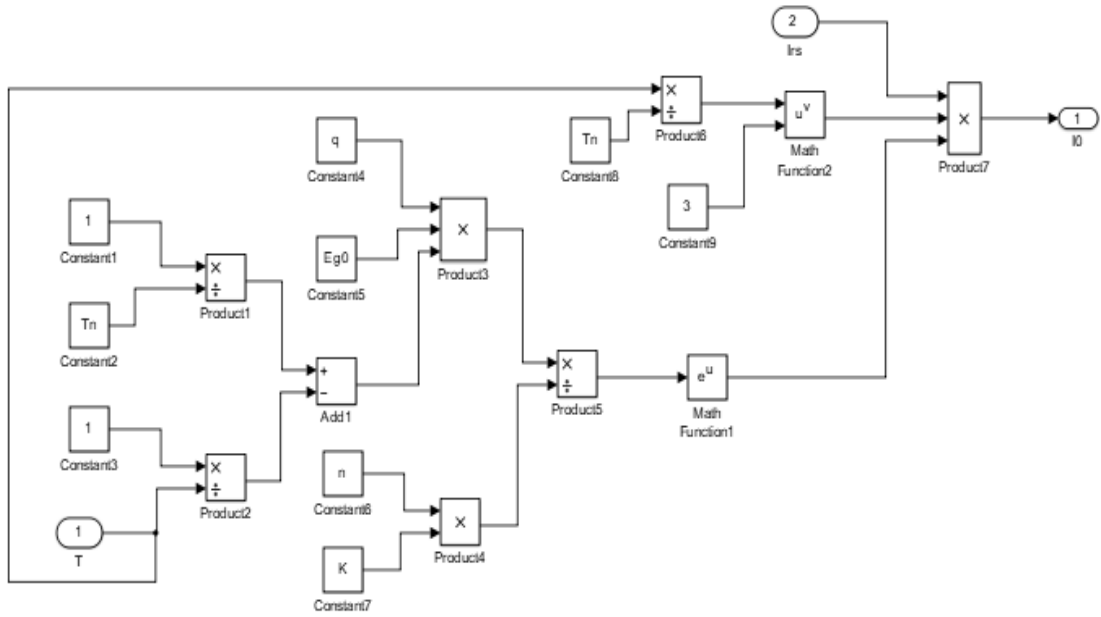
Şekil 52. Bazı kısaltmalar ve sabit sayılar

4.1.1. Blok diyagramlarının çizilmesi



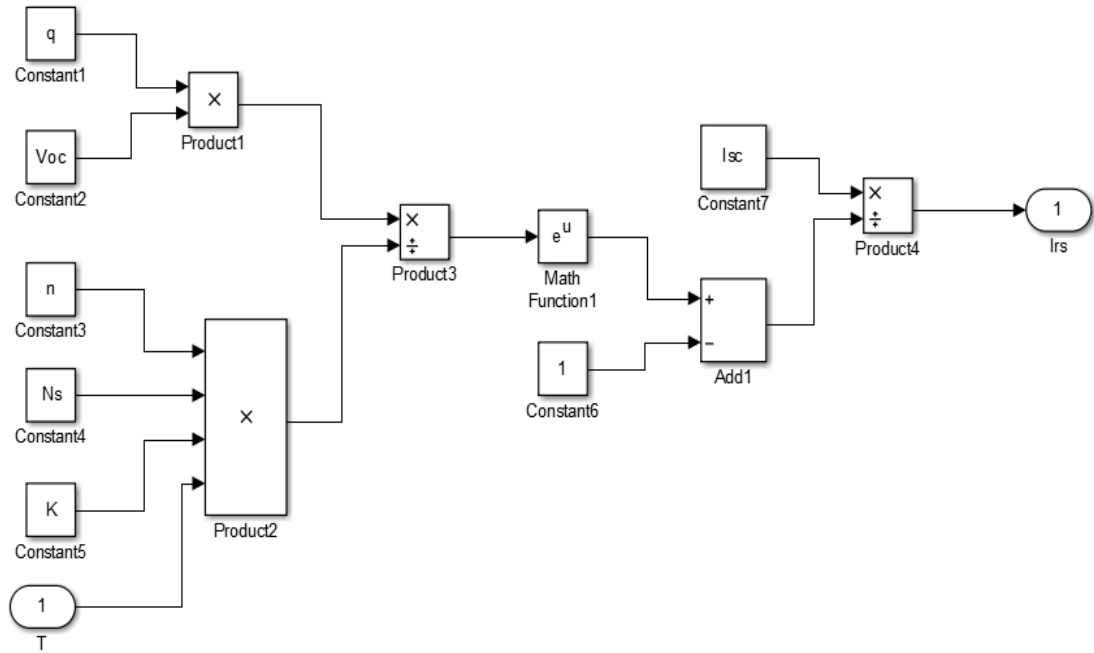
$$I_{ph} = [I_{sc} + \{k_i \cdot (T - 298)\}] \cdot G / 1000$$

Şekil 53. Fotoakım blok diyagramı



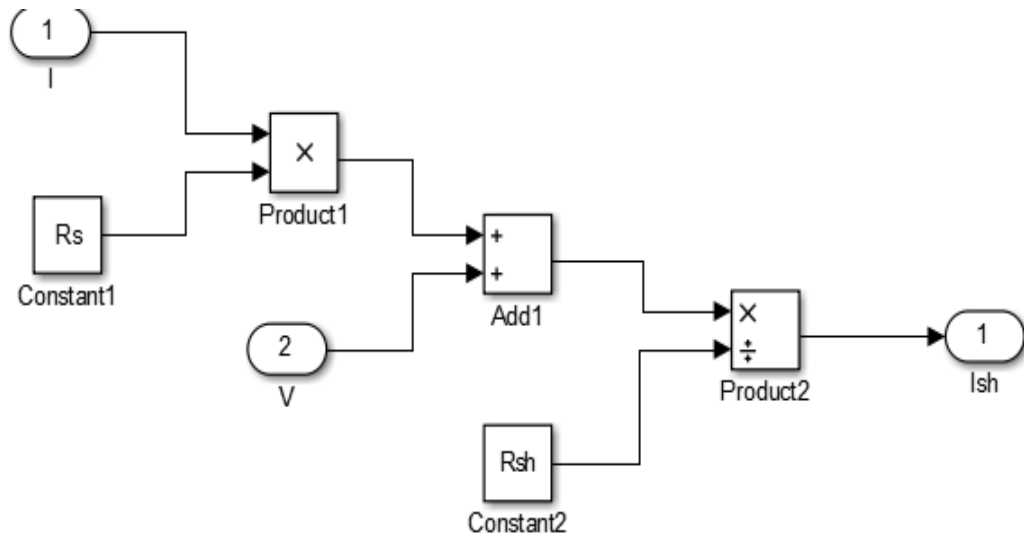
$$I_0 = I_{rs} \cdot (T/T_n)^3 \cdot \exp\left[\frac{q \cdot E_{g0} \cdot (1/T_n - 1/T)}{n \cdot K}\right]$$

Şekil 54. Doyum akımı blok diyagramı



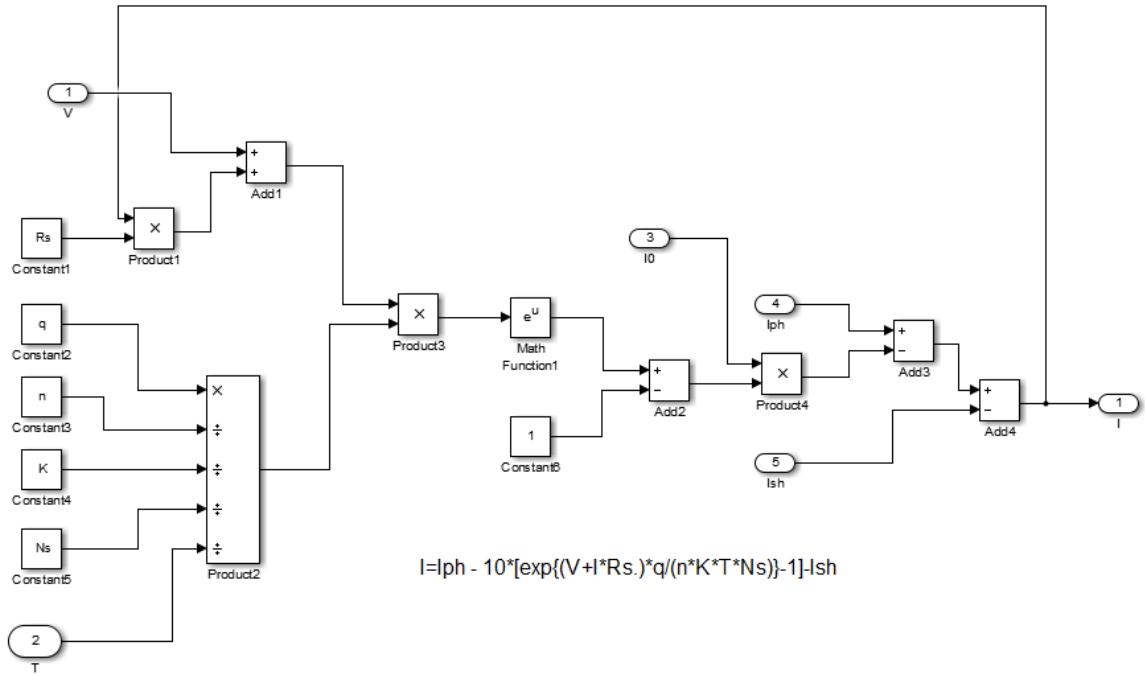
$$I_{rs} = I_{sc} / [\exp(q \cdot V_{oc} / (n \cdot N_s \cdot K \cdot T)) - 1]$$

Şekil 55. Ters doyum akımı blok diyagramı



$$I_{sh} = (V + I \cdot R_s) / R_{sh}$$

Şekil 56. Şönt direnç akımı blok diyagramı



Şekil 57. Çıkış akımı blok diyagramı

4.1.2. Elde Edilen Grafikler

Callback functions list:

- ClipboardFcn
- CloseFcn
- ContinueFcn
- CopyFcn
- DeleteChildFcn
- DeleteFcn
- DestroyFcn
- InitFcn*
- LoadFcn
- ModelCloseFcn
- MoveFcn
- NameChangeFcn
- OpenFcn
- ParentCloseFcn
- PauseFcn
- PostSaveFcn
- PreCopyFcn
- PreDeleteFcn
- PreSaveFcn

Content of callback function: "InitFcn"

```

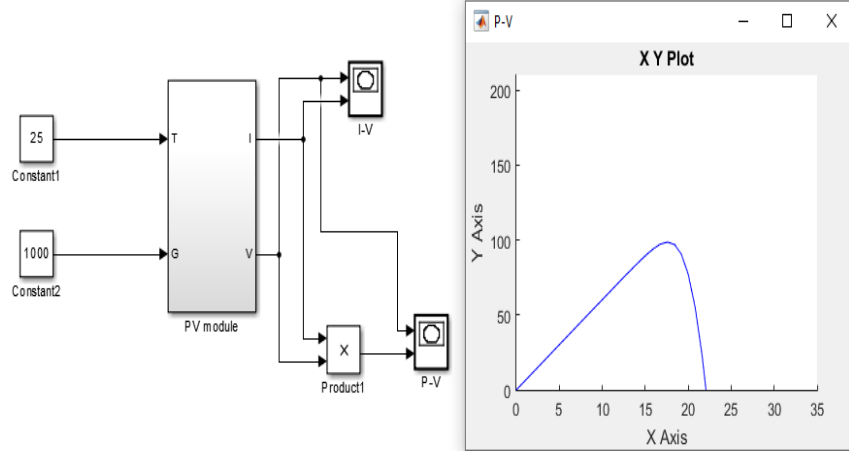
ki=.0032,
q=1.6e-19,
K=1.38e-23,
n=1.3,
Eg0=1.1,
Rs=.221,
Rsh=415.405,
Tn=298,

Voc=22.10,
Isc=6.05,
Ns=36,

```

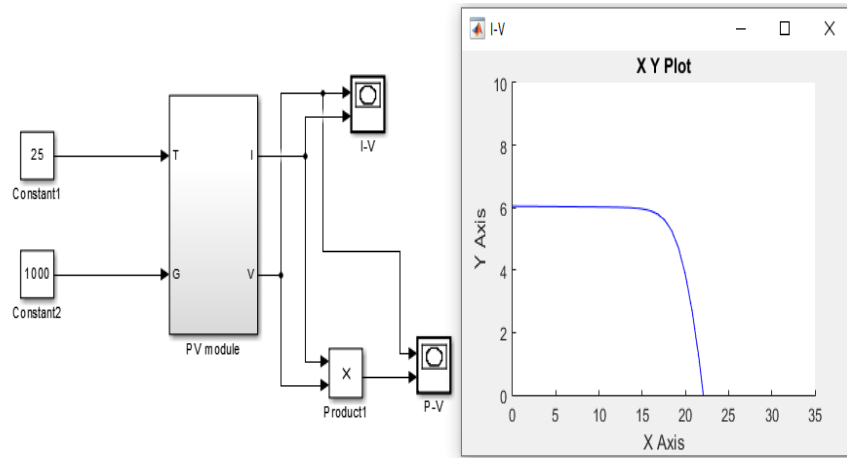
Şekil 58. Grafik çizimi için girilen değerler

a) PV Grafiği

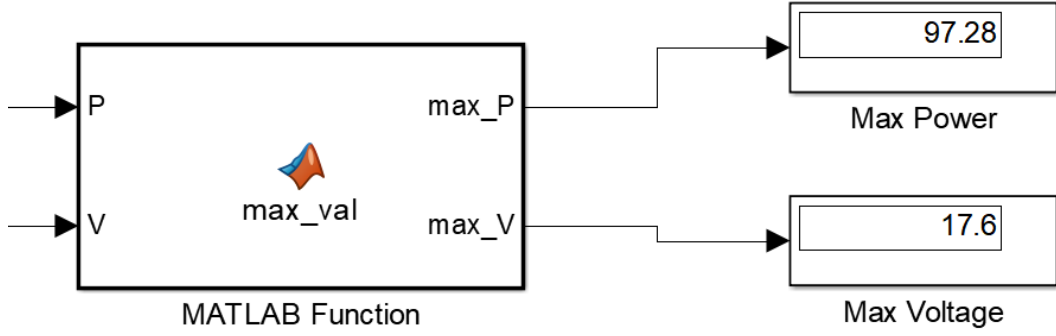


Şekil 59. P-V Grafiği

b) IV Grafiği



Şekil 60. IV Grafiği



Şekil 61. Display ekranında maksimum değerler

4.2. Sistemin yazılımı

Bu sistemde güneşi en verimli şekilde kullanılması amaçlanmıştır. İlgili kodlar aşağıdadır.

4.2.1. Kontrol Kartı Kodları

```
#include <Servo.h>

Servo YATAY;
Servo DIKEY;

int pos1 = 90; // servo1 başlangıç konumu
int pos2 = 90; // servo2 başlangıç konumu
const int LDR_SOL = A0; // mor
const int LDR_SAG = A1; // mavi
const int LDR_YUKARI = A2; // yeşil
const int LDR_ASAGI = A3; // sarı
const int pot_pin = A4;

int SOL = 0;
int SAG = 0;
int YUKARI = 0;
int ASAGI = 0;
int pot = 0;

void setup(){
```

```

YATAY.attach(9); //alt motor tanıtım
DIKEY.attach(10); //üst motor tanıtım
Serial.begin(9600);}
void loop(){
SOL = analogRead(LDR_SOL);
SAG = analogRead(LDR_SAG);
YUKARI = analogRead(LDR_YUKARI);
ASAGI = analogRead(LDR_ASAGI);
pot = analogRead(pot_pin);
pot = map(pot, 0, 1023, 0, 50);
if (SOL > ( SAG + pot )){
if (pos1 > 0)
pos1 -= 1;
YATAY.write(pos1);}
if (SAG > ( SOL + pot )){
if ( pos1 < 180 )
pos1++;
YATAY.write(pos1); }
if (YUKARI > ( ASAGI + pot )) {
if ( pos2 > 0 )
pos2 -= 1;
DIKEY.write(pos2); }
if (ASAGI > ( YUKARI + pot )){
if (pos2 < 180)
pos2++;
DIKEY.write(pos2);}
delay(60);}

```

4.2.1 Ana ARDUİNO Yazılımı

Projemiz kapsamında temiz enerjinin en verimli şekilde kullanılabilmesi için en iyi tasarım ve kontrolün yapılması gerekiyordu. Bu sebeple mühendisliğin temelini inilerek hâlihazırdaki malzemeler fiyat/performans bazında değerlendirmeye alındı. Buna bağlı olarak toplam sistem üzerinde denetlemeler yapılması gerekiyordu. Sistemdeki güç çıkışlarına(güneş paneli, rüzgâr tribünü ve akü) denetleyici sensörler (akım trafosu ve gerilim ölçer) tasarlamamız/satın almamız gerekti. Bu ölçümleri sırasıyla;

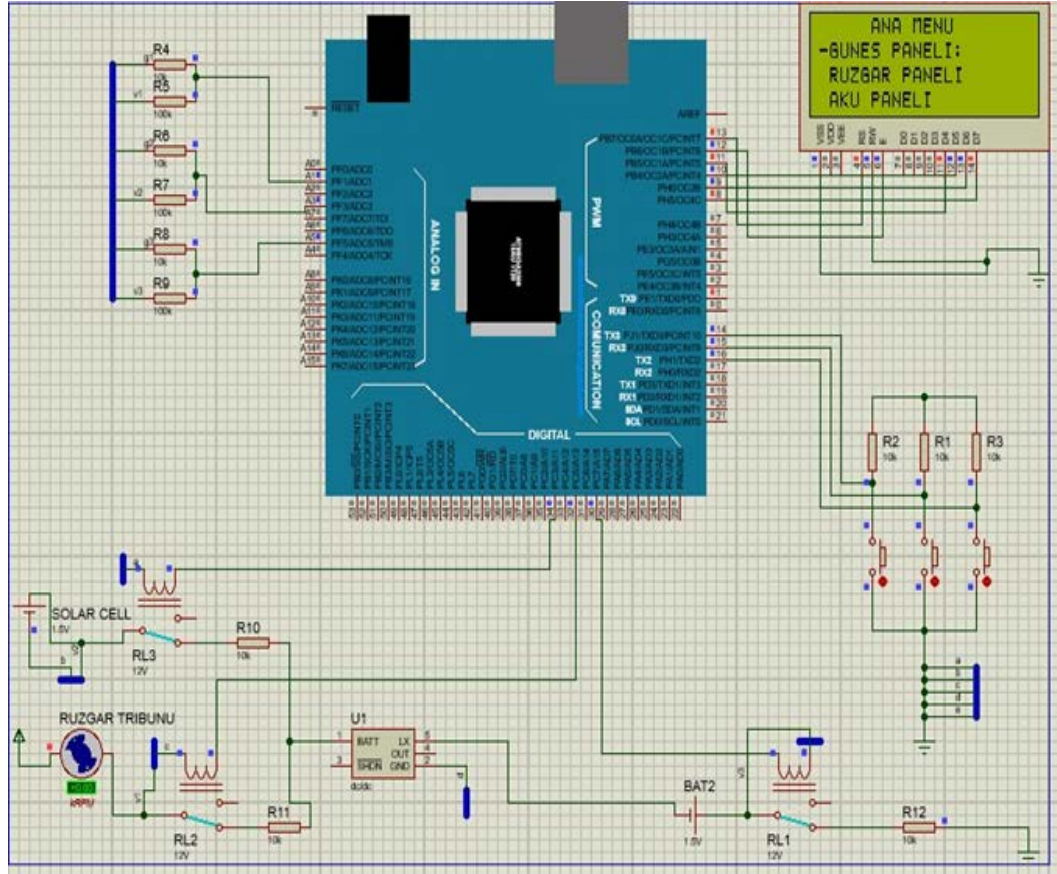
- Güneş paneli,
- Rüzgâr tribünü,
- Akü çıkışı

Olmak üzere 3 adettir. Ayrıca bu ölçümleri 4 ayrı ekranda (LCD Display sekmesi) görüp gerekli yerlerde röleler sayesinde açma kapama yapılabilir.

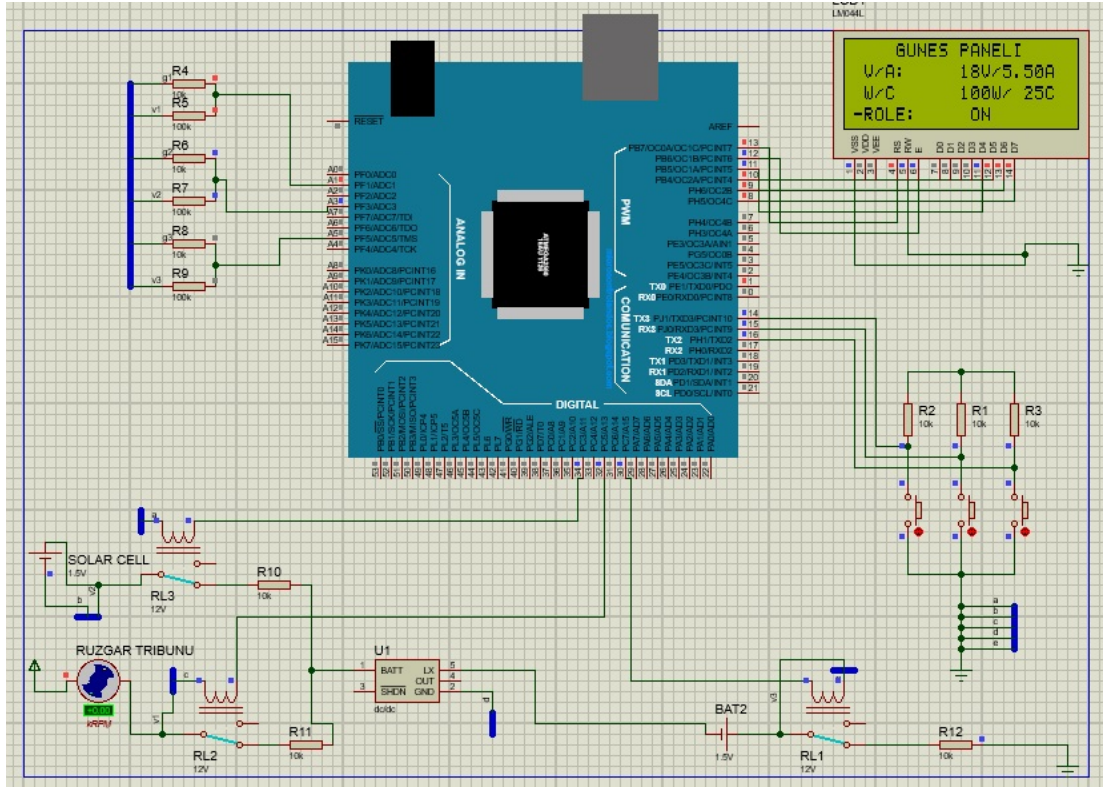
Bunun yanında tasarımında 3 buton bulunmakta bunlar sırasıyla “OK”,”AŞAĞI” ve “GERİ” dir. Bu butonlara basarak rahatlıkla menüler arasında geçiş yapılabilir. Ayrıca istenilen menüde durarak o panelden anlık değerler alınabilecektir.

Bu proje içerisinde 2. bir bağımsız ARDUİNO MEGA kullanılması gerekti. Bunun sebebi ise güneşi takip etmek için ekstra bellek gerekmektedir. Ayrıca kodların yazılması ve işlenmesi sırasında hataya sebebiyet verebilecek şekilde karmaşık kodlar bulunmaktaydı. ARDUİNO kartının doğası gereği kodları sırayla ve satır satır işlenmektedir. Ancak kesme işlemi uygulanırsa kod arasına girip işlem yaptırılabilir. Hataya mahal verilmemesi için 2. ARDUİNO UNO’da güneşi takip eden servo motorlu sistemim kuruldu. Röle ile de kontrol altında tutulmaktadır.

Kod öncesi Proteus Çizimi



Şekil 62. Ana menü Proteus çizimi



Şekil 65. Güneş Paneli Display Proteus çizimi

4.2.2. Ana Yazılım Kodları

```
#include <LiquidCrystal.h> // display için gerekli kod
LiquidCrystal lcd(8, 9, 10, 11, 12, 13);

//BUTON

#define Buton 31
#define Buton 33
#define Buton 35

//EKTRAN MENÜ
int i = 1; // imleç başlangıç noktası
int page = 1;
int x = 0; int y = 0;
int son = 0; int son2 = 0; int son3 = 0;
int diger = 1; int diger2 = 1; int diger3 = 1;
volatile boolean inv = false;
volatile boolean tus = false; volatile boolean tus3 = false;
volatile boolean inv2 = false;
```

```

//GERİLİM-AMPER ÖLÇER
int analogInput = 0;
float vout = 0.0;
float vin = 0.0;
float vin1 = 0.0;
float vin2 = 0.0;
float R1 = 100000.0; // 100K ohm direnç
float R2 = 1000.0; // 1K ohm direnç
int value = 0;
//RÖLE
int role=30;
int role1=32;
int role2=34;
//SICAKLIK
int lm35Pin = A6;
//HIZ ÖLÇER
int encoder = 36;
int rpm;
int wat;
int wat1;
int wat2;
void setup() {
    pinMode(lm35Pin, INPUT);
    pinMode(encoder, INPUT);
    pinMode(role, OUTPUT);
    pinMode(role1, OUTPUT);
    pinMode(role2, OUTPUT);
    analogReference(INTERNAL);
    lcd.clrScr();// kod çalışmadan önce ekran temizlensin
    pinMode(2, INPUT);
    attachInterrupt(0,countpulse,RISING);
}

```

```

lcd.begin(16, 2);
Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  int z = digitalRead(35);
  int y = digitalRead(33);
  int x = digitalRead(31);
  geri();
  if (page == 1) {
    lcd.clrScr();
    lcd.print("ANA MENU", CENTER, 0);
    lcd.invertText(false);
    lcd.print("GUNES PANELI:", 1, 2);
    lcd.print("RUZGAR PANELI", 1, 3);
    lcd.print("AKU PANELI", 1, 4);
    lcd.print("-", 0, i); lcd.update();
    yon();
  }
  gunes();
  if (page == 2)
  {
    lcd.clrScr();
    lcd.print("GUNES PANELI", CENTER, 0);
    lcd.invertText(false);
    voltGunes();
    lcd.print("V / A:", 1, 2);
    lcd.print(vin, 10, 2);
    lcd.print("V /", 12, 2);
    lcd.print(Currentnow, 15, 2);
    lcd.print("A", 18, 2);
    lcd.print("W / C:", 1, 3);
  }
}

```

```

wat=Currentnow*Currentnow+vin;
lcd.print(wat, 10, 3);
lcd.print("W /", 12, 3);
lcd.print(sicaklikC, 15, 3);
lcd.print("7C", 18, 3);
lcd.print("ROLE :", 1, 4);
if (inv2 == true && page == 1)
  lcd.print("ON", 10, 4);
  digitalWrite(role, HIGH);
if (inv2 == false && page == 1)
  lcd.print("OFF", 10, 4);
  digitalWrite(role, LOW);
yon();
}
ruzgar();
if (page == 3 )
{
  lcd.clrScr();
  lcd.print("RUZGAR", CENTER, 0);
  lcd.invertText(false);
  voltRuzgar();
  lcd.print("V / A:", 1, 2);
  lcd.print(volt1, 10, 2);
  lcd.print("V /", 12, 2);
  lcd.print(amper1, 15, 2);
  lcd.print("A", 18, 2);
  lcd.print("W / C:", 1, 3);
  wat1=Currentnow1*Currentnow1+vin1;
  lcd.print(wat1, 10, 3);
  lcd.print("W /", 12, 3);
  lcd.print(rpm, 15, 3);

```

```

lcd.print("RPM", 18, 3);
lcd.print("ROLE :", 1, 4);
if (inv2 == true && page == 1)
  lcd.print("ON", 10, 4);
  digitalWrite(role1, HIGH);
if (inv2 == false && page == 1)
  lcd.print("OFF", 10, 4);
  digitalWrite(role1, LOW);
  yon();
}
aku();
if (page == 4 )
{
  lcd.clrScr();
  lcd.print("AKU", CENTER, 0);
  lcd.invertText(false);
  voltAku();
  lcd.print("V / A:", 1, 2);
  lcd.print(volt2, 10, 2);
  lcd.print("V /", 12, 2);
  lcd.print(amper2, 15, 2);
  lcd.print("A", 18, 2);
  lcd.print("W:", 1, 3);
  wat2=Currentnow2*Currentnow2+vin2;
  lcd.print(wat2, 10, 3);
  lcd.print("W", 12, 3);
  lcd.print("ROLE :", 1, 4);
  if (inv2 == true && page == 1)
    lcd.print("ON", 10, 4);
    digitalWrite(role2, HIGH);
  if (inv2 == false && page == 1)

```

```

    lcd.print("OFF", 10, 4);
    digitalWrite(role2, LOW);
    yon();
void countpulse(){
    counter++;
}
}
void geri()
{ int z = digitalRead(31);
  if (z == 1)
  { i = 10;
    page = page - 1;
    if (page < 1)
      page = 1;
  }
}
void secim()
{
  int y = digitalRead(33);
  if (y == 1 && i != 1 && i != 1)
  {
    page = 2;
    i = 1;
  }
}
void yon()
{ int x = digitalRead(35);
  if (x == 0)
    diger = 0;
  if (x == 1 && diger == 0)
  {

```

```

    son = 1;
    tus = true;
}
if (son == 1 && tus == true)
{ diger = 1;
  lcd.clrScr();
  lcd.update();
  i = i + 1;
  tus = false; son = 0;
  if (i > 4)
  {
    i = 1;
  }
}
}
// Rüzgar Volt ve amper değerler
voltRuzgar();
for (int i = 0; i < 1000; i++) {
Voltage = (Voltage + (.0049 * analogRead(A1))); // (5 V / 1024 (Analog) = 0.0049)
delay(1);
}
Voltage = Voltage / 1000;
Current = (Voltage - 0.5) / 0.066; // Akımı gösteren gerilim değerine dönüşümü
double Currentnow = (Current / 2.2) - 0.15;
delay(10);
value = analogRead(A0);
vout = (value * 5.0) / 1024.0;
vin = vout / (R2 / (R1 + R2));
if (vin < 0.09) {
vin = 0.0;
}
}

```



```

//rüzgar tribünü hız ölçümü
int rpm;
void loop(){
  static uint32_t previousMillis;
  if (millis() - previousMillis >= 1000) {
    rpm = (counter/20)*60;
    counter = 0;
    previousMillis += 1000;
  }
}

// Güneş Volt, AMPER
voltGunes();
for (int i = 0; i < 1000; i++) {
  Voltage = (Voltage + (.0049 * analogRead(A3))); // (5 V / 1024 (Analog) = 0.0049)
  delay(1);
}

Voltage = Voltage / 1000;
Current = (Voltage - 0.5) / 0.066; // Akımı gösteren gerilim değerine dönüşümü
double Currentnow1 = (Current / 2.2) - 0.15;
delay(10);

value = analogRead(A2);
vout = (value * 5.0) / 1024.0;
vin1 = vout / (R2 / (R1 + R2));
if (vin1 < 0.09) {
  vin1 = 0.0;
}
}

```

```
//SICAKLIK ÖLÇER
```

```
int sicaklikVolt = analogRead(lm35Pin);
```

```
float sicaklikC = sicaklikC = sicaklikVolt / 9.31;
```

```
// Akü Volt ve amper değerler
```

```
voltAku();
```

```
for (int i = 0; i < 1000; i++) {
```

```
Voltage = (Voltage + (.0049 * analogRead(A5))); // (5 V / 1024 (Analog) = 0.0049)
```

```
delay(1);
```

```
}
```

```
Voltage = Voltage / 1000;
```

```
Current = (Voltage - 0.5) / 0.066; // Akımı gösteren gerilim değerine dönüşümü
```

```
double Currentnow2 = (Current / 2.2) - 0.15;
```

```
delay(10);
```

```
value = analogRead(A4);
```

```
vout = (value * 5.0) / 1024.0;
```

```
vin2 = vout / (R2 / (R1 + R2));
```

```
if (vin2 < 0.09) {
```

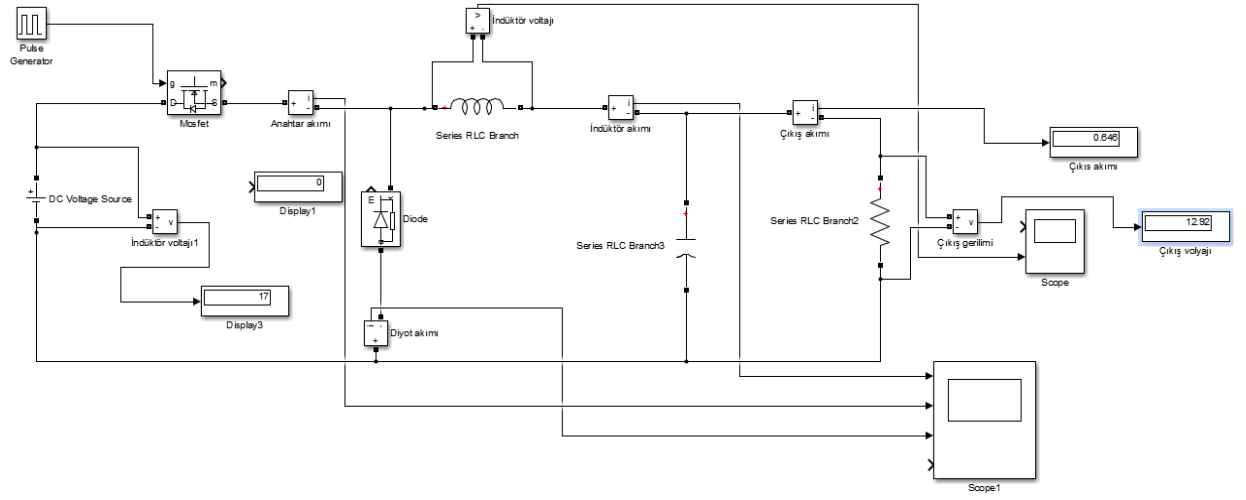
```
vin2 = 0.0;
```

```
}
```

4.3. BUCK Konverter simülasyonu

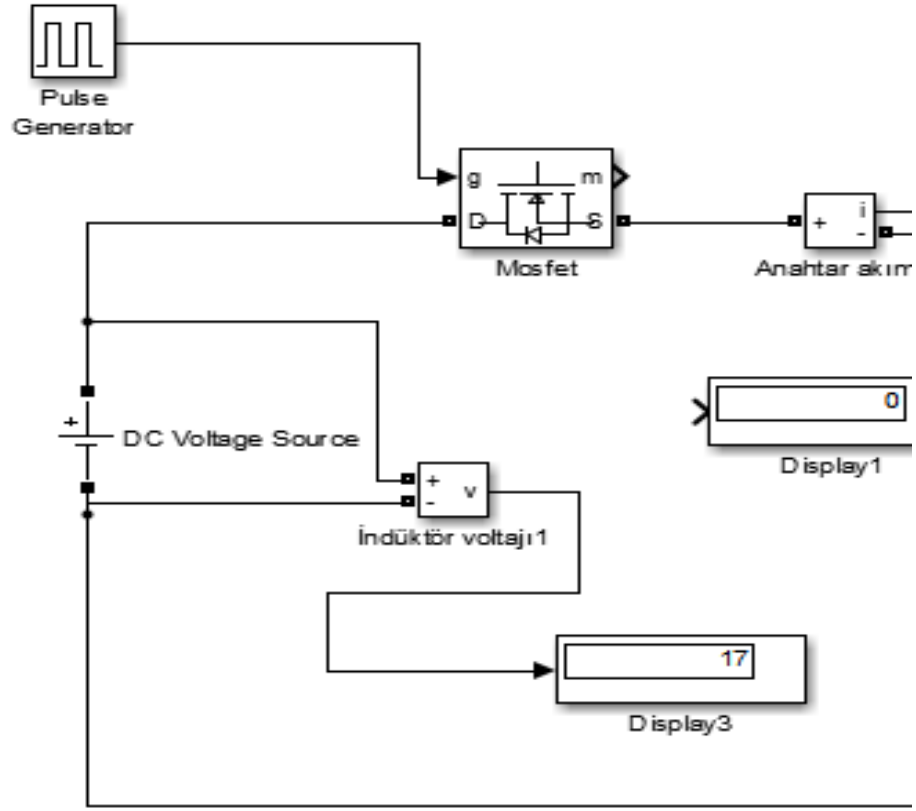
Buck konverter akünün depolanması için ihtiyaç duyulan 12V'u elde edecektir.

4.3.1. Matlab/Simulink diyagramları

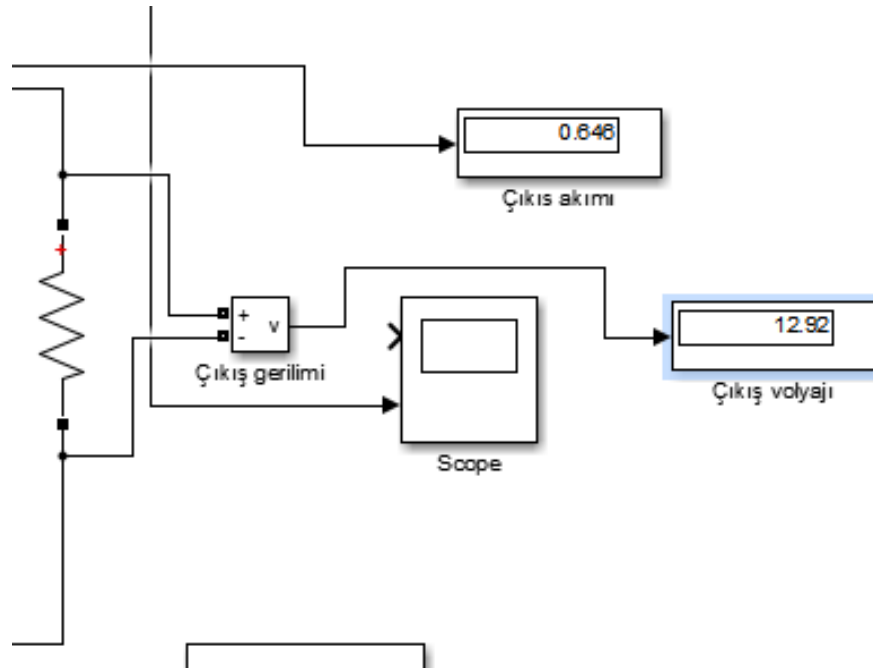


Şekil 66. BUCK konvertör modellemesi

Giriş ve çıkış değerlerine daha yakından bakacak olursak;



Şekil 67. Giriş voltajının display gösterimi



Şekil 68. Çıkış voltajının display gösterimi

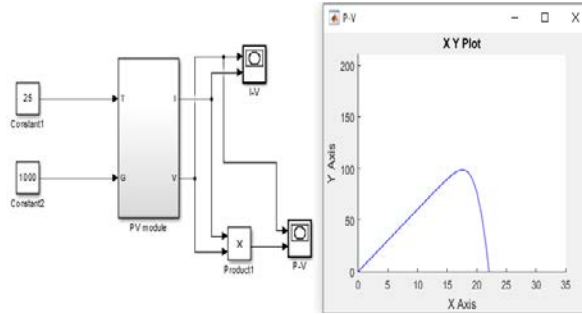
5.SONUÇLAR

5.1 Genel Açıklamalar

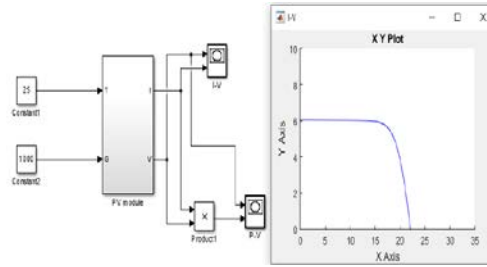
Biz bu çalışmamızda yenilenebilir enerji kaynakları kullanarak enerji elde etmeyi başarmayı hedefledik. İlgili araştırmada öncelikle literatür taraması gerçekleştirdik. Bununla birlikte sistemimiz daha önce yapılmış mı? Yâda biz bu sisteme yenilikçi neler ekleyebileceğimizi kararlaştırdık. Sonrasında piyasa araştırması yapıldı ve ihtiyaç/beklenti durumu incelendi. Ardından ülkemizde bu sistemin ne kadar verimli olacağı araştırıldı. Sistem için kullanılacak prototip malzemeleri internette araştırıldı. Malzemelerin katalog değerlerine ve fiyat/performans değerlerine göre seçtik. Sistemi taslak olarak kâğıda döktük ve olası problemlere karşı ne gibi önlemler alabileceğimiz konusunda tartıştık. Ardından sistemi simulink ve Proteus ta modelledik ve sonuçları inceledik.

Sistemimiz rüzgâr tribünü ve güneş panelinden oluşmaktadır. Bu sistemlerin sabit istikrarlı enerji verebilmeleri için enerji çıkışlarına batarya eklendi. Sistemimize ayrıca güneş takip sistemi, sıcaklık ölçer ve rüzgâr hızını ölçebileceğimiz bir encoder eklendi. DC/AC geçişlerini istediğimiz şekilde gerçekleyebilmek için buck devresi tasarlandı ve sisteme eklendi. Bunları displayden kontrol edebilmemiz için röle sistemi ve yazılım tasarlandı.

5.2 Simülasyon Sonuçları

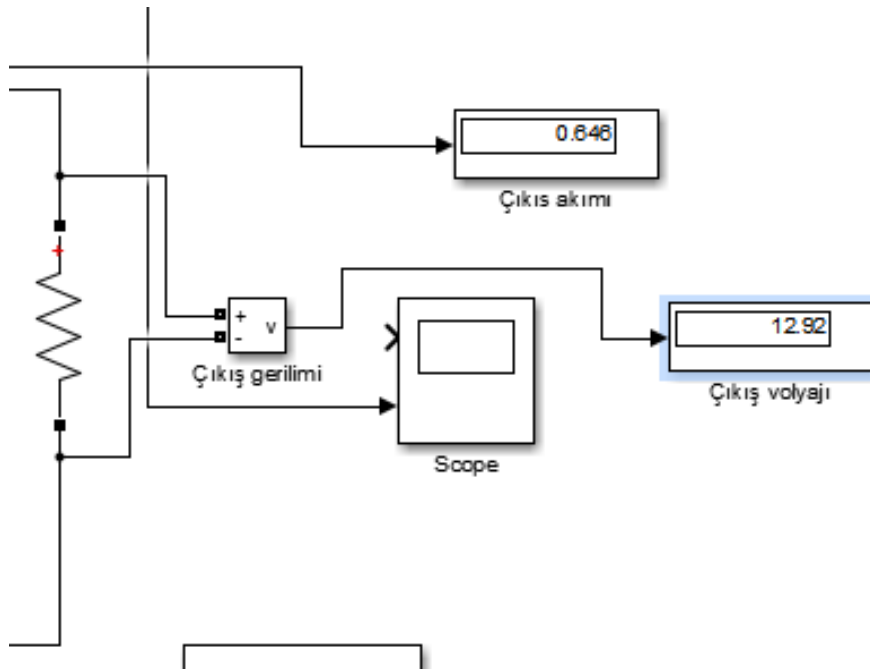


Şekil 69. Simülasyon sonucu değerlendirilmesi 1



Şekil 70. Simülasyon sonucu değerlendirilmesi 2

Güneş paneli simülasyonu sonucunda olması gereken grafikler çizdirilmiş ve değerler alınmıştır.



Şekil 71. Simülasyon sonucu değerlendirilmesi 3

Buck konvertör tasarımı başarıyla tamamlanmış olup istenen düşürme işlemi gerçekleşmiştir. 17V DC'den 12-13V arası DC elde edilmiştir.

5.3 Değerlendirmeler

Tasarımı yaparken baştaki amacımız sadece temiz enerji elde edip fosil kaynaklara bağımlılığı azaltmaktı. Fakat ödevde ilerledikçe sistemlerin analizini yapıp olanı geliştirmek gerektiği kanısına vardık. Bu tasarım boyunca elde edilen bilgiler sayesinde ilerleyen işlerimizde iş verimliliğimizi arttıracamıza inanıyoruz. Tasarıma gelince tasarımda istenen sonuca varılmış olup hesaplanan değerler elde edilmiştir. Birkaç ekleme yapılmış olmasına rağmen vaat edilen tasarım ortaya konmuştur ve analizleri sonucu işe yarar bir sistem olduğunu ispatlamıştır.

KAYNAKLAR

- [1]S. C. Bhattacharyya, “Mini-grid based electrification in Bangladesh: Technical configuration and business analysis,” *Renewable Energy*, vol. 75, pp. 745–761, 2015.
- [2]M. S. Adaramola, S. S. Paul, and O. M. Oyewola, “Assessment of decentralized hybrid PV solar-diesel power system for applications in Northern part of Nigeria,” *Energy For Sustainable Development*, vol. 19, no. 1, pp. 72–82, 2014.
- [3]H. Biberoglu and T. Pala, “Bir konutun elektrik ihtiyacının şebeke bağlantılı pv sistemle tasarımı, ekonomik analizi ve çevresel etkilerinin belirlenmesine yönelik bir yaklaşım : Düzce ilinde bir konut uygulaması,” *Düzce Üniversitesi İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, c. 5, s. 2, ss. 190-200, 2016
- [4]Ali Kashefi Kaviani, Hamid Reza Baghaee, and Gholam Hossein Riahy, “Optimal sizing of a stand-alone wind/photovoltaic generation unit using particle swarm optimization,” *Simulation*, vol. 85, no. 2, pp. 89–99, 2009.
- [5]I. C. Value and I. No, “Engineering optimization of off-grid hybrid solar-wind power flow system to obtain maximum power generation,” *Research Paper*, vol. 5, no. 6, pp. 409–411, 2016.
- [6]D. B. Nelson, M. H. Nehrir, and C. Wang, “Unit sizing and cost analysis of stand-alone hybrid wind/PV/fuel cell power generation systems,” *Renewable Energy*, vol. 31, no. 10, pp. 1641–1656, 2006.
- [7]M. H. Nehrir, B. J. Lameres, G. Venkataramanan, V. Gerez, and L. A. Alvarado, “Performance evaluation of stand-alone wind/photovoltaic generating systems,” *Power Engineering Society Summer Meeting*, 1999, pp. 555-559. [
- [8]S. Alkan, A. Öztürk, S. Zavrak, S. Tosun, and E. Avcı, “Bir evin elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayacak fotovoltaiik sistemin kurulumu,” *Elektrik – Elektronik – Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu*, Bursa, Türkiye, 2014, ss. 78–82.
- [9]http://www.emo.org.tr/ekler/1076c3237c38c7f_ek.pdf?dergi=1123
- [10]https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/8453498933681d8_ek.pdf
- [11] Bir hibrit enerji sisteminin modellenmesi ve analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

- [12] Güneş ve rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretimi sistem tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya 114s
- [13] Tsai HL, Tu CS, Su YJ, Development of Generalized Photovoltaic Model Using Matlab/Simulink. IAENG Proc. of the World Cong. on Eng. and Comp. Sci., San Francisco, USA., Oct. 22-24, 2008,
- [14] J. Duffie ve W.A.Beckman, Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley&Sons, 1980
- [15] <https://moduled.com.tr/gunes-pili-nedir-nasil-calisir/>
- [16] Ergür, Ö., “Rüzgar Türbinleri İle Enerji Üretimi”, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.
- [17] A. Taşçıkaraoğlu: Rüzgâr türbinlerinin güç kalitesi üzerine etkilerinin incelenmesi, 2008. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez çalışması.
- [18] Demirtaş, M., Sefa, İ., Irmak, E., Çolak, İ., 2008. Güneş Enerjili Sistemler İçin Mikrodenetleyici Tabanlı Da/Da Yükselten Dönüştürücü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 720-730.

EKLER

- Ek – 1 Standartlar ve Kısıtlar Formu
- Ek – 2 IEEE Etik Kuralları(IEEE Code of Ethics) Türkçe ve İngilizce

EK – 1 STANDARTLAR VE KISITLAR

1.Çalışmanın amacını özetleyiniz.

Enerji üretim sistemlerinde kullanılan rüzgar türbini ve güneş panellerinin birleşimiyle oluşan bir hibrit sistemin tasarımını ve analizini uygun devrelerle gerçekleştirmek temel amacdır. Fosil yakıtların azalması ve yetersiz kalması günümüzde artan enerji ihtiyacını karşılamada yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırılmasını ve kullanılmasını hızlandırmıştır. Ayrıca fosil yakıtların kullanımı çevreyi de olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle araştırmalarda öne çıkan başlıca yenilenebilir enerji kaynakları güneş ve rüzgârdır. EEM tasarım raporunda yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş ve rüzgâr hakkında teorik bilgiler anlatılmış olup, bu iki kaynağın birleşiminden elde edilen şebekeden bağımsız bir güneş-rüzgâr hibrit sistemi tasarlanıp MATLAB/Simulink'de modellenmiş ve elde edilen sonuçlar incelenmiştir. Ülkemizin genelinde güneş enerjisi potansiyeli, belirli bölgelerde de rüzgâr enerjisi potansiyeli oldukça yüksektir. Bu kaynaklar atmosferik şartlara bağlı olduğu için üretilen enerji miktarı değişkendir. Bu nedenle ülkemizin tüm enerji ihtiyacının yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması mümkün değildir. Ancak yenilenebilir enerji kaynakları ile üretilen enerji miktarının toplam enerji üretimi içindeki payının artırılması çok önemlidir. EEM Tasarım raporunda AURDUINO kullanılmış olup hibrit sistemin kontrolü ve elde edilen gerilim, akım, rüzgâr hızı gibi değerlerin görülmesi amaçlanmıştır.

2.Çalışmanın tasarım boyutunu açıklayınız

Proje var olan fotovoltaik pillerin ve rüzgar türbinlerin hibrit sistem adı altında ufak çaplı uygulanabilirliğini gösterip analizini yapıldı. Bu EEM Tasarım çalışmasının konusu olan uygulamanın temelini rüzgâr ve güneşten oluşan hibrit sistemin kontrolü ve analizi oluşturmaktadır. Daha önceden seçilen bir yere yerleştirilen rüzgâr türbini ve güneş panelinin enerji üretmesi amaçlanmaktadır.

Rüzgâr türbininden elde edilen AC enerji bir (AC/DC) dönüştürücü DC olarak çıkış alınacaktır. Aynı şekilde fotovoltaik pilin çıkışından DC enerji elde edilecektir.

Elde edilen DC enerjiler ortak bir aküde birleştirilip akü çıkışına bir yükselteç ve DC/AC dönüştürücü bağlanacaktır. Enerji elde edilmesi bu şekildedir. Önceden

yazılan kodlar sayesinde güneş paneli güneş takip eder şekilde çift eksenli olarak hareket edecektir. Bu kodlar aynı zamanda rüzgâr hızı, elde edilen enerji miktarlarını, akımları ve gerilimleri gösterecektir.

Türbinin bıçak uzunluğu(70cm) olacaktır. Rüzgar türbini anma gerilimi 12/24 V olacaktır ve anma gücü 100 W olacaktır. Güneş paneli maksimum 100 watt üretecektir. Bize gelecek olan enerji 220 V AC enerji olacaktır. Güneş paneli x-y ve z-y ekseninde hareket sağlayacaktır. Güneşi ışınlarını 90° alacak şekilde takip edecektir. Panel ve türbinden beklediğimiz maksimum DC volt 40 voltur. LCD ekran 20x4 boyutlarında olacaktır. Çıkış değerleri 220V 3A olacaktır.

Kontrol kartı olarak ARDUINO UNO ve ARDUINO MEGA kullanılacaktır. ARDUINO UNO güneş takip sisteminde kullanılacaktır. ARDUINO MEGA tüm sistem kontrolü için kullanılacaktır. Ayrıca ARDUINO UNO nun açma kapama işlemin de ARDUINO MEGA yapacaktır. Sistem kontrolü için panelde 3 buton bulunacaktır. Bu butonlar sırasıyla “OK” seçmek ve değiştirmek için “AŞAĞI” seçim yapacak oku ekranda hareket ettirmek için. “GERİ” sistemden ilgili yerden çıkmak için kullanılacaktır. Sistemde güneş paneli, rüzgar türbini ve akü den gerilim ve akım değerleri okunacaktır. Bunun yanında rüzgar türbini hız kontrolü, güneş paneli ve sıcaklık kontrolü sağlanacaktır. Bu sistemler ana kontrol kartından röle vasıtasıyla manuel olarak kapatılıp açılabilir.

3. Bu çalışmada bir mühendislik problemini kendiniz formüle edip, çözdünüz mü?

Bu çalışmada elektromekanik olarak incelenen hibrit sistemin yazılımının ARDUİONU yazılıp Matlab/Simülink ile modellenmesi işlemleri yapılmıştır. Aynı zamanda teyit etmek için formüller kullanılıp Simülinkte görülen sonuçlar hesaplanmıştır. EEM tasarım raporunda rüzgar gücü hesabı, türbinden elde edebileceğimiz akım ve gerilim hesabı, rüzgar türbininin verimlilik hesabı, güneş panelinin güç, verimlilik, akım, gerilim hesapları yapılmıştır.

4. Çalışmada kullandığınız yöntemler nelerdir ve önceki derslerde edindiğiniz hangi bilgi ve becerileri kullandınız? Açıklayınız.

Elektrik Devreleri I-II, Güç elektroniği, Programlama ve Mühendislik yazılımı derslerinin faydası projede görülmüştür. Bu çalışmada Araştırma, Raporlama, Simule etmek gibi çeşitli yöntemler kullanılmıştır.

5. Kullandığınız veya dikkate aldığınız mühendislik standartları nelerdir?

5627, 5346, 3096, 6446 ve 5909 sayılı mühendislik standartları ve kanunları kullanılmıştır.

TS EN 61400-1 : Rüzgar türbinleri tasarım kuralları hakkındaki standartlardır.

TS EN 61400-2 : Rüzgar türbinleri jeneratör sistemleri küçük rüzgar türbinlerinin güvenliği hakkındaki standartlardır.

TS EN 61400-12 : Rüzgar türbinleri üreteç sistemleri, rüzgar türbini güç performans deneyi hakkındaki standartlardır.

IEC 61400-22 : Uygunluk testi ve sertifikasyonu standartlıdır.

EN 61730 : Güneş paneli ile ilgili bu standart ise, fotovoltaik modüllerin tahmini çalışma süresince elektriksel ve mekanik çalışma güvenliğini sağlamak için gereken şartları tanımlar. Mekanik ve çevre etkilerinden kaynaklanan elektriksel şokların, yangın tehlikesi ve kişisel yaralanmaların önlenmesini değerlendirmek için verilmiştir.

TS EN 61683 : Fotovoltaik sistemleri, güç şartlandırıcılar ve verim ölçme prosedürü ile ilgili standarttır.

TS 12690 : Güneş enerjisi sistemleri için kurallarla ilgili standarttır.

TS EN 60904-1 : Fotovoltaik akım, gerilim karakteristiklerinin ölçülmesi ile ilgili standarttır.

5627 Sayılı Enerji Verimliliği

5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi

3096 Sayılı Türkiye Elektrik Kurumu Dışındaki Kuruluşların Elektrik Üretimi, İletimi,

6446 Elektrik Piyasası

Dağıtım Ve Ticareti İle Görevlendirilmesi Hakkında

Enerji Kaynakları ve Enerji Kullanımında Verimliliğinin Arttırılması Yönetmeliği
Elektrik Motorlarının Değişimi Konusundaki Yönetmelik
Bina Enerji Performans Yönetmeliği
Eurovent Standartları
BAT-Best Available Techniques
IE Elektrik Motorları Standardı
5909 Sayılı Çevre Standartları

6. Kullandığınız veya dikkate aldığınız gerçekçi kısıtlar nelerdir? Lütfen çalışmanıza uygun yanıtlarla doldurunuz.

a) Ekonomi: Ülkemiz enerji ihtiyacını karşılamak için petrol, doğalgaz gibi fosil yakıtlar ithal etmek zorunda kalmaktadır. Bu durum ekonomik kaynakların aktarıldığı mecra olmak yanında, dışa bağımlılığı ve buna bağlı olarak bir takım enerji çatışmalarının içerisinde olmayı doğurmaktadır. Yenilenebilir enerji olarak ifade edilen güneş ve rüzgar enerjisi, enerji kaynakları yönünden büyük bir potansiyele sahip olan ülkemizin bu kaynaklardan faydalanma oranı oldukça düşük düzeydedir. Özellikle Güneş enerjisi kullanarak elektrik üretimi toplam kurulu gücümüzün % 0,83 gibi küçük bir oranda gerçekleşmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları arttırıldığı zaman ekonomik açıdan ülkemize büyük ölçüde fayda sağlayacaktır. Bununla birlikte proje geliştirilip hayata geçtiğinde Sakarya'nın enerji ihtiyacı için de olumlu katkılar sağlayacaktır. Şuan için EEM Tasarım projemizde öngördüğümüz maliyet 1757,6 TL tutarındadır. 550 Watt'lık bir hibrit sistem modelinin fiyatı 3150 TL tutarındadır. Elde edilen enerji arttıkça doğru orantılı olarak sistemin fiyatı da artmaktadır.

b) Çevre sorunları: Hibrit sistemimiz doğa dostu özelliğe sahiptir. Türkiye'de yer seviyesinden 50 metre yükseklikte ve 7,5 m/s üzeri rüzgâr hızlarına sahip alanlarda kilometrekare başına 5 MW gücünde rüzgâr santrali kurulabileceği kabul edilmiştir. Bu kabuller ışığında, orta-ölçekli sayısal hava tahmin modeli ve mikro-ölçekli rüzgâr akış modeli kullanılarak üretilen rüzgâr kaynak bilgilerinin verildiği Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) hazırlanmıştır. Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyeli 48.000

MW olarak belirlenmiştir. Bu potansiyele karşılık gelen toplam alan Türkiye yüz ölçümünün %1,30'una denk gelmektedir. Bununla birlikte ülkemiz güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre çok şanslı durumdadır. Güneş; tüm evren için en önemli enerji kaynağıdır. Ülkemiz coğrafi konumu açısından diğer ülkelere nazaran çok önde ve enerji konusunda avantajlıdır. Güneş, dünyaya saniyede yaklaşık 170 milyon MW enerji göndermektedir. Yapılan birçok akademik ve bilimsel araştırmaya göre; saniyede dünyamıza gelen güneş enerjisinin, ülkemizin bir yıllık enerji üretiminin 1700 katı olduğu söylenmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları kullandığımızdan dolayı doğaya herhangi bir olumsuz etkisi bulunmamaktadır.

c) Sürdürülebilirlik: Enerji insanoğlunun daimi bir ihtiyacı olduğu için yenilenebilir enerji kaynakları var olduğu sürece sistem kullanılabilir.

d) Üretilirlik: Son yıllarda düşen malzeme fiyatları olsun yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı yaygınlaşması olsun ürün pazarı günden güne büyüyüp, devlet elinden halk eline geçmektedir.

e) Etik: Tasarım yapımı sırasında etik kurallara uyulmuş kaynaksız bilgi alınmamıştır.

f) Sağlık: Tasarımın ilerde gerçekleşmesi sırasında veya sonrasında herhangi bir sağlık sorununun baş göstermesi beklenmemektedir.

g) Güvenlik: Tasarım ve gerçekleştirme sırasında maddi ve manevi zararlar oluşturacak olaylara karşı güvenlik önlemleri alınacak olup sistemin yabancı pazarlara karşı daimi yerli kalması hedeflenecektir.

Çalışmanın Adı	Enerji Üretimi İçin Rüzgar Türbini ve Güneş Paneli İçeren Bir Sistem Tasarımı
Çalışmayı Hazırlayan(lar)	G160900006 Ramazan KAPLAN G160900034 Harun ŞİRİN G160900036 Ferhat YILDIZ
Danışman Onayı	

Tablo 6. EK-1 TABLO

EK – 2 IEEE ETİK KURALLARI



IEEE üyeleri olarak bizler bütün dünya üzerinde teknolojilerimizin hayat standartlarını etkilemesindeki önemin farkındayız. Mesleğimize karşı şahsi sorumluluğumuzu kabul ederek, hizmet ettiğimiz toplumlara ve üyelerine en yüksek etik ve mesleki davranışta bulunmayı söz verdiğimizizi ve aşağıdaki etik kuralları kabul ettiğimizi ifade ederiz.

1. Kamu güvenliği, sağlığı ve refahı ile uyumlu kararlar vermenin sorumluluğunu kabul etmek ve kamu veya çevreyi tehdit edebilecek faktörleri derhal açıklamak;
2. Mümkün olabilecek çıkar çatışması, ister gerçekten var olması isterse sadece algı olması, durumlarından kaçınmak. Çıkar çatışması olması durumunda, etkilenen taraflara durumu bildirmek;
3. Mevcut verilere dayalı tahminlerde ve fikir beyan etmelerde gerçekçi ve dürüst olmak;
4. Her türlü rüşveti reddetmek;
5. Mütenasip uygulamalarını ve muhtemel sonuçlarını gözeterek teknoloji anlayışını geliştirmek;
6. Teknik yeterliliklerimizi sürdürmek ve geliştirmek, yeterli eğitim veya tecrübe olması veya işin zorluk sınırları ifade edilmesi durumunda ancak başkaları için teknolojik sorumlulukları üstlenmek;
7. Teknik bir çalışma hakkında yansız bir eleştiri için uğraşmak, eleştiriyi kabul etmek ve eleştiriyi yapmak; hatları kabul etmek ve düzeltmek; diğer katkı sunanların emeklerini ifade etmek;
8. Bütün kişilere adilane davranmak; ırk, din, cinsiyet, yaş, milliyet, cinsi tercih, cinsiyet kimliği, veya cinsiyet ifadesi üzerinden ayrımcılık yapma durumuna girişmemek;

9. Yanlış veya kötü amaçlı eylemler sonucu kimsenin yaralanması, mülklerinin zarar görmesi, itibarlarının veya istihdamlarının zedelenmesi durumlarının oluşmasından kaçınmak;

10. Meslektaşlara ve yardımcı personele mesleki gelişimlerinde yardımcı olmak ve onları desteklemek.

IEEE Yönetim Kurulu tarafından
Ağustos 1990'da onaylanmıştır.



IEEE Code of Ethics



We, the members of the IEEE, in recognition of the importance of our technologies in affecting the quality of life throughout the world, and in accepting a personal obligation to our profession, its members, and the communities we serve, do hereby commit ourselves to the highest ethical and professional conduct and agree:

1. to hold paramount the safety, health, and welfare of the public, to strive to comply with ethical design and sustainable development practices, and to disclose promptly factors that might endanger the public or the environment;
2. to avoid real or perceived conflicts of interest whenever possible, and to disclose them to affected parties when they do exist;
3. to be honest and realistic in stating claims or estimates based on available data;
4. to reject bribery in all its forms;
5. to improve the understanding by individuals and society of the capabilities and societal implications of conventional and emerging technologies, including intelligent systems;
6. to maintain and improve our technical competence and to undertake technological tasks for others only if qualified by training or experience, or after full disclosure of pertinent limitations;
7. to seek, accept, and offer honest criticism of technical work, to acknowledge and correct errors, and to credit properly the contributions of others;
8. to treat fairly all persons and to not engage in acts of discrimination based on race, religion, gender, disability, age, national origin, sexual orientation, gender identity, or gender expression;
9. to avoid injuring others, their property, reputation, or employment by false or malicious action;
10. to assist colleagues and co-workers in their professional development and to support them in following this code of ethics.

ÖZGEÇMİŞLER

3.1 RAMAZAN KAPLAN

Ramazan KAPLAN, 23.07.1999 tarihinde Diyarbakır'ın Çüngüş ilçesinde doğdu. İlköğrenimini Mahmutbey İlköğretim Okulunda tamamladı. Liseyi Bağcılar İbn-i Sina Anadolu Lisesi'nde bitirdi. 2016 yılında Sakarya Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. Meslekte, Aksa Jeneratörde staj lay yaptı. Ardından Federal Elektrik firmasında Kalite ve AR-GE biriminde 6 ay staj yaptı. Şuan bölümün de son sınıf öğrencisidir.

3.2 HARUN ŞİRİN

Harun ŞİRİN,12.02.1990 TARİHİNDE Bursa Osmangazi İlçesinde doğdu. İlköğretimini Emek İlköğretim Okulunda tamamladı. Yıldırım Beyazıt Lisesi'ni bitirdi. 2008 yılında Ahi Evran Üniversitesi'ni kazandı. 3 sene Kimya eğitimi aldıktan sonra Uludağ Üniversitesi Kimya bölümüne geçiş yaptı. 2014 senesinde Kimya bölümünden mezun oldu. 2016 yılında Sakarya Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümünü kazandı. Meslekte, 2015' te Beyçelik Gestamp firmasında yönetici adayı olarak meslek hayatına başladı.2 sene burada çalıştı. Ardından 2017 yılında Federal Elektrik firmasında çalışmaya başladı. Kalite ve AR-GE biriminde 2,5 sene çalıştı. 2019 senesinde geçiş yaptığı Warmhaus firmasında yönetici olarak meslek hayatına devam etmekte. Şuan bölümün de son sınıf öğrencisidir.

3.3 FERHAT YILDIZ

1 Ocak 1998 yılında Kocaeli'nde doğdum. İlköğretimimi Kocaeli'nin Gebze ilçesindeki Cumhuriyet İlköğretim Okulunda 2011 yılında tamamladım. Ortaöğretimim için Darıca Fen Lisesine kayıt oldum. 2016 yılında mezun oldum ve sonrasında Sakarya Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünde öğrenim görmeye başladım ve şuan da son sınıf öğrencisiyim. Lisans eğitimim sürecinde Güçsan Plastik ve MT Mühendislik firmalarında staj gördüm.