



FOTOVOLTAİK SİSTEMLERDE GÜÇ VERİMLİLİĞİNİN ARTTIRILMASI İÇİN GERÇEK ZAMANLI BİR İZLEME SİSTEMİ TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ERSİN ERÇEL

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**MERSİN
ARALIK - 2022**

**FOTOVOLTAİK SİSTEMLERDE GÜÇ VERİMLİLİĞİNİN
ARTTIRILMASI İÇİN GERÇEK ZAMANLI BİR İZLEME
SİSTEMİ TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ERSİN ERÇEL
ORCID ID: 0000-0002-6087-8988

MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
PROF. DR. HÜSEYİN ERİŞTİ
ORCID ID: 0000-0003-1474-9170

MERSİN
ARALIK - 2022

ÖZET

FOTOVOLTAİK SİSTEMLERDE GÜÇ VERİMLİLİĞİNİN ARTTIRILMASI İÇİN GERÇEK ZAMANLI BİR İZLEME SİSTEMİ TASARIMI

Günümüzde gelişen teknolojiye beraber fotovoltaik sistemlerin enerji kaynağı olarak kullanımı oldukça yaygın hale gelmiştir. Bu sebeple büyük ölçekli güneş enerjisi ile çalışan santraller kurulmaktadır. Bu santrallerden elde edilen enerjinin sürekliliği, işletim giderlerinin azaltılması ve üretim verimliliğinin en iyi şekilde sağlanması önemli konular haline gelmiştir. Bilindiği üzere olası arızalar anlık güç kayıplarına ve maddi kayıplara neden olmaktadır. Fotovoltaik enerji santralleri maksimum verimlilik ve süreklilik gerektiren sistemlerdir. Maksimum enerji üretimini sağlayabilmek ve verimliliği artırabilmek için sistemin eş zamanlı takibi gerekmektedir. Sistemdeki olası arızaların takibi, bu arızaların bulunduğu yerin tespiti ve bakım zamanı periyotlarının belirlenmesi için haberleşme altyapısına sahip, yenilikçi ve kolay uygulanabilir izleme sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Sistem şalterlerinin konumlarının, sistemin akım, gerilim ve güç bileşenlerinin ayrıca anlık enerji değerlerinin ölçüm grafiklerinin gözlenmesi sistem takibi açısından önemlidir. Hata tespiti için, bu grafiklerin merkezi bir maksimum verim referans cihazının grafiğiyle karşılaştırılmasının yapılması gerekmektedir. Sistemden gelecek olan veriler arasındaki karşılaştırmalar, kullanıcıya arıza durumları ve bakım durum bilgilerini net olarak izleyebilmesini ve dolayısıyla maksimum verimin elde edilmesini sağlamaktadır. Bu sebeple, gerçek/eş zamanlı ve karşılaştırmalı analiz yapabilen bir sistemin Fotovoltaik sistemlerde yaşanabilecek arızalara zamanında müdahale edilebilmesi açısından faydalı bir uygulama olacağı düşünülmektedir.

Bu tez çalışmasında LabVIEW programı aracılığıyla fotovoltaik sistemlerden gerçek zamanlı veri alınmıştır. Alınan veriler programın ön yüzüne anlık değerler olarak aktarılmıştır. Gerçek zamanlı veriler işlenerek grafikleri arayüzde yine gerçek zamanlı oluşturulmuştur. Fotovoltaik sistemin farklı çevre koşullarına göre almış olduğu değerler gözlenmiştir. Alınan veri değerlerine göre arıza durumları programlanmıştır. Arızaların oluşturulan arayüzde anlık uyarı olarak görünmesi sağlanmıştır. Fotovoltaik sistemin PLC(programlanabilir mantıksal denetleyici) cihazı ile uzaktan kontrolü yapılarak dizinlerin ölçüm değerleri alınmıştır. Bu değerler birbiri ile karşılaştırılarak dizin hatalarının oluşumu gözlenmiştir. Yine PLC cihazı kullanılarak sistem kesicilerinin anlık izlemesi ve kontrolü tasarlanmış ve uygulanmıştır. Sisteme internet özellikli modem eklenerek uzaktan izleme ve kontrol özelliği sağlanmıştır. Sistemden elde edilen verilerin değerleri piranometre cihazından alınan değerle karşılaştırılarak fotovoltaik sistemin verimlilik çalışması yapılmıştır. Yapılan analizlerle fotovoltaik panellerin tozlanma kayıpları ve temizlenme süreleri tespiti için yazılım çalışmaları yapılmıştır. Elde edilen veriler yorumlanarak sistemin daha verimli çalışma durumları analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Güneş Enerjisi Santrali, Fotovoltaik.

Danışman: Prof. Dr. Hüseyin ERİŞTİ, Mersin Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Mersin.

ABSTRACT

POWER EFFICIENCY MONITORING AND ANALYSIS OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS THROUGH HARDWARE AND INTERNET BASED SOFTWARE

Today, with the developing technology, the use of photovoltaic systems as an energy source has become quite common. For this reason, large-scale solar power plants are being established. The continuity of the energy, reducing the operating costs and ensuring production efficiency in the best way have become important issues. As it is known, possible malfunctions cause instantaneous power and financial losses. Simultaneous monitoring of the system is required in order to ensure maximum energy production and increase efficiency. Innovative and easily applicable monitoring systems with communication infrastructure are needed in order to monitor possible malfunctions which are in the system, to detect the location of these malfunctions and to determine the maintenance time periods. In terms of system monitoring, it is important to observe the measurement graphics of the system switch positions, current, voltage, power components and instantaneous energy values. In order error detection, it is necessary to compare these graphs with the graph of a central maximum efficiency reference device. Comparisons of the data from the system provide to the user to clearly monitoring the fault and maintenance status information and to obtain maximum efficiency, thus. For this reason, it is thought that a system that can perform real / simultaneous and comparative analysis will be a useful application in terms of timely intervention in the failures that may occur in photovoltaic systems.

In this thesis, real-time data was obtained from photovoltaic systems through the LabVIEW program. The received data were transferred to the pre-scada of the program as instantaneous values. By processing real-time data, graphics are created in real-time in the interface. The values taken by the photovoltaic system in different environmental conditions were observed. Fault conditions are programmed according to the received data values. The measurement values of the indexes were taken by remote control of the photovoltaic system with the PLC device. Faults are provided to appear as instant warnings in the created interface. By comparing these values with each other, the formation of index errors was observed. Instant monitoring and control of system breakers was designed and implemented using PLC device. Remote monitoring and control feature was provided by adding internet-enabled modem to the system. The efficiency study of the photovoltaic system was carried out by comparing the values obtained from the system with the value obtained from the pyranometer device. Software studies have been carried out to determine dusting losses and cleaning times of photovoltaic panels. By interpreting the obtained data, more efficient working conditions of the system were analysed.

Key Words: Renewable energy, Solar Power Plant, Photovoltaic Systems

Supervisor: Prof. Dr. Hüseyin ERİŞTİ, Mersin University, Department of Electrical and Electronics Engineering, Mersin

TEŞEKKÜR

Başta sevgili eşim Nihan ve kızım Ece'ye yüksek lisans eğitimim aşamasında bana verdikleri katkı ve destekten ötürü sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Annem Fatma ERÇEL, babam Mehmet ERÇEL ve kız kardeşim Ebru ERÇEL'e teşekkürü bir borç bilirim. Bana desteklerini esirgemeyen Vildan ÖZEL ve Hamdi ÖZEL'e teşekkürlerimi sunarım. Çalışmalarımda bana bilgisini ve desteğini esirgemeyen arkadaşım Rüştü ATAMAN'a teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım. Danışman hocam Prof. Dr. Hüseyin ERİŞTİ'ye bana yüksek lisans eğitimi boyunca yol gösterdiği için teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇ KAPAK	i
ONAY	ii
ETİK BEYAN	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM	9
3.1. GES Sistemlerinin Temel Yapısı	9
3.1.1. GES Sistemlerinin Elektriksel Yapısı	9
3.1.2. GES Sisteminin Haberleşme Yapısı	12
3.2. Uzaktan Erişim Sistemi ve Verilerin Gözlemlenmesi	15
3.2.1. Eş zamanlı Veri Alma ve Uzaktan Erişim Sisteminde Programın Arayüzü	18
3.2.1.1. İnvertör Verileri	18
3.2.1.2. Veri Alma Periyodu	19
3.2.1.3. Zamana Bağlı Grafikler ve İnvertör Takip Sayfası	19
3.3. Sistem Verilerinin İncelenmesi ve Programlanması	21
3.3.1. İnvertör Giriş DC Akım Değeri	22
3.3.2. İnvertör Giriş DC Gerilim Değeri	23
3.3.3. İnvertör Güç Bileşen Değerleri	24
3.3.4. İnvertör Çıkış AC Akım Değerleri	25
3.3.5. İnvertör Çıkış AC Gerilim Değerleri	26
3.3.6. Dizin Hatası Raporu Yapısı	26
3.4. GES Sisteminin Uzaktan Testleri ve Eş Zamanlı Kontrolleri	28
3.4.1. Kullanan Cihazlar ve Kontrol Sisteminin Yapısı	28
3.4.2. Dizinlerin Testi	31
3.4.3. AG ve OG Sistemlerin İzlenmesi ve Kontrolü	33
3.5. Piranometre ile Verimlilik Çalışmaları	34
3.5.1. Piranometre Cihazının Yapısı ve Sistemle Bağlantısı	34
3.5.2. Piranometreden Anlık Veri Alımı ve Program Yapısı	35
3.5.3. Okunan Verilerle Yıkama Süresi Hesap Uygulaması	37
3.5.4. Verimlilik Değeri	40
3.6. Raporlamalar	40
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	42
4.1. Arayüz Programı İle İnvertör Verilerinin Alınması	42
4.2. Arıza Testleri ve Değerlendirmeler	48
4.2.1. DC Bölge Kayıp Durumları	48
4.2.2. İnvertör Arıza Testi	50
4.2.3. AC Bölge Arıza Testi	52
4.3. Dizin Hatası Örneği ve Değerlendirmeleri	54
4.4. Uzaktan Kontrol Sistemi ile Dizinlerin Test ve Eş Zamanlı Gözlem Çalışmaları	56

4.4.1.	Uzaktan Kontrollü 6'lı Dizin Test Denemesi ve Eş Zamanlı İzlenmesi	57
4.4.2.	Eş zamanlı ve Uzak mesafeli AG Şalter Takibi ve Kontrolü	57
4.5.	Piranometre ile Yapılan Uygulamalar ve Sonuçları	58
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	62

KAYNAKLAR**64****ÖZGEÇMİŞ**

Hata! Yer işareti tanımlanmamış.



TABLolar DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 4. 1. Invertor1 cihazının verilerinin zamana baēlı anlık olarak kaydedildiēi veri ölçüm deēerleri tablosu	48
Tablo 4. 2. Farklı tarihlerde alınan verilerin karşılaştırılması ile oluşturulan tablo	60
Tablo 4. 3. Gün sonu rapor tablosu	61

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3. 1. GES Sistemi seri dizin şeması	9
Şekil 3. 2. GES Sistemi DC pano şeması	10
Şekil 3. 3. Gerçek zamanlı veri alınan saha GES tesisi	10
Şekil 3. 4. GES tesisi saha DC toplama panosu	10
Şekil 3. 5. Gerçek zamanlı veri alınan GES invertör cihazı	11
Şekil 3. 6. GES Sistemi Ana dağıtım panosu şeması	11
Şekil 3. 7. GES Sistemi trafo ve hücrelerin şemaları	12
Şekil 3. 8. Uzaktan Erişim Sisteminin Haberleşme Yapısı	13
Şekil 3. 9. Four Faith F-R100 marka Router cihazı	13
Şekil 3. 10. VIPA 313-5BF13 PLC cihazı	14
Şekil 3. 11. Uzaktan erişim için Routerin iç yapılandırması	14
Şekil 3. 12. İnvertör yönetim cihazı ve invertör bağlantı şeması	15
Şekil 3. 13. Modbus TCP okuma fonksiyonu genel şeması	16
Şekil 3. 14. Sistemin bağlantı durumu program şeması	16
Şekil 3. 15. Modbus TCP okuma fonksiyonu veri şeması	17
Şekil 3. 16. Register fonksiyonu temel program şeması	17
Şekil 3. 17. İnvertör 1 cihazının anlık değer izleme arayüz görüntüsü	19
Şekil 3. 18. Sistem verilerini alma periyodunun tanımlandığı ayar bölgesi	19
Şekil 3. 19. Invertor1 cihazının grafik ve değer izleme sayfası	20
Şekil 3. 20. Sistem verilerinin zamana bağlı eş zamanlı kaydedildiği veri tablosu	20
Şekil 3. 21. Yazılım durdurma butonu	21
Şekil 3. 22. Olası arıza durumları için arıza raporu görünümü	21
Şekil 3. 23. Anlık verilerin arıza durumu programlama yapısı	22
Şekil 3. 24. Giriş DC akım arıza durumu için akış şeması	23
Şekil 3. 25. Giriş DC gerilim arıza durumu için akış şeması	24
Şekil 3. 26. Güç bileşenleri arıza durumu için akış şeması	25
Şekil 3. 27. Çıkış AC akım arıza durumu için akış şeması	25
Şekil 3. 28. Çıkış AC gerilim arıza durumu için akış şeması	26
Şekil 3. 29. Dizin hatası raporu görünümü	27
Şekil 3. 30. Dizin arızası temel program yapısı	27
Şekil 3. 31. Dizin hatası arızası akış şeması	28
Şekil 3. 32. PLC ve Modem bağlantı görünümü	29
Şekil 3. 33. OPC sunucu PLC arayüz nesneleri görünümü	30
Şekil 3. 34. OPC sunucu yazılım programı arayüzü nesneleri görünümü	30
Şekil 3. 35. Testler için oluşturulan bağlantı arayüzü	31
Şekil 3. 36. 11 dizinli invertör için PLC test yazılımı	32
Şekil 3. 37. AG ve OG sistemlerinin kontrolü için program arayüzü	33
Şekil 3. 38. AG ve OG sistemlerinin kontrolü için PLC yazılımı	33
Şekil 3. 39. Piranometre cihazı fotoğrafı ve katalog kablo bağlantı özellikleri sayfası	34
Şekil 3. 40. Piranometre kayıt numaraları bilgileri	35
Şekil 3. 41. Piranometre program arayüzü	35
Şekil 3. 42. Piranometre veri alma ve hesaplama sistemi programlama yapısı.	35
Şekil 3. 43. Piranometre veri alma ve hesap sistemi akış şeması	36
Şekil 3. 44. Piranometre anlık güç grafik ekranı	36
Şekil 3. 45. Piranometre ve invertör çıkış güç karşılaştırma grafiği	37
Şekil 3. 46. Yıkama süresi hesabı akış diyagramı	38
Şekil 3. 47. Yıkama resetleme akış diyagramı	39
Şekil 3. 48. Yıkama sistemi programlama yapısı	39
Şekil 3. 49. Yıkama kararı program arayüz görünümü	39
Şekil 3. 50. Yıkama kararı verim değeri program arayüz görünümü	40

Şekil 3. 51. Raporlama kayıt sistemi program arayüz görünümü	41
Şekil 3. 52. Raporlama sistemi programlama yapısı	41

Şekil 4. 1. İnvertör 1 cihazının, Visual Studio C# programında eş zamanlı değer izleme arayüzü.	42
Şekil 4. 2. İnvertör 1 cihazının, LabVIEW programında eş zamanlı değer izleme arayüz görüntüsü.	42
Şekil 4. 3. İnvertörlerin devrede olduğu bilgisi görüntüsü	43
Şekil 4. 4. Invertor1 cihazının grafik ve değer izleme sayfası grafikleri ve ölçüm değerleri	43
Şekil 4. 5. Invertor1 cihazının bir güne ait DC güç grafiği	44
Şekil 4. 6. Invertor1 cihazının bir güne ait DC gerilim grafiği	44
Şekil 4. 7. Invertor1 cihazının bir güne ait DC akım grafiği	45
Şekil 4. 8. Invertor1 cihazının bir güne ait AC güç grafiği	45
Şekil 4. 9. Invertor1 cihazının bir güne ait AC gerilim grafiği	46
Şekil 4. 10. Yakınlaştırılmış AC gerilim grafiği	46
Şekil 4. 11. Invertor1 cihazının bir güne ait AC akım grafiği	47
Şekil 4. 12. Invertor1 cihazının bir güne ait toplam güç grafiği	47
Şekil 4. 13. Santral veri alma periyodunun program üzerinden tanımlanması	48
Şekil 4. 14. İnvertör DC panosunun arıza durumdaki arıza raporu	49
Şekil 4. 15. İnvertör DC panosu arıza durumdaki giriş DC gerilim grafiği	49
Şekil 4. 16. İnvertör DC panosu arıza durumdaki çıkış AC gerilim grafiği	49
Şekil 4. 17. İnvertör DC panosu arıza durumdaki giriş DC akım grafiği	49
Şekil 4. 18. İnvertör DC panosu arıza durumdaki çıkış AC akım grafiği	50
Şekil 4. 19. İnvertörün arıza durumdaki arıza raporu	50
Şekil 4. 20. İnvertörün arıza durumdaki giriş DC gerilim grafiği	51
Şekil 4. 21. İnvertörün arıza durumdaki çıkış AC gerilim grafiği	51
Şekil 4. 22. İnvertörün arıza durumdaki giriş DC akım grafiği	51
Şekil 4. 23. İnvertörün arıza durumdaki çıkış AC gerilim grafiği	52
Şekil 4. 24. İnvertörün bağlı olduğu AC şalterin arıza durumdaki arıza raporu	52
Şekil 4. 25. İnvertörün bağlı olduğu AC şalterin arıza durumdaki giriş DC gerilim grafiği	53
Şekil 4. 26. İnvertörün bağlı olduğu AC şalterin arıza durumdaki çıkış AC gerilim grafiği	53
Şekil 4. 27. İnvertörün bağlı olduğu AC şalterin arıza durumdaki giriş DC akım grafiği	53
Şekil 4. 28. İnvertörün bağlı olduğu AC şalterin arıza durumdaki çıkış AC akım grafiği	53
Şekil 4. 29. Güç kaybı hata raporu	54
Şekil 4. 30. Dizin hatası raporu	54
Şekil 4. 31. Dizin hatası raporu grafik durumu örnek 1	55
Şekil 4. 32. Dizin hatası raporu grafik durumu örnek 2	55
Şekil 4. 33. Dizin hatası raporu grafik durumu örnek 3	55
Şekil 4. 34. Dizin testinde dizin test butonunun ve çalışma ledinin görünümü	56
Şekil 4. 35. Dizin testinde PLC'nin çalışma görünümü	56
Şekil 4. 36. Dizin test denemesinde DC gerilim grafikleri	57
Şekil 4. 37. Uzaktan şalter kontrolünde, kontrol panelindeki butonların ve ledlerin çalışma görünümü	58
Şekil 4. 38. Uzaktan AG ve OG sistemlerin kontrolünde PLC cihazındaki rölelerin açılıp kapanması	58
Şekil 4. 39. Piranometre çalışırken program görünümü	59
Şekil 4. 40. 12/08/2022 tarihli piranometre ölçüm değerleri grafiği	59
Şekil 4. 41. 14/08/2022 tarihli piranometre ölçüm değerleri grafiği	59
Şekil 4. 42. 10.08.2022 ve 03.12.2022 tarihinde program grafiklerinden alınan piranometre ve invertör çıkış güç grafikleri	60
Şekil 4. 43. Piranometrenin 10.08.2022 tarihindeki grafiği	60
Şekil 4. 44. 14.08.2022 tarihli piranometre ölçüm değerleri	61

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltma/Simgesi	Tanım
GES	Güneş Enerji Santrali
FV	Fotovoltaik
A	Amper
V	Volt
kVA	Kilo Volt Amper
kV	Kilo Volt
kW	Kilowatt
MW	Megawatt
TWh	Terawatt Saat
YG	Yüksek Gerilim
OG	Orta Gerilim
AG	Alçak Gerilim
PLC	Programlanabilir Mantıksal Denetleyici
AC	Alternatif Akım
DC.	Doğru Akım
ADP	Ana Dağıtım Panosu
TMŞ	Termik Manyetik Şalter
BM	Birleşmiş Milletler
YEK	Yenilenebilir Enerji Kaynakları
GEPA	Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

1. GİRİŞ

Günümüz dünyasında ülkelerin ekonomik ve sosyal anlamda kalkınmasında önemli bir etken olan enerjiye ve doğal kaynaklara talep her geçen gün artmaktadır. Sanayileşme, endüstriyel tarım, ulaştırma sektörlerinde ve nüfus artışına bağlı kentleşmedeki mesken kullanımında enerji esastır. Dünyadaki bu enerji talebindeki yükselme, ülkeleri yeni ve farklı enerji kaynakları bulmaya yönlendirmiştir (Yılmaz, 2012). Gelişen teknolojiyle de beraber daha fazla üretim ve tüketim için oluşan enerji talebini, çevreye olan zararlarını hesaba katmadan, fosil, nükleer vb. yakıtlar kullanarak enerji üretme yoluyla karşılamaya çalışılmıştır. Dünyanın nüfus artışı ve sanayileşme ile de enerji ihtiyacı oldukça artmıştır. Bu artış fosil kaynaklarla karşılandığı için önemli sorunlara da yol açmıştır. Dünya enerjisinin %80'i fosil yakıtlardan olan petrol kömür ve doğalgaz ile karşılanmaktadır. Dünyada tüketilen enerjinin %31'i petrolden, %28'i kömürden, %22'si doğalgazdan karşılanmaktadır (Mevlüt, 2017). Elde edilen verilere göre fosil yakıt türevi kömür, doğalgaz, mazot, benzin vb. gibi ürünlerin önümüzdeki yüzyıl içinde tükeneceği hesaplanmaktadır. Birincil enerji kaynağı olan fosil yakıt kaynaklarının tükenmesi ve kullanım sonuncu oluşan çevreyle ilgili sorunlar aciliyetli olarak çözülmesi gereken konular arasında yer almaktadır. Fosil yakıtların kullanımı sonucu oluşan karbon salınımları arttıkça gezegenimizde küresel iklim değişmekte, ortalama ortam sıcaklıkları yükselmekte, bu sebeplerle değişen iklim koşulları yaşayan canlıların habitatına zarar vermektedir. Dünyada alışılmadık doğal felaketler oluşmaya başlamıştır. Fosil yakıt üretim, işleme ve tüketimi, toprağa ve suya, dolayısıyla doğadaki canlılara, bitkilere, hayvanlara ve insanlara oldukça büyük zararlar vermektedir. Bu durum asit yağmurlarına, ozon tabakasının delinmesine, ormanların yok olmalarına sebep olmaktadır (Güner, 2017). Bu koşullarda devam edilirse karbondioksitin havaya salınımı 2000 yılında 30 milyar ton değerindeyken 2030 yılında hesaplanan değer 42 milyar ton üzerinde olacağı hesaplanmaktadır. Fosil yakıtların kullanılmasıyla oluşan kirlilik ve ısınma dünyadaki yaşamı tehdit edecek kadar sorun yaratmaya başlamıştır (Karaca, 2011).

Fosil kaynakların sınırlı olması, ülkelerin başka ülkelere bağımlı kalması, yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırılmasını ve kullanımının artırılmasını hızlandırmıştır. Artan enerji talebi sonucunda ortaya çıkan çevresel sorunlara çözüm olarak ve tükenmekte olan fosil kaynaklarının yerine yenilenebilir enerji kaynakları tercih edilmeye başlanmıştır (Girgin, 2011). Yenilenebilir enerji kaynakları, sürdürülebilirliğinin yanı sıra geleneksel kaynaklara kıyasla dünyanın birçok yerinde uygulama imkânı bulması nedeniyle enerji üretim kaynağı olarak büyük bir öneme sahiptir. Yenilenebilir kaynakların kullanılmasıyla olumsuzluklar diğer kaynakları kullanmaktan doğan sorunlarla karşılaştırıldığında oldukça azdır (Kumbur, 2005).

Başlıca yenilenebilir enerji kaynaklarından biri güneş enerjisidir. Güneş, tükenmez ve temiz bir enerji kaynağıdır. Çevreyi kirletecek gaz emisyonu bırakmaz. Doğaya ve insana zarar vermez. Dünyanın birçok yerinde uygulama imkânı bulur. İşletme giderleri çok azdır (Ataman vd., 2007). Güneş enerjisi güç sistemlerinin yakın gelecekte dünyadaki enerji ihtiyacının önemli bir bölümünü karşılayacağı

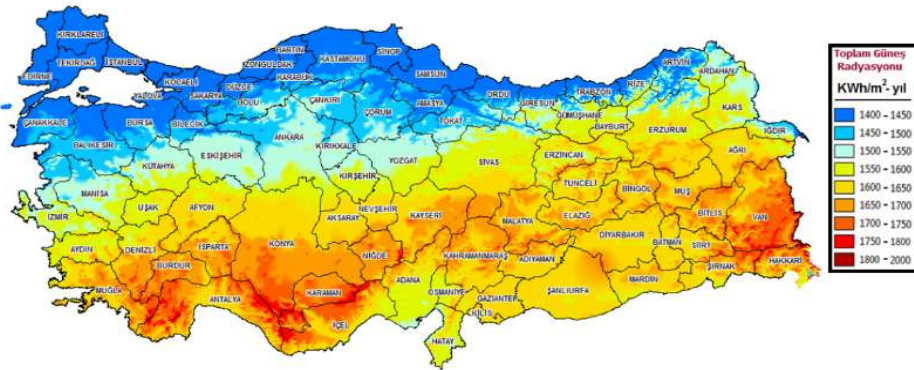
planlanmaktadır. Yeryüzüne ulaşan güneş enerjisi miktarı 1367 W/m²'dir. Yeryüzüne ulaşan yıllık güneş enerjisinin %0.003'ü toplam dünya elektrik enerjisini karşılayacak kapasitededir (Güçlüler vd., 2011).

Güneş enerjisinden faydalanarak elektrik elde etme, güneş pilleri, diğer adıyla fotovoltaik paneller aracılığıyla olmaktadır. Güneş pillerinde yarıiletken katmanlar arası elektron alışverişi oluşur, bu da potansiyel fark ve elektrik akımı üretir. Katmanlar belli dalga boylarındaki ışınları kullanır. Güneşten fotovoltaik panel teknolojisiyle yapılan elektrik üretimi alternatif enerji kaynakları içerisinde en önde gelen üretim sistemlerinden biri haline gelmiştir. Fotovoltaik panel teknolojisindeki gelişmelerle maliyetlerin azalması ve temiz bir enerji kaynağı olmasından dolayı dünyadaki teşvikler hem dünyada hem ülkemizde güneş santrallerinin sayısını oldukça artırmıştır. Güneş panelleri, günümüzde %10-25 değerinde verimlilikle çalışabilmektedir. Laboratuvar koşullarında %45 değerlerine ulaşılsa da maliyetlerinin yüksek oluşu sebebiyle özel durumlar hariç kullanımı olmamaktadır. Teknolojini gelişmesiyle daha yüksek verimli paneller daha düşük maliyete üretilebilmiştir. Son zamanlarda yakıt fiyatlarındaki artışlar yenilenebilir kaynakları avantajlı hale getirmiş ve kullanımın yaygınlaşmasını hızlandırmıştır. Bu bilgiler ışığında güneş enerjisinin yüksek potansiyeli, kullanım kolaylığı ve çevre dostu olması sebebiyle önemi büyüktür. Hem çevresel kirlenmeyi önlemek hem de küresel ısınmanın önüne geçmek için yenilenebilir enerji kaynakları ile enerji üretimini artırmak gerekmektedir (Cengiz vd.,2016)

Ülkeler, fosil ve nükleer yakıtların zararlı etkilerden dolayı, geleneksel kaynakları kullanmak yerine yenilenebilir, kaynağı sürekli olan ve çevreyi kirliletmeyen enerji kaynaklarını giderek artan bir ilgi ile karşılamışlardır ve enerji gereksinimlerinin belirli bölümünü karşılamak için yatırımlar yapmaya başlamışlardır. Fakat geçmiş dönemlerde fotovoltaik sistemlerin pahalılığı, devletlerin enerji politikaları ve kaynak yetersizliği gibi etmenler yenilenebilir enerjiye olan yatırımların önüne geçmiştir. Şu an elektrik enerjisi arzı 2030 yılında 31.6 TWh (terawattsaat) olacağı tahmin ediliyor, bu da yüzlerce santral daha gereksinimi olacağı anlamına geliyor (Güler,2009). Geleneksel yöntemlerle enerji üretiminin devam edilmesi durumunda çevresel kirliliğin oluşturabileceği zararlar insanları dolayısıyla ülke yönetimlerini de önlemler almaya teşvik ediyor. Bu bağlamda, 1997 de Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi içerisinde 'Kyoto protokolü' devletler tarafından imzalanmıştır. Bu protokol ile 2008- 2012 yılları arası karbon emisyonunu azaltma taahhütnameleri BM (birleşmiş milletler) kuralları çerçevesinde imzaya alınmıştır. Ülkelere karbon emisyon kotaları getirmiştir. Protokol ülkeleri sanayi, tarım ve diğer enerji harcanan konularda fosil enerji bağımlılığını azaltmaya zorlayan bir yaptırımlar bütünüdür. Bu yönüyle çevre dostu teknolojilerin araştırılması ve kullanımını teşvik eder (Aichele vd., 2013). Aralık 2015 de Paris iklim zirvesi sonunda dünyanın küresel ısınmasını 2°C'nin altında tutulmasının ülke politikası haline getirilmesi büyük ölçüde kabul görmüştür (Leggett, 2020). Bu protokollerin en büyük amacı temiz bir çevre ile dünyanın gelecek nesillere taşınması gerektiğini vurgulamaktır. Enerji kaynağı olarak fosil yakıtların yerine yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanılmasını sağlamayı amaçlamışlardır. Avrupa'nın birçok konuda lideri durumda olan, YEK

(yenilenebilir enerji kaynakları) uygulamaları konusunda da örnek gösterilebilecek Almanya'nın 2014 yılındaki GES (güneş enerji santrali) toplam kurulu gücü 38 GW'dir. Yapılacak yatırımlarla 2025'e kadar 56 GW kapasiteye ulaşmalarını hedeflemişlerdir. Almanya 2050 ye kadar elektrik ihtiyacının %80'ini yenilenebilir enerji kaynaklarından kullanacağını belirtmiştir (Hansen vd., 2019).

Türkiye'nin günlük kullanımda ve sanayide kullanılan elektrik enerjisinin, çevreye en az zarar verecek biçimde üretimi, iletimi, yönetimi ve hatta tüketimi konuları günümüzün en önemli enerji konuları durumuna gelmiştir. Türkiye'nin enerji kullanımına bakıldığında enerji ihtiyacının yaklaşık %72'sini ülke dışı kaynaklardan karşıladığı görülmektedir. Ülke içi kaynakların yeterli miktarda değerlendirmedeği görülmektedir. Bu durum ülkemizde yenilenebilir enerji kaynakları ile enerji üretiminin artması için daha çok çaba sarf edilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Fosil kaynaklar açısından kaynakları az olan ülkemiz enerji ihtiyacı için yurtdışından doğalgaz, petrol ve kömür alımı yapmaktadır. Bu hem ülkemiz açısından ekonomik kayıp yaratmakta hem de dışa bağımlılık oluşturmaktadır (Aslan vd., 2006). Türkiye güneş ve rüzgâr enerjisi yönünden oldukça güçlü yenilenebilir enerji kaynaklarına sahiptir. Ülkemiz, coğrafi konumu, güneşli gün sayımızın fazla olması, güneş enerjisinden enerji elde etme bakımından birçok ülkeye göre yatırım ve verimlilik yönünden avantajlıdır. Ülkemiz coğrafi olarak avantajlı olduğu güneş enerjisi potansiyeli yeterince kullanamamaktadır. Enerji kaynaklarımızın sınırlı olduğu ülkemizde bu durum önemle ele alınması gereken bir durumdur. Avrupa'da yenilenebilir kaynakların kullanımı bakımından lider durumda olan Almanya yıllık 1600 saat güneşleme süresi ile ortalama 53000 MW kurulu güce sahipken, Türkiye 2741 saat güneşleme süresi ile ortalama 9120 MW kurulu güçle enerji üretmektedir (Alcan vd.,2018). Türkiye güneş atlasına göre yıllık toplam güneşlenme süresi 2741 saat olarak hesaplanmıştır, günlük ortalama 7.5 saate denk gelmektedir. Yıllık toplam güneş enerjisi 1527 kWh (kilowatsaat)/m² olarak hesaplanmıştır. Günlük ortalama 4.2 kWh/m² değerinde belirlenmiştir. Şekil 1.1'de ETKB (Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı) resmi sitesinde yer alan Türkiye genel GEPA (güneş enerjisi potansiyel atlası) görünümü ve aylık ortalama radyasyon dağılımı görülmektedir.



Şekil 1. 1. Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı Türkiye güneş enerji potansiyel atlası (ETKB 2022).

Yatırım verimlilik ve maliyetin geri dönme süreleri düşünüldüğünde GES'lerin, güneş enerji potansiyelinin yüksek olduğu bölgelere kurulması daha uygun olmaktadır.

Türkiye'nin toplam elektrik kurulu gücü TEİAŞ (Türkiye Elektrik İletim A.Ş.) Kurulu güç raporuna göre 2022 Ekim ayı itibarıyla 103.275 MW (megawatt) seviyesindedir. Türkiye'nin yenilenebilir enerji kurulu gücü 55.900 MW'a yükselmiştir bu tüm miktarın %54.12'sini oluşturmaktadır. Güneş santrallerinin kurulu gücü 9120 MW'a yükselmiştir, bu rakam elektrik enerjisi kurulu gücünün %8.8'ini oluşturmaktadır. 9203 adet güneş santral sayımız vardır. 2019 yılında bu oran %4.2 olarak görünmektedir. Türkiye'de özellikle lisanssız elektrik üretimiyle ilgili üretimin önemli oranda arttığı görülmektedir. Türkiye elektrik enerji kaynakları ve oranları olarak, hidroelektrik enerjisi ile 31268 MW enerji üretmektedir toplam elektrik üretiminin %31'i kadardır. Rüzgâr enerjisiyle 11306 MW enerji üretilmektedir, toplam elektrik üretiminin %11 oranındadır. Türkiye 25304 MW elektrik enerjisini doğalgazdan ve 22375 MW elektrik enerjisini de diğer fosil yakıtlardan elde etmektedir. Ülkemizdeki en büyük yenilenebilir enerji payı hidroelektrik santrallerindedir. Güneş ve rüzgâr enerjilerinden yeterince faydalanılamamaktadır. Yıllık bazda artış oranı en yüksek yenilenebilir enerji çeşidi güneş santralleri olmuştur. 2021 ve 2022 seneleri içerisinde 2500 MW üzerinde enerji santrali devreye alınmıştır. Bunlardan 1000 MW kadarı güneş santrali olmuştur. Fosil yakıtların toplam kurulu güce oranı 47.375 MW ile %45 olmaktadır (TEİAŞ,2022)

Gelişen teknolojiyle birlikte fotovoltaiik sistemlerin büyük ölçekli yatırımlar haline dönüşmesi sonucunda güneş enerjisi ile çalışan santraller kurulmaktadır ve kurulmuş olan bu santrallerden elde edilen enerji maliyetinin ve işletme giderlerinin en aza indirilmesi önemli bir konu haline gelmiştir (Pakma, 2016). Fotovoltaiik enerji santralleri maksimum verimlilik ve süreklilik gerektiren bir sistem olması sebebiyle maksimum enerji üretimini sağlayabilmek ve verimliliği artırabilmek için sistemin ileri düzeyde takibi gerekmektedir. Bu nedenle gerçek zamanlı ölçüm ve izleme sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Güneş santrali sistemdeki olası arızaların takibi, ortaya çıkan arızanın bölgesi ve bakım zamanı periyotlarının belirlenmesi için haberleşme alt yapısına sahip, yenilikçi ve kolay uygulanabilir bir izleme sisteminin tasarlanması gerekmektedir. Eş zamanlı izlenecek ve kontrol edilecek olan sistemin yapısı Fotovoltaiik paneller, Fotovoltaiik panellerin birleştiği DC (doğru akım) toplama panelleri, eviriciler, evirici hatlarının toplandığı ana dağıtım panoları, trafo ve OG (orta gerilim) hücre bileşenlerinden oluşmaktadır (Václav vd., 2018).

Fotovoltaiik enerji santrallerinde sistem değerlerinin izlenmesi anlık verileri sistemden almakla mümkün olmaktadır. Sistem değerlerinden elde edilen anlık verilerin grafiğe dökülmesini mümkün kılan ve olası arıza durumlarını tespit edebilecek bir ara yüze ihtiyaç duyulmaktadır. Fotovoltaiik enerji üretim santral birimine yerleştirmek üzere tasarlanacak bir izleme ve kontrol sistemi düşünülerek, sistem şalterlerinin konumlarını, sistemin anlık akım, gerilim, güç bileşenlerinin değerlerinin ve zamana bağlı grafiklerinin gözlenmesi amaçlanmıştır. Hata tespiti için, söz konusu değerlerin ve grafiklerin sistemden bağımsız fakat sistemle aynı ortamda bulunan referans değerler verebilecek bir cihazın ya da sistemin grafikleriyle karşılaştırılmasının yapılması gerekmektedir. Sistemlerden gelecek olan veriler arasındaki

karşılaştırmalar, kullanıcıya arıza ve bakım durum bilgilerini net olarak izlenebilmesini ve dolayısıyla maksimum verimin elde edilmesini sağlamaktadır. Bu sebeple, gerçek zamanlı ve karşılaştırmalı analiz yapabilen bir sistemin Fotovoltaik sistemlerde yaşanabilecek arızalara zamanında müdahale edilebilmesi açısından faydalı bir uygulama olacağı düşünülmektedir.

Dolayısıyla bu tez çalışmasında Fotovoltaik sistemler için kontrol ve haberleşme alt yapısına sahip gerçek zamanlı çalışan bir ara yüz programı tasarlanmıştır.



2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI

Popülerliği gün geçtikçe artan güneş santrali sistemleri, yenilenebilir olması özelliğiyle yoğunluklu olarak tercih edilen ve araştırılan bir sistem olmuştur. Dünya çapında ve ülkemizde çalışmalar ve araştırmaları yapılmış, en uygun kontrol ve işletme yöntemleri aranmıştır. Araştırmaların ağırlık olarak en uygun işletim sistemleri ve verimlilik çalışmaları üzerine yoğunlaştığı görülmektedir. Bu tez çalışmasında aşağıdaki benzer çalışmalar incelenerek fikirler alınmıştır.

Yenilenebilir enerji sistemlerinin uzaktan izlenmesi için, veri toplama sistemini SCADA arayüzü oluşturarak çalışmalar yapılmıştır. İletişimde RS232 ve TCP/IP protokolleri kullanmış internet üzerinden gerçek zamanlı veri alma protokolü ile haberleşerek denemeleri yapmıştır (Kalaitzakis vd., 2003). Arayüz programı kullanarak fotovoltaik sistemlerin performansının ve dinamik davranışlarını ayrıntılı bir şekilde araştırmışlardır. Farklı malzeme tiplerine ve koşullara göre sistemin davranışları arasındaki farklar incelenmiştir (Chouder vd., 2013). Fotovoltaik tesislerin izlenmesi, kontrolü ve güneş enerjisi üretiminin optimizasyonu yapılmıştır. FV sistemlerin arıza ve verimliliğini yerel olarak izleyerek ‘verimli algoritma’ olarak isimlendirilen bir yazılımla akıllı bir elektronik sistem çalışılmıştır. Sistemin güç bileşenlerini ve güneş ışınım değerlerini algılayıcı kartların ölçtüğü değerler sisteme taşınıp, anlamsız değişimleri algılayan bir sistem tasarlanmıştır (Visconti vd., 2015). Yüksek güç kapasiteli şebeke bağlantılı Fotovoltaik sistemlerin verimliliklerinin hesapları ve kurulu sistemlerin olabilecek maksimum verimlilik hedef değerlerinin hesapları çalışılmıştır. Tüm çevresel ve sistemsel değişkenleri hesaba katan, ‘Verimlilik metriği’ olarak tanımlanan bir yöntemle, bakım müdahalelerinin gerekli olduğu zamanları otomatik olarak tanımlayarak sisteme uyarılar tanımlamışlardır (Bizarri vd., 2015). GSM servisi kullanılarak uzaktaki bir elektrik sisteminin verilerinin alınması çalışılmıştır. Uzak istasyonun ölçüm cihazlarından alınan verileri GSM arayüzü aracılığıyla hedeflenen istasyona aktarılması ve bu verilerin veri tabanına kaydedilmesi sağlanmıştır (Ahmad vd., 2015).

Güneş santralinden kablosuz sensörlerle ölçümler alınmıştır. Veri toplama ekipmanlarının senkronizesi için hassas bir iletişim protokolü kullanarak bir yazılım sistemi geliştirilmiştir. Kayıtlar eş zamanlı incelenerek analiz edilmiştir. FV (fotovoltaik) sisteminin performansı izlenmiş ve bunun şebeke üzerindeki etkisi de incelenmiştir (Garcia vd., 2016). Güneş santrali sistemlerinin performansını, izlenmesini ve bakımını artıran akıllı solar fotovoltaik uzaktan izleme ve kontrol ünitesi kurulmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır (Adhya vd., 2016). Uzaktan izleme ve uzaktan kontrol için 3G, GSM ve Wifi. Özelliklerine sahip bir güneş santrali, buna bağlı otomatik, uzaktan kontrol edilen sulama sistemi tasarımı ve uygulaması çalışması yapılmıştır (Kabalcı vd., 2016). Güneş enerjisi izleme sisteminde nesnelerin mevcut ağ altyapısı üzerinden Rasperry-pi programıyla çalışan ve internetten online görülebilen uzaktan algılama ve/veya kontrol edilmesi çalışması yapmıştır (Vijayalashmi, 2017; Tapaskar, 2017). Fotovoltaik sistemlerde gerçek zamanlı izleme ve arıza bulma yöntemlerini incelemiştir. Arızalı bir Fotovoltaik sistemin performansı ile arızalı olmayan bir modülün diferansiyel

farkını ölçerek karşılaştırmışlardır. Farklı arıza modelleriyle arıza teşhisi yöntemlerini çoğaltmışlardır (Hassan Ali vd., 2017).

Farklı cihaz ve yazılımları kullanarak Fotovoltaik enerji sistemlerinin izleme sistemleri anlatılmıştır. Temel olarak Arduino yazılımı, Raspberry Pi cihazı, Reliance SCADA yazılımı, bluetooth özellikli ESP32 kartı, Wifi iletişimi kullanarak uzak arayüzle iletişim kuran ağ sistemlerini açıklamıştır (Allafi, 2017). Program üzerinden veri toplama sistemi geliştirmişlerdir. Şebekeden bağımsız bir fotovoltaik sisteminin elektriksel değerlerini sürekli olarak sisteminden alınması, görüntülenmesi ve verilerin bir adreste depolanarak veri tabanı oluşturulması çalışması yapılmıştır. Bu değerlerle güneş panellerinin performans değerlerine ulaşmaya çalışılmıştır. Fotovoltaik panel modüllerinin kısa devre doygunluk akımını ölçerek sistem verimiyle ilişkisi incelenmiştir (Rezk vd., 2017). Prototip bir güneş paneli uygulaması yapmıştır. Donanımsal ve yazılımsal prototipi tanımlamıştır. Eviriciden Ethernet iletişimi ve Modbus Sunspec TCP-IP protokolü ile veri olarak Phyton yazılımı ile işleyen, çevrimiçi izlenebilen arayüzü olan izleme sistemi örneği geliştirmiştir. Bu dokümanlardaki bilgiler bizim yapacağımız işlemlerin farklı yollarını göstermekle beraber temel bir sistem çalışma mimarisi ortaya koymuşlar ve bizim yapacağımız sisteme temel oluşturmuşlardır (Boudier, 2018). FV santral tesisinde, sistemin haricindeki bir modülün değerleri, sisteme entegre halinde olan bir modülün değerleri ve tüm tesisin ölçüm değerleri kıyaslanmış, farklı hava koşullarında sistemdeki akım ve gerilim değerlerinin karakteristik özellikleri incelenmiştir (Ortega vd., 2018). Yazılım, arayüz ve donanım iletişim protokollerini karşılaştırmış, elektrik şebekeleri için en uygun kullanılabilir protokollerini açıklamıştır. Örnek çalışmasında sayısal sinyal işleme modülü, VHDL donanım tanımlama dili, veri paketlerinin Ethernet ara-yüzü ile UDP/IP haberleşme protokolü, güç kalitesi ölçüm ve tespit işlemleri için hazırlanan sinyal işleme algoritmaları kullanılarak güç kalitesi izleme sisteminin Ethernet tabanlı yazılımsal ve donanımsal tasarımına yönelik çalışma yapmışlardır (Sun vd., 2019).

Fotovoltaik sistemlerin doğru akım ve gerilim değerlerini izleyerek arıza durumlarını tespiti için ‘değerlerde anormali algılama’ modeli üzerine çalışılmıştır. Hata değerlerine farklı yaklaşım modelleri olarak tanımladıkları bu yöntemleri, laboratuvar ortamında basit FV sistemden bir simülasyon sistemi oluşturup bunu yüksek güç kapasiteli kurulu bir FV sistemde test ederek sonuçları karşılaştırmışlardır. FV dizisi için bir simülasyon modeli oluşturulmuştur (Harrou vd., 2019). Fotovoltaik sistemler çok değişkenli hava koşullarında izlenmiş ve analiz için değerler alınmıştır. Bu değerlerle performans ölçümleri yapılmıştır. Değerlere bağlı makine öğrenimine dayalı güç performansı modellemesi üzerine çalışılmıştır. Sistemin kararsızlığına yol açan değişkenler ve bunların etki değerleri üzerine çalışılmıştır (Qgaard vd., 2020). Elektriksel ve çevresel veriler ölçülerek tesis verimliliği ile ilgili parametrelerin tahmin edilmesini sağlayan program geliştirilmeye çalışmışlardır. Arıza tespiti için ‘Öz Yinelemeli Doğrusal Model’ kullanılmıştır. Model, kısa devre, açık devre, kısmi gölgelenme ve kapalı hava koşullarında test edilmiş, sonuçları yorumlanmıştır. Aynı değerler ‘Yapay Sinir Ağı’ modeli için de kullanılarak bu iki model karşılaştırılmıştır (Lazaretti vd., 2020). Güneş Enerjisi Santrallerinin uzaktan izleme sistemleri için akıllı kablolu sensör ağı kurup kablolu olarak sistem izlemesi çalışması

yapılmıştır. Anylogic yazılımı kullanılmış sistem simülasyonu oluşturulmuş ve sistem özellikleri ile ilgili sonuçlar elde edilmiştir (Siddikov vd., 2021).



3. MATERYAL VE YÖNTEM

Güneş santralleri, elektriksel olarak, panellerden şebekeye güneş santrali sistemine uygun özellikli cihazlardan oluşmuştur. Sistem belirli hesaplar doğrultusunda kapasitelerine göre tasarlanmıştır. Gerçek zamanlı izleme yapılabilmesi için elektriksel yapısının özelliklerinin bilinmesi ve iletişim altyapısında birbirine uyumlu cihazlar seçilmesi gerekmektedir. Bu özelliklerin araştırılması sonucunda uygun materyal ve yöntemlerin eşleşmesi yapılmıştır. Bu tez çalışmasında gerçek zamanlı izleme için GES sistemin özellikleriyle uyumlu ve yeterli verileri sağlayabilecek bir donanım ve arayüz çalışılmıştır.

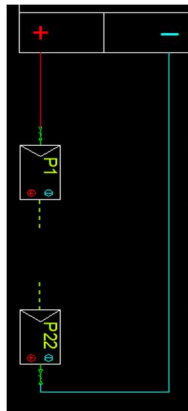
3.1. GES Sistemlerinin Temel Yapısı

GES Sisteminin temel yapısı elektriksel ve haberleşme olarak ikiye ayrılır. Elektriksel yapısı; sistemin güç bileşenlerini taşıyan dizinler, dizin toplama barası, İnvertör (evirici), ana dağıtım panosu, OG trafosu, OG hücreleri ve bu malzemelerin değerlerine göre tasarımını içerir. Haberleşme altyapısı da bu FV (fotovoltaik) sistemlerden veri almak için gerekli olan cihaz haberleşme altyapısını, PLC, router ve bu cihazların haberleşme protokol yapılarını içerir. Daha detaylı bilgiler aşağıdaki gibi açıklanabilir.

3.1.1. GES Sistemlerinin Elektriksel Yapısı

Bu tez çalışmasında 1 MW'lık güneş enerjisi santrali gözlem ve kontrol yöntemleri çalışılmıştır. Sistemlerin mimarisine göre güneş enerjisi santralleri birbirinden farklı olmakla beraber temel mantık ve bileşenler benzerdir.

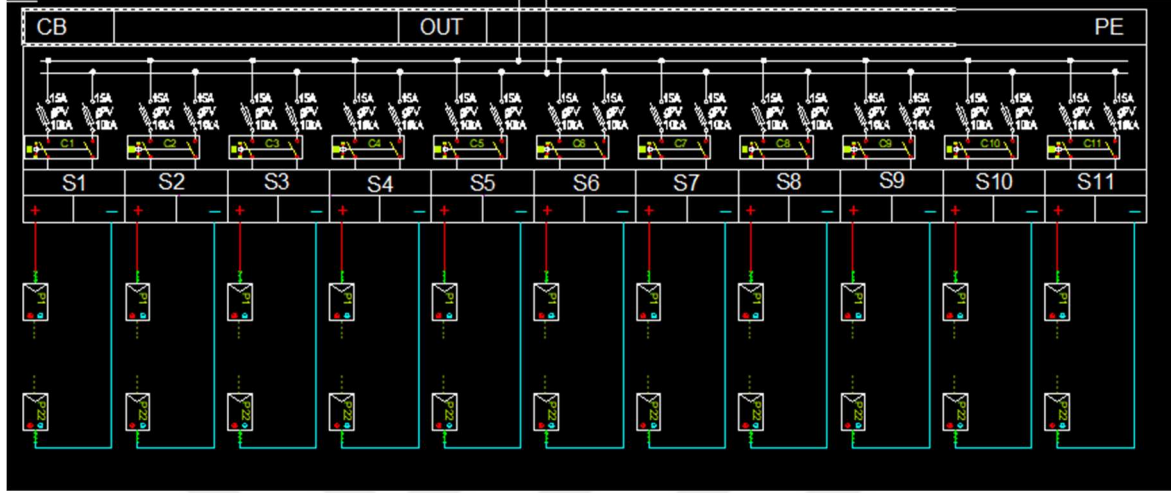
Şekil 3.1'deki çizimde görüldüğü gibi sistemde güneş panelleri birbirine seri dizinler olarak bağlıdır.



Şekil 3. 1. GES Sistemi seri dizin şeması

Bu seri dizinler toplama DC panolarına sigortalar ile korumalı olarak bağlanır. Ortak bir toplama barasında birleşirler.

Şekil 3.2’de görüldüğü gibi seri dizinler aynı sayıdaki panellerden oluşan dizinlerin paralel bağlantısıyla oluşmuş, koruma şalterleriyle toplama baralarında birleştirilmiştir



Şekil 3. 2. GES Sistemi DC pano şeması

DC panoların gücüne göre sisteme invertörler bağlanarak DC enerji, şebekeye aktarılır. Şekil 3.3’te gerçek zamanlı veri aldığımız saha tipi GES sisteminin panelleri görünmektedir.



Şekil 3. 3. Gerçek zamanlı veri alınan saha GES tesisi

Şekil 3.4’te dizinlerin toplandığı DC toplama panosu görünmektedir.



Şekil 3. 4. GES tesisi saha DC toplama panosu

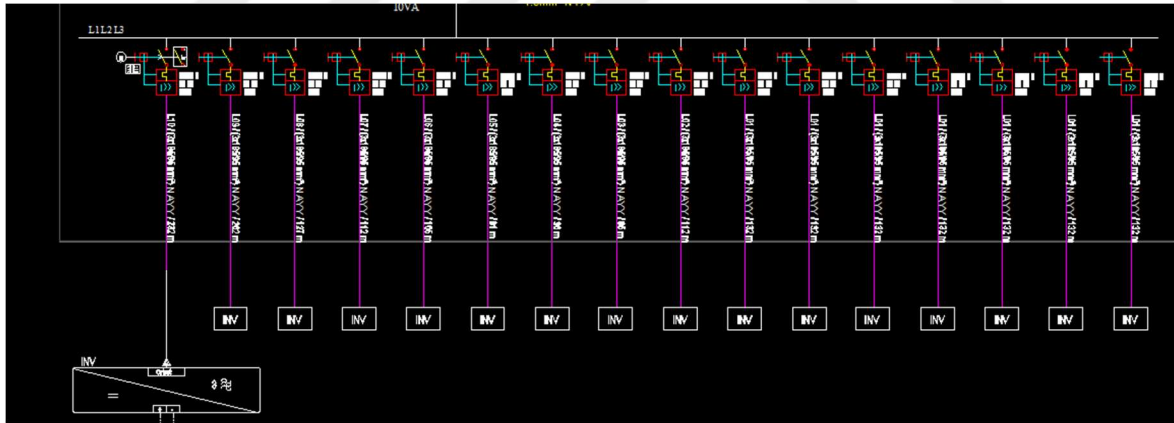
Şekil 3.5'te programın verilerinin alındığı invertör cihazı görünmektedir.



Şekil 3. 5. Gerçek zamanlı veri alınan GES invertör cihazı

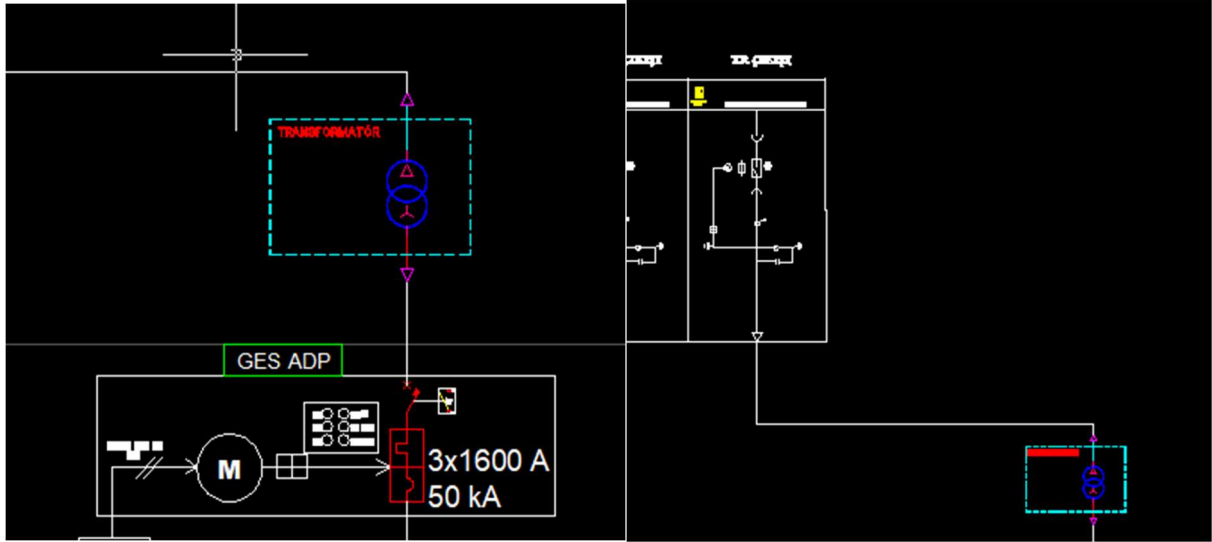
İnvertörler farklı sayılarda olabilir. Çok olması olası birim invertör arızalarında diğer invertörlerin çalışmasına olanak sağlayacağı için tercih edilebilir. Fakat maliyeti artırır. İnvertör sayıları farklı olsa da santrallerin elektriksel yapısı aynıdır.

Şekil 3.6'da görüldüğü gibi invertörler ana dağıtım panosuna termik manyetik şalterlerle bağlanmaktadır.



Şekil 3. 6. GES Sistemi Ana dağıtım panosu şeması

Şekil 3.7'de görüldüğü gibi ana dağıtım panoları merkezi bir şalter ile trafoya bağlanır. Bu şalterler açma kapama kontrollü kurmalı şalterler olarak seçilebilmektedir. Trafolarla gerilim OG şebeke değerine yükselir ve sistem kesicili açma, enerji ölçüm ve korumalı giriş hücreleri bağlantılarıyla yerel hatta bağlanır.



Şekil 3. 7. GES Sistemi trafo ve hücrelerin şemaları

3.1.2. GES Sisteminin Haberleşme Yapısı

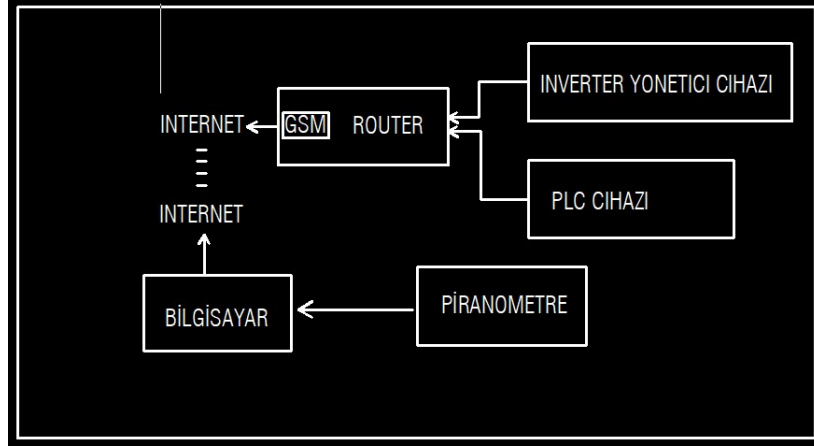
GES Sisteminden veri almak için ortak bir haberleşme protokolüne sahip haberleşme ağına ihtiyaç vardır. Birbiri ile uyumlu haberleşme altyapısına sahip cihazların santral sistemine bağlı olması gereklidir. Farklı tip haberleşme protokollerine sahip cihazların iletişimi için yazılımsal ve donanımsal çözümler uygulanmıştır.

Sistemin haberleşme yapısında merkezi bir Router cihazı haberleşmeyi sağlar. Verileri sistemden okuyan programın kurulu olacağı bir bilgisayar bulunmaktadır.

İnvertörlerin bağlı olduğu, sistemin haberleşmesini yönlendiren, Router cihazının iletişim protokolleriyle uyumlu ve Ethernet network haberleşme yapısı olan bir dağıtıcı bulunmaktadır. Bilgisayara veya Router'a bağlı TCP/IP protokol uyumlu bir PLC ünitesi sistem kontrolünün bir parçası olarak düşünülmüştür. PLC ile açma kapatma özelliği sistemde test yapabilme ve kontrol edebilme özelliği sağlamaktadır.

Bunlara ek olarak, santral sistemi verimliliğini incelemek için bilgisayara bağlı RS485 seri haberleşme protokolüne sahip bir piranometre mevcuttur.

Şekil 3.8'de görüldüğü gibi PLC ve inverter yönetici cihazı routere bağlıdır. Router GSM üzerinden internete bağlanmakta ve veri paylaşımında bulunmaktadır. Merkezi bir bilgisayar internet üzerinden bu verileri alabilmektedir.



Şekil 3. 8. Uzaktan Erişim Sisteminin Haberleşme Yapısı

Kullandığımız Router uzaktan erişim için statik IP alabilen, ve kendi ağında farklı cihazlara IP tanımlanabilen bir cihazdır. Router'ın internet bağlantısı sim kart ile yapılmış ve statik IP alınmıştır. Şekil 3.9'da görüldüğü gibi haberleşme sisteminde 'Four Faith F-R100' marka Router cihazı kullanılmıştır. Cihaz SIM kart ile GSM üzerinden internete bağlanabilme özelliğine sahiptir.



Şekil 3. 9. Four Faith F-R100 marka Router cihazı

İnvertör yönetici cihazı dağıtıcı, switch yapısında olup invertörlere bağlı ve Router'a IP numarası alarak bağlanabilen bir cihazdır. İnvertörlerin iletişimi için kullanılan, invertörlerin LAN'a bağlanmasını sağlayan bir cihazdır. İnvertör markasına özeldir.

PLC ünitesi Ethernet haberleşme standartına ve TCP/IP bağlantı protokolü özelliğine sahip olan bir cihazdır. IP konfigürasyonu yapılarak Router'ın LAN ağına dâhil edilmiştir. Bu tez çalışmamızda şekil 3.10'da görülen 'VIPA 313-5BF13' PLC cihazı kullanılmıştır. Bu cihaz Router'ın iletişim yapısına uygun şekilde ayarlanabilen özelliktedir. Saha kontrolü ve testler için genişletilebilir dijital giriş ve çıkış röleleri içeren modüllere sahip olması bu çalışma için avantajdır.



Şekil 3. 10. VIPA 313-5BF13 PLC cihazı

Programın çalıştırılabilmesi için merkezi bir bilgisayar kullanılmıştır. Arayüz bu bilgisayardan çalıştırılmıştır.

Sisteme bağlı gözlem ve hesaplamalar yapılabilmesi için seri bağlı TCP/IP veri iletişim protokolü özelliği olan RS485 veri iletebilen bir piranometre bilgisayara sürekli veri girişi sağlamaktadır.

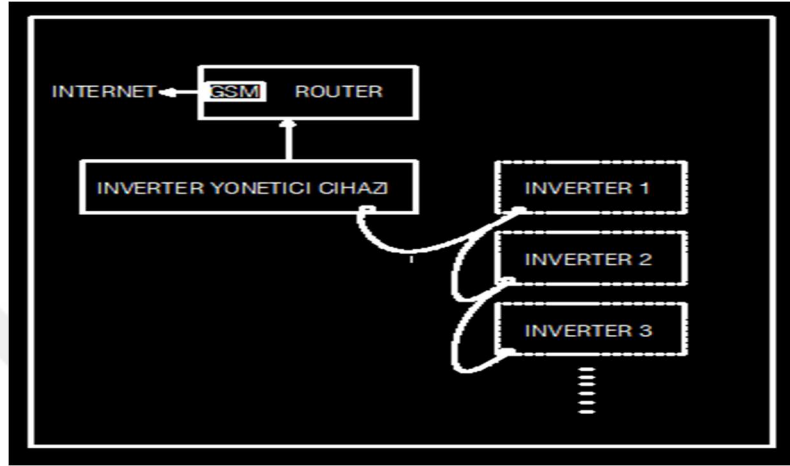
Şekil 3.11’de görüldüğü gibi routera yerel alan ağ (LAN) ve network adres sunucu ayarları tanımlanarak iç IP atanmış ve bağlanacak cihazlar için iç IP aralığı belirlenmiştir. İnvertöre, sürücüyü, PLC’ye ve bilgisayara, bu IP aralığındaki numaralardan IP numarası verilerek sistem ile haberleşmesi sağlanmıştır.

Şekil 3. 11 . Uzaktan erişim için Routerin iç yapılandırması

3.2. Uzaktan Erişim Sistemi ve Verilerin Gözlemlenmesi

İletişim altyapısı Modbus TCP/IP haberleşme protokolü olarak çalışmaktadır. Cihazlar TCP/IP protokolüyle, cihazlara tanımlanan IP adresleri ve port numaraları kullanarak veri iletimi sağlamaktadır. Router, GSM aracılığıyla internete bağlanmaktadır. Modeme hem iç IP hem de dış IP tanımlıdır.

Şekil 3.12’de görüldüğü gibi invertör yönetim programı Modbus TCP/IP protokolüyle cihazlara bağlıdır.



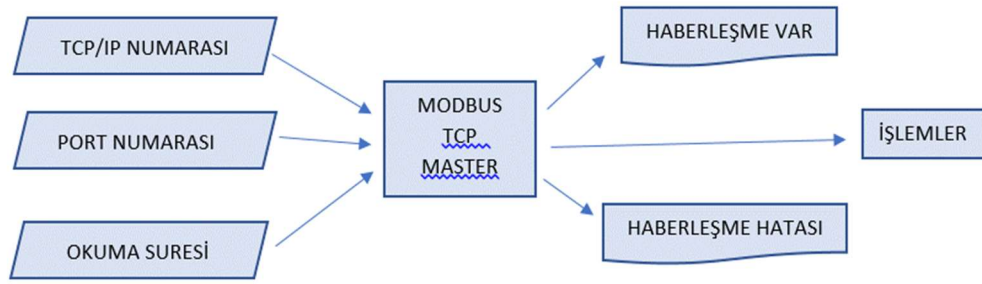
Şekil 3. 12. İnterör yönetim cihazı ve interör bağlantı şeması

Modbus TCP okuma fonksiyonunda invertör yönetici cihazı ile sistem kendi içindeki haberleşmede invertörleri slave olarak yapılandırmıştır. İnterörler, yönetici cihaz aracılığıyla sisteme bağlantı kurarlar. Ölçüm değerleri, invertörlerin üzerindeki ölçü cihazlarından alınarak sisteme aktarılır.

Cihazların verileri routerin IP numarası ve port adresi ile yönlendirilmektedir, yönlendirildikleri porttaki veriler arayüze aktarılmaktadır. Router, invertör yönetim programını iletişimi için kullandığı porta yönlendirme yapmaktadır, yönlendirilen portu da sistemin programından okuyarak verilerini arayüze aktarmaktadır.

Port ve IP veri transfer birimiyle beraber, programın Modbus TCP okuma fonksiyonu, TCP IP ‘master’ arayüzünü yaratır ve bu arayüz ile ‘slave’ cihazları tarar.

Modbus TCP/IP protokolü içerisindeki cihazları okuma fonksiyonuna sahip programların genel şeması Şekil 3.13’teki gibidir. IP numarası ve port numarası çevrim süreci boyunca Modbus TCP/IP okuma protokolü için tanımlı fonksiyona tanımlanır. İşlemin sonucuna göre hata verir ya da diğer ikincil işlemlere geçilir.

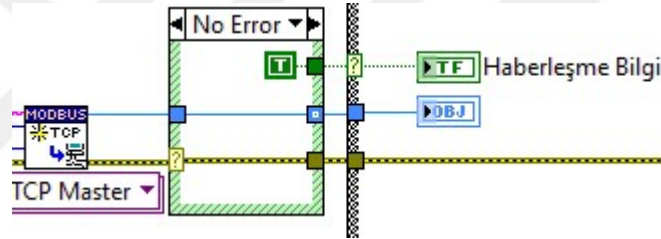


Şekil 3. 13. Modbus TCP okuma fonksiyonu genel şeması

C dilinde tanımlı kütüphanede yazılmış olan kod aşağıdaki gibi olmaktadır;

```
private ModbusClient data1 = new ModbusClient("IP numarası", port numarası);
if (data1.Connected) {}
```

Şekil 3.14'te LabVIEW programında programdan iletişim arıza kontrolü yapılarak, arıza olması durumuna göre iletişim hata uyarısı dönmektedir. İnvertör devrede ise yeşil, değil ise kırmızı hata uyarısı olarak tanımlanmıştır.

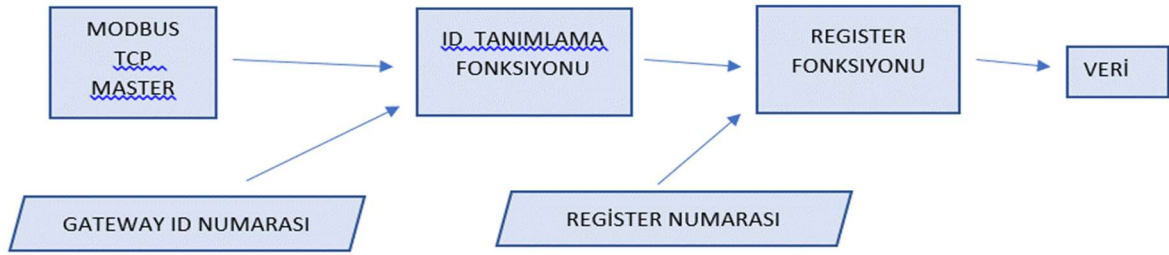


Şekil 3. 14. Sistemin bağlantı durumu program şeması

Sisteme bağlı slave cihazlarının, yani invertörlerin ayrı ayrı tanımlanmış ID numaraları (gateway) vardır. “Modbus gateway” numarası olarak verilen numara ile veri alınacak cihaz belirlenir ve cihaza okuma yazma işlemleri yapılır. Biz bu cihazlardan okuma işlemi tanımlıyoruz. Okunan değerler ID numarası ile programdan slave cihazın çıkış verisi olarak alınır.

Her model invertör cihazı farklı hafıza adreslerine almış olduğu verileri kaydeder. Katalog değerlerinden söz konusu hafıza kayıt numaralarına ulaşılabilir. Katalog verilerinden kendi içerilerindeki ölçüm değerlerini hangi kayıt numaralarına aktardığını bulup bu adresteki veriler ölçüme göre anlık veri olarak değişebilmektedir.

Şekil 3.15'te ve Şekil 3.16'da görüldüğü gibi ‘ID Tanımlama Fonksiyonları’ ve ‘Register Fonksiyonları’ ile ‘gateway’ numarasına bağlı cihazın belirlenmiş kayıt numarasındaki veriye ulaşılır.



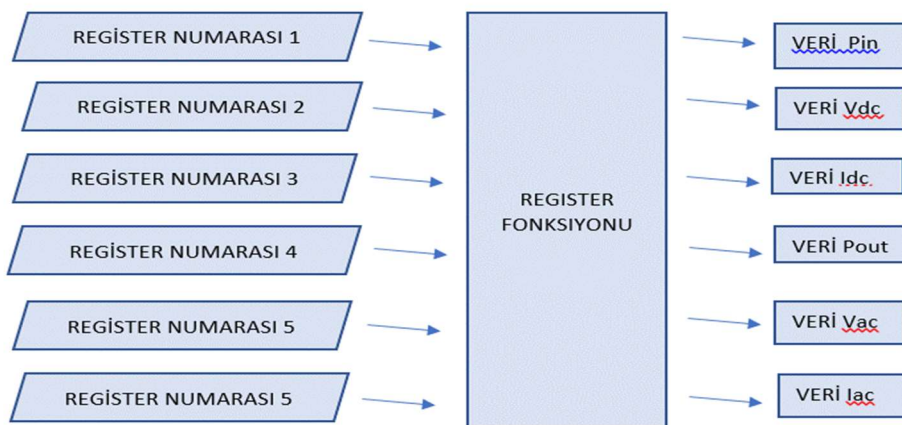
Şekil 3. 15. Modbus TCP okuma fonksiyonu veri şeması

Farklı ID numaraları farklı cihazlara erişim için kullanılabilir.
C yazılım dilindeki kodları aşağıdaki gibidir.

```

private ModbusClient data1 = new ModbusClient("IP numarası", port numarası);
if (data1.Connected)
{
    try
    {
        data1.UnitIdentifier = ID;
        process..
    }
}
  
```

Bu kayıt adresleri cihazın anlık ölçüm değerlerinin saklandığı yerlerdir. Kayıt adreslerindeki verileri program aracılığıyla okuyup arayüze aktarma işlemi yapılmaktadır. Farklı kayıt (register) numaraları cihazların anlık farklı ölçüm değerlerini verir (güç, akım, gerilim verileri). Okunan değerler farklı formatlarda veya ondalık değerlerde olabilir. Bu değerler katalog verilerine göre istenilen formata dönüştürülmekte ve işleme hazır hale getirilmektedir.



Şekil 3. 16. Register fonksiyonu temel program şeması

Register kayıt verilerini C yazılım dilindeki okuma kodları aşağıdaki gibidir.

```
float IV1DCA;  
float IV1DCV  
if (data1.Connected)  
{  
    IV1DCA = (float) data1.ReadHoldingRegisters(register number, number of  
    byte)[0] ;  
    IV1DCV = (float) data1.ReadHoldingRegisters(register number, number of  
    byte)[0] ;  
}  
label3.Text = IV1DCA.ToString() + "A";  
label4.Text = IV1DCV.ToString() + "V";
```

3.2.1. Eş zamanlı Veri Alma ve Uzaktan Erişim Sisteminde Programın Arayüzü

Arayüzü oluşturmak ve programsal özellikleri yazmak için LabVIEW programı, ‘Community’ versiyonu kullanılmıştır. Ayrıca Visual Studio programında uzak sitemden eş zamanlı veri alma kodları arayüz formu oluşturularak denenmiştir.

3.2.1.1. İnvertör Verileri

Program ağa bağlandıktan, veri ve adres okumayı yaptıktan sonra her bir invertörün verileri arayüzden ayrı ayrı okunabilmektedir. Önyüzden programın ağa bağlı olduğu bilgisi gözlemlenebilmektedir. Anlık giriş gücünü, giriş akımını, giriş gerilimini, çıkış gücünü, çıkış akımını, çıkış gerilimini (şebeke gerilimi) anlık olarak ekranda görebilmekteyiz. Bu verilerin anlık değerleri işlenerek sistemin arızalı olarak düşünülebilecek durumları otomatik olarak tespit edilebilir ve uyarı olarak gösterilebilir. Şekil 3.17’de bir invertörün ön ekranda görünen arayüzü aşağıdaki gibidir. Güç, akım, gerilim değerleri ile arıza durumları panoya işlenmiştir.



Şekil 3. 17. İnvertör 1 cihazının anlık değer izleme arayüz görüntüsü

3.2.1.2. Veri Alma Periyodu

Programa veri alma periyodu eklenmiştir. Şekil 3.18’de görüldüğü gibi alınacak verilerin döngüsünü göstermektedir. Cihazlarımızın sayısına ve programın fonksiyon genişliğine göre denenerek bulunabilecek bir zaman döngüsüdür.



Şekil 3. 18. Sistem verilerini alma periyodunun tanımlandığı ayar bölgesi

3.2.1.3. Zamana Bağlı Grafikler ve İnvertör Takip Sayfası

Sitemden alınan bütün verilerin zamana bağlı grafiklere aktarılması yapılmıştır. Olası durumda detaylarının görünmesi ve analizlerinin yapılması grafiklerde daha kolay olmaktadır. Grafik görünümü günlük izlenimlerdeki değişimlerin yorumlanması açısından önemli bir arayüz oluşturmaktadır.

Şekil 3.19’da görüldüğü gibi aldığımız verileri günlük grafik tablolarıyla görebilmekteyiz. Program anlık verilerin zamana bağlı değerlerini grafik ekranına eş zamanlı olarak yansıtacak şekilde oluşturulmuştur.



Şekil 3. 21. Yazılım durdurma butonu

3.3. Sistem Verilerinin İncelenmesi ve Programlanması

Santral sisteminden aldığımız verilerin değerlerini ve grafiklerini görebiliyoruz. Bu verilerin incelenmesi ve yapılan incelemeler sonucu programda arıza olan ya da olabilecek durumlar için verileri okuyarak otomatik uyarılar veren sistemin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

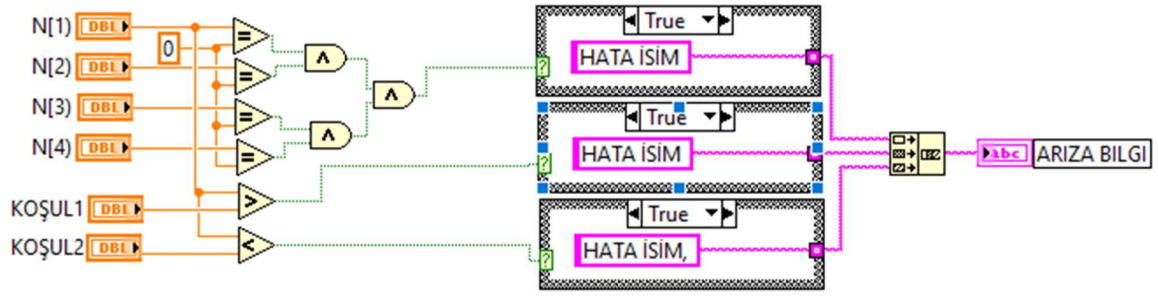
Programdan aldığımız veriler olası arızalarda, anlık okuma süresi içerisinde değer değişimleri gösterirler. Bunlar genel olarak DC tarafta akım kayıpları, invertörün iç arızaları, programsal kısıtlamalara bağlı değer kayıpları, ayrıca AC (alternatif akım) tarafta pano, şalter bağlantıları ana şalter ve kesici gibi şalt sisteminin temel öğelerinde arızalar olabilmektedir. Şekil 3.22’de görüldüğü gibi sistemden alınan veriler işlenerek, anlık olarak ‘Arıza Raporu’ sayfasına aktarılır. Sorunun arayüzden görünmesi amaçlanmıştır.



Şekil 3. 22. Olası arıza durumları için arıza raporu görünümü

DC akım, DC gerilim, AC akım, AC gerilim, DC güç, AC güç değerleri santral üzerinden okunmaktadır. Sistemde oluşabilecek arızaların veri değerleri temel alınarak ve elimizdeki anlık veri değerleri program yapısında işlenerek arıza tespiti otomatik olarak programa yaptırılabilir ve arayüzde gösterebilir. Bu verileri işleyerek hataları belirleme çalışması yapılmıştır.

Şekil 3.23’te LabVIEW programıyla sistemden okunan verilerin arıza koşullarının tanımlanmış şekli ve hata durumlarının arıza bilgilerinin sisteme iletilmesi gösterilmektedir.

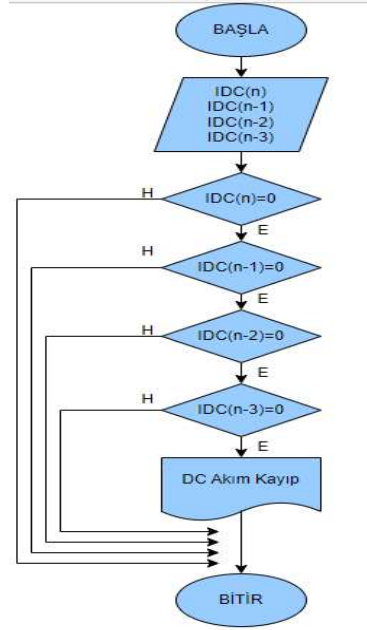


Şekil 3. 23. Anlık verilerin arıza durumu programlama yapısı

3.3.1. İnvörtör Giriş DC Akım Değeri

Anlık giriş DC akım değeri gerilimin uygun değerlerde olmasına rağmen sıfırlanıyorsa ana terminal bağlantı noktasında invertörün ön ve arka kontaktöründe, diyot kartlarında arıza olmuş denilebilir. Akımın değerindeki düşme ve sıfırlanmaya karşı giriş, çıkış güç ve çıkış akım değerleri de düşecek veya sıfırlanacaktır. İnvörtörün iletişim hatalarından ve kendi döngülerinden kaynaklı güç değeri anlık sıfırlanabilmektedir ya da yüksek değer düşüşleri görülebilmektedir. Anlık değişimin ardından sistem çalışmaya devam edip enerji akışı sağlanabilmektedir. Bu anlık durumların arıza durumlarından çıkarılması gerekmektedir. Bu duruma yönelik yazılımsal çalışma yapılmıştır. İletişim arızaları anlıktır. Okunan değerler tekrarlıyorsa arıza kalıcıdır denebilir. Kayıplar bir süre daha tekrarlıyorsa arıza uyarıları rapora gönderilmektedir.

Şekil 3.24'te görüldüğü gibi akış şemasında birden fazla dakikalık verinin kaybı düşünülerek uyarılar oluşturulmuştur. Program, verilerde düzelme olursa uyarı raporu gönderme, devam ederse arıza raporu gönder şeklinde çalışmıştır.

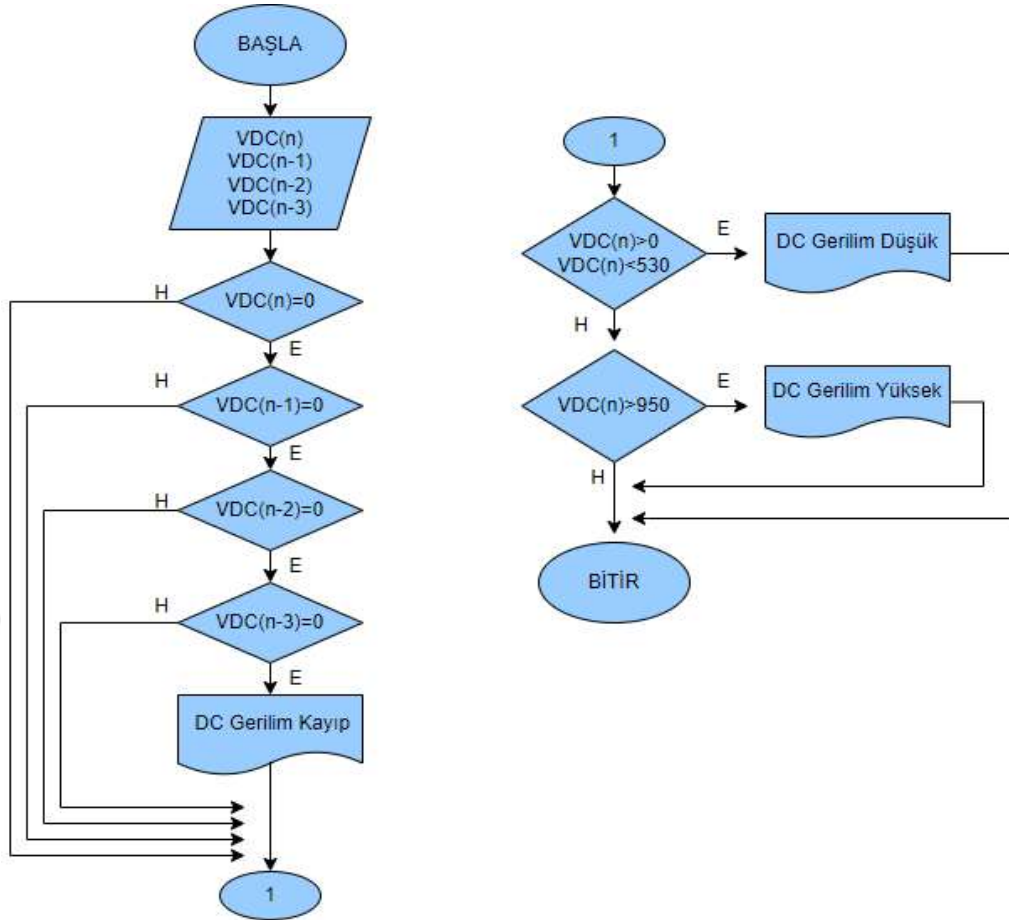


Şekil 3. 24. Giriş DC akım arıza durumu için akış şeması

3.3.2. İnvertör Giriş DC Gerilim Değeri

İnvertöre 500V (volt)'dan daha aşağı DC Volt gelirse invertör ayarları gereği sistemin çevrim çalışmasını durdurmaktadır. Bu arıza değildir. Program bu durumda okuma çalışmasını keser ve raporlamada gerilimin düşük olduğu bilgisini verir. Bu durum doğal gün sonu toplam ışıyım düşmesi gibi durumlardan kaynaklanabilir. Program akşam saatlerinde veya sabah erken saatlerde bu tip hataları sürekli vermemesi için piranometre ve saat verilerinin gün bazlı ayarlaması gerekmektedir. İnvertöre ayrıca giriş gerilimi 1000V'dan daha yukarı olduğunda da ayarları gereği sistemin çalışmasını durdurmaktadır. Bu duruma yaklaştığı değeri düşünerek yüksek ve düşük gerilim bilgisi uyarı olarak atanmıştır. Arıza olarak sistem çalışmasını kesmeden önce arıza raporunda gerilimin 950V'dan daha büyük veya 530 dan daha küçük olduğu uyarısı verilmektedir. Yine santral sisteminden okunan değerlerde, giriş DC gerilim değeri arka arkaya 3 ölçüm kadar 0 Volt değerindeyse, saha tarafında hat ayrılmasına yol açan arıza vardır denilebilir. Program arıza bilgisi vermesi üzerine yazılmıştır.

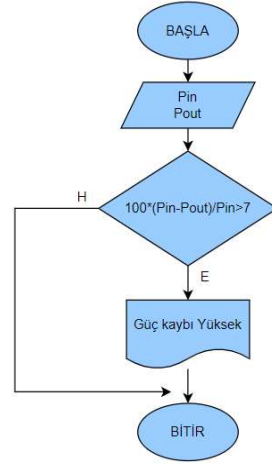
Şekil 3.25'te, ölçüm değerlerine göre, gerilim değeri belli süre sıfır değerinde gelirse ve belirli gerilim değerlerinin dışına çıkarsa, programın uyarı vermesinin akış şeması oluşturulmuştur.



Şekil 3. 25. Giriş DC gerilim arıza durumu için akış şeması

3.3.3. İnvörtör Güç Bileşen Değerleri

İnvörtör verimliliği %100 değildir. Değişik zamanlarda yapılan testlerde üretim verimlilik oranı minimum %2.2 maksimum %6.5 olmaktadır. Sadece arızalarda, akşam ve sabah erken vakitlerde, piranometrenin 50 W/m²'nin altında olduğu zamanlarda bu oranlar aşılmaktadır. 50 W/m² üzeri ışınlam aralığı konularak raporlama yapıldığında, bu oran aşılsa invörtörün içerisindeki çevrim diyotlarında arıza olmuş olabilir ya da sistemin programsal ayarlarında bozulma olmuş denilebilir. Bu durum sürekli olmaya başladığında enerji kaybına neden olacaktır. Bu yüzden, bu durumu algılayan bir fonksiyonla, yazılımda, sistemdeki invörtör güç çevirme kaybı % 7'den daha büyük ise Şekil 3.26'da akış şemasında görüldüğü gibi arıza ekranına bilgi verilmektedir. İnvörtör ayarlanmış sınırlamaları yakalamak için kendi içinde güç ayarlaması yaparken de bu oran artabilir. Uyarı sürekliliğinde arıza vardır denebilir.

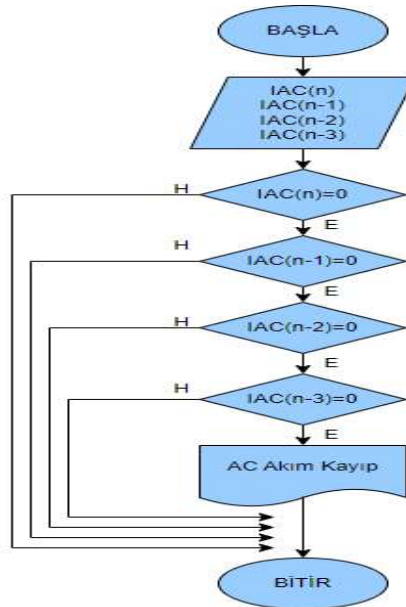


Şekil 3. 26. Güç bileşenleri arıza durumu için akış şeması

3.3.4. İnvörtör Çıkış AC Akım Değerleri

Anlık çıkış AC akım gözleminde, akımın tamamen sıfırlanması invertör besleme kablo bağlantı kopmasını, İnvörtör şalterlerinin kapanması, invertör arızasından kaynaklı olabilir. Giriş DC akım ve beraberinde güç bileşenleri de gitmiş olmalıdır yoksa sadece sistemin güç bileşenlerinin ölçüm cihazlarında sorun var denebilir. Giriş DC gerilimi görünüyorsa invertörün iç şalteri ya da kartları arızalanmış olabilir. Yine iletişim kaybı ani iniş çıkışlardan uyarıları kaçırmak için sırayla 3 uyarı zamanlı kesilme sonrası uyarı olarak verilmiştir. Diğer uyarılarla beraber yorumlanır.

Şekil 3.27'deki akış şemasında görüldüğü gibi akım değeri belirli zamanlı sıfır değerinde okuma yaparsa hata raporuna "AC Akım Kayıp" uyarısı vermektedir.

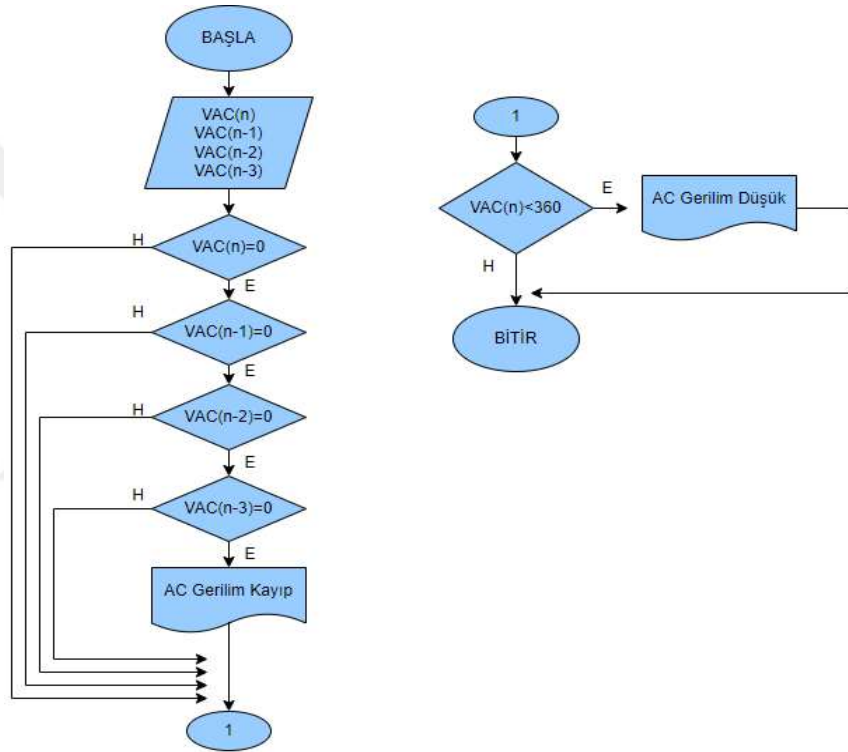


Şekil 3. 27. Çıkış AC akım arıza durumu için akış şeması

3.3.5. İnvörtör Çıkış AC Gerilim Değerleri

Giriş DC gerilimi programın arayüzünde görülmesine rağmen çıkış AC geriliminin olmaması şebeke tarafından elektriğin kesildiği veya hattaki şalterlerin birinin arızası, kapanması gibi durumlarını gösterir. Çıkış gerilimi invertöre girilen değerlerde 360V'dan daha düşük olması durumunda invertör de kendisini kapatmaktadır. Bu iki durumu gözeterek 3 ölçüm süreli gerilim değerinde kayıp durumunda gerilim kaybı hatası vermektedir. 360V'dan daha düşük olması durumunda direk hata vermekte invertörün kapanmasıyla beraber sorun bilgisini iletmektedir.

Şekil 3.28'de akış şeması üzerinde koşullar ve uyarılar gösterilmiştir.



Şekil 3. 28. Çıkış AC gerilim arıza durumu için akış şeması

3.3.6. Dizin Hatası Raporu Yapısı

İnvörtöre kadar olan merkezi sistemlerin yanında invertörlere bağlı dizinlerin kayıpları da olabilmektedir. Bu dizinler adetlerine göre orantılandığında 11 hatlı dizinde bir dizinin anlık kaybı %9 oranına bir kayba sebep olacaktır. Herhangi bir dizin kaybı oluştuğunda sistem %9 değer kaybetmektedir.

Sabah erken saate ve akşam geç saatlerde dizin hatasını fazla vermesine rağmen stabil normal gün şartlarında invertör anlık gücünden %9'luk bir kayıp yaşamamaktadır. Ama parçalı bir bulut

hareketi, invertörün denge dalgalanmaları, saha yıkamaları gibi durumlar yine bu derecede dalgalanmalara yol açmaktadır. Dizin hatasının bu yüzden resetlenebilir bir arayüzle düşünülmüştür.

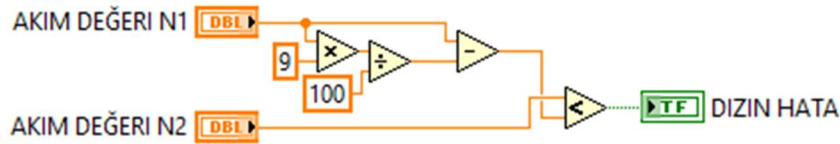
Şekil 3.29’da görüldüğü gibi dizin hata raporu ekranı aşağıdaki gibidir. Dizin kaybı yandığında kırmızı olmaktadır. Reset butonuyla arıza raporu sayfası temizlenebilmektedir.



Şekil 3. 29. Dizin hatası raporu görünümü

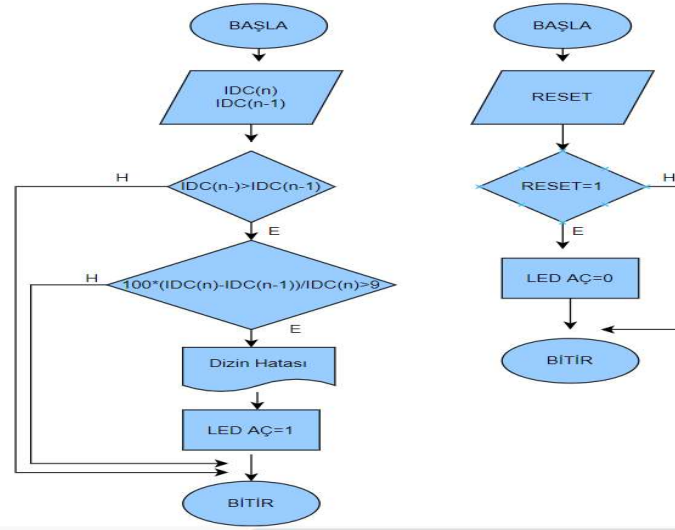
Sabah erken saate ve akşam geç saatlerde, enerjinin düşük olduğu zamanlarda dizin kaybetme hatası çok fazla olmaktadır. Bu durumlarda hata yoğunluğunun önüne geçmek gerekmektedir. Piranometre verisinin düşük olduğu değerlerde (50W/m²) ve enerjinin düşük olduğu saatlerde programa kısıtlamalar konularak bu hatalı uyarıların önüne geçilmiştir.

Şekil 3.30’da LabVIEW programında değerlerin işlenmesi ve hata raporuna dönüşümünün temel program yapısı gösterilmektedir.



Şekil 3. 30. Dizin arızası temel program yapısı

Şekil 3.31’de dizin hatası arayüzüne ait akış şeması gösterilmiştir.



Şekil 3. 31. Dizin hatası arızası akış şeması

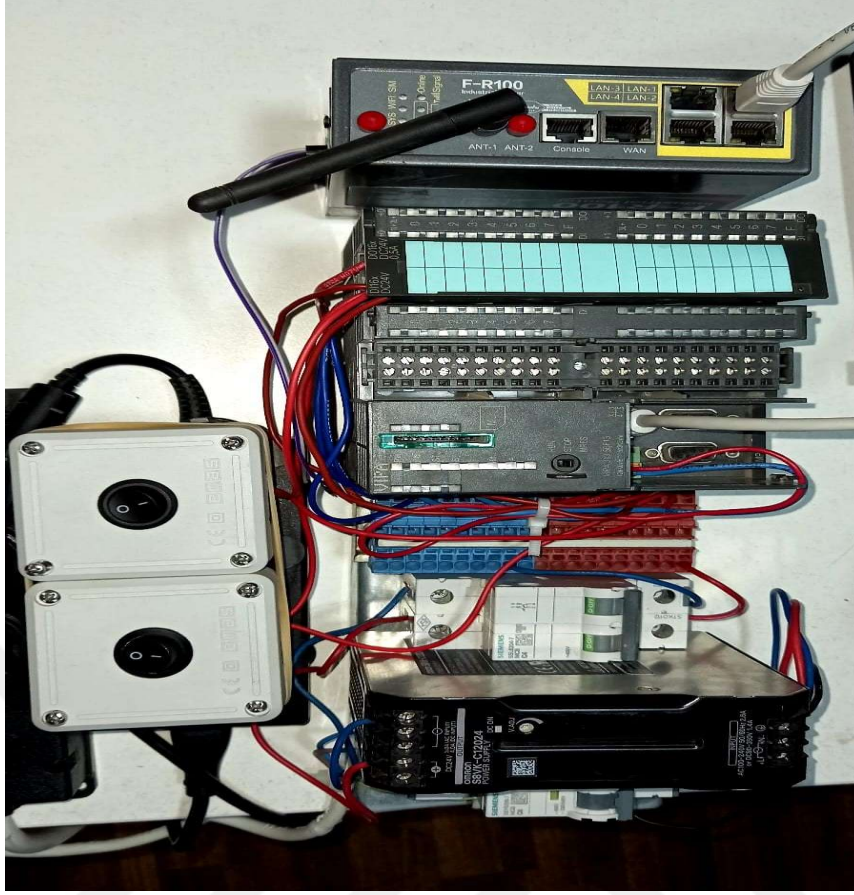
3.4. GES Sisteminin Uzaktan Testleri ve Eş Zamanlı Kontrolleri

Güneş santralinden aldığımız sisteme ait bilgiler bize olası arızalar konusunda bilgiler vermektedir. Fakat bunlar arızanın yeri konusunda tam bilgi vermez. Sahaya çıkıp test ve ölçümle kontrol edilmesi gerekir. DC taraftaki dizinler, kontaktörler, AC taraftaki merkezi şalterler, alt şalterler, OG kesicinin konumları kontrol edilebilir özellikte olan cihazların da kullanımıyla arayüz ekranına taşınabilir. Bu kontrollerin bir bölümünün arayüz aracılığıyla yapılması ve anlık olarak ekranda sonuçların izlenebilmesi için çalışma yapılmıştır.

3.4.1. Kullanan Cihazlar ve Kontrol Sisteminin Yapısı

Yapı olarak arayüz ile PLC kontrol programının bir sanal sunucu aracılığıyla iletişim kurması sağlanarak PLC programının kontrolünün sağlanması PLC cihazı ile de VPN bağlantıyla uzaktan bağ yapılması sağlanmıştır. PLC cihazı olarak VIPA marka ‘313 5bf13’ model cihaz kullanılmıştır. Yazılım olarak “Tia portal” yazılımı kullanılmıştır.

Uzaktan kontrol sistemindeki cihazların bağlantı yapısı Şekil 3.32’de görüldüğü gibidir. Router, PLC cihazları, bu cihazları besleyen bir güç kaynağı grubu ve sanal olarak dijital sinyali PLC ye veren anahtarlardan oluşmaktadır.



Şekil 3. 32. PLC ve Modem bağlantı görünümü

VPN bağlantı, internet veya açık ağ üzerinden özel bir ağa bağlanmayı sağlayan bir bağlantı çeşididir. Uzak noktadaki bağlantılar için VPN Routerlar kullanılmaktadır. Bu bağlantı cihazlarına statik IP numaralı GSM kartı takılarak internet bağlantısı sağlanmaktadır, cihazın sürücüsü PLC programına donanım gibi eklenerek cihaz sisteme dahil edilir. Cihazın bağlantı için gerekli ayarları, dış IP numarası, bağlantı tipi (MPI – PN/IE_1) PLC programına tanımlanmalıdır.

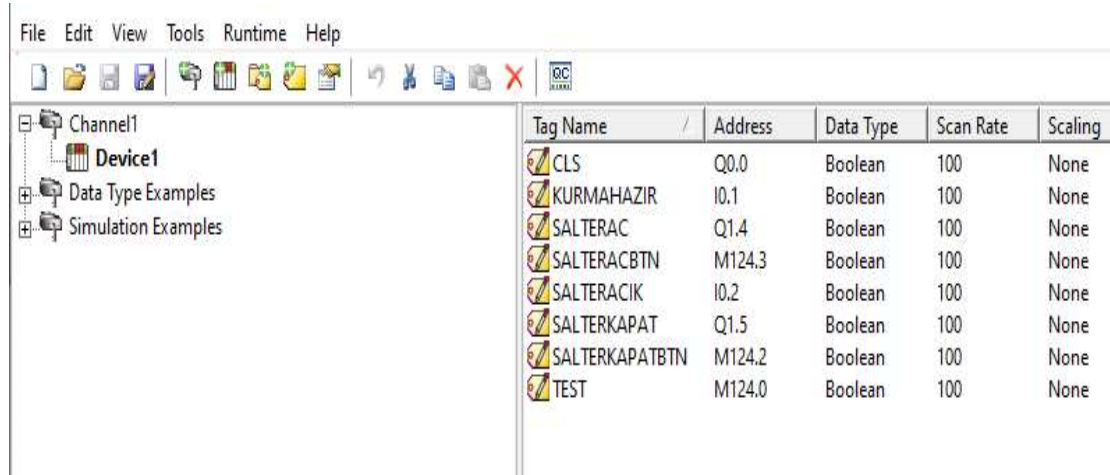
Bağlantı yapıldıktan sonra PLC programı üzerinden PG/PC arayüzü VPN Router yazılım modülü seçilerek uzak cihaza ulaşmaya çalışılır. Program cihazı görebiliyorsa bağlantı başarılıdır. Bu şekilde program uzak VPN Router'a ulaşarak port yönlendirmesi ile port ve IP si bağdaştırılmış PLC'yi görerek program uzak PLC'yi sistemine dahil edecek ve PLC cihazı PLC programı uygulamalarına cevap verecektir.

Her programın kendine ait bir haberleşme protokolü vardır. Bu haberleşme protokolleri cihazdan cihaza programdan programa değişmektedir. Bu cihaz ve programların ortak bir noktasında çalışıp birbiriyle iletişim kurabilmesi için ortak bir standartta “OPC standartı ” olarak haberleşme protokolü tanımlanmıştır. OPC sunucu farklı protokolde olan iletişim kurulması gereken yazılımı OPC standartına çevirip işlenebilir olmasını sağlar. Bir protokol çeviricisidir. OPC sunucusu olarak çalışan programlar aracılığıyla bu farklı haberleşme protokolüne sahip yazılım ve cihazlar iletişim sağlarlar.

Arayüz ile PLC Kontrol programının iletişimi için OPC sunucusu kurulmuştur.

OPC sunucusunda kullanılan PLC programı, cihaz IP, internet iletişim protokol tipi tanımlanmıştır. PLC de kullanılan nesneler isim ve adres numaralarıyla OPC sunucusuna adres olarak tanımlanarak PLC programının yazılım nesneleri eşleştirilmiştir.

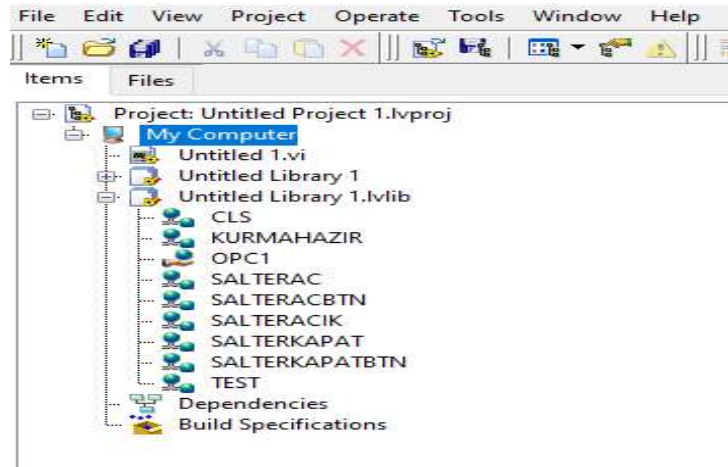
Şekil 3.33 ve Şekil 3.34'te OPC sunucusunun tanımlanmış PLC ve arayüz programlarının nesneleri görünmektedir. Bu nesneler birbirine eş zamanlı çalışması için aynı ad ve adreste tanımlanmış ve eşleştirilmiştir.



Tag Name	Address	Data Type	Scan Rate	Scaling
CLS	Q0.0	Boolean	100	None
KURMAHAZIR	I0.1	Boolean	100	None
SALTERAC	Q1.4	Boolean	100	None
SALTERACBTN	M124.3	Boolean	100	None
SALTERACIK	I0.2	Boolean	100	None
SALTERKAPAT	Q1.5	Boolean	100	None
SALTERKAPATBTN	M124.2	Boolean	100	None
TEST	M124.0	Boolean	100	None

Şekil 3. 33. OPC sunucu PLC arayüz nesneleri görünümü

OPC sunucusunda tanımlanan giriş çıkış adresleri arayüz programının kütüphanesinde nesne olarak tanımlanmıştır. Arayüzdeki nesnelerle eşleştirilmiştir.



Şekil 3. 34. OPC sunucu yazılım programı arayüzü nesneleri görünümü

Şekil 3.35'te görüldüğü gibi eşleştirilen nesneler arayüze buton ve led olarak aktarılmış, arayüzden kullanımına uygun hale getirilmiştir.



Şekil 3. 35. Testler için oluşturulan bağlantı arayüzü

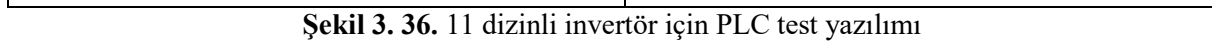
3.4.2. Dizinlerin Testi

Bu tez çalışmasında, izin hatası alınıp grafiklerden izin kaybı görüldüğünde izinlerin merkezi bir yerden testi amaçlanmıştır. Çalışmaya invertör izinlerinin test sistemi eklenmiştir.

Sahadaki DC panoların izin linyelerine konulacak elektromıknatıslı anahtarlar PLC ile kontrol edilerek açtırılabilir ve linyeler kontrol edilebilir. Anahtarların kontrol uçları PLC'ye bağlı rölelere bağlanır. PLC'nin tüm izin linyelerini ayırarak sıralı bir şekilde dizileri açıp kapatılması ile her bir dizinin bilgisi arayüze gelecektir. Elektromıknatıslı anahtarların maliyeti yüksek ve termin süreleri uzun olduğu için test sistemi PLC rölelerine kadar sağlanmış ve test edilmiştir.

Arayüzden OPC sunucu aracılığıyla PLC'ye test için 'TEST' adında bir başlangıç butonu tanımlanmıştır. Ayrıca programın testte olduğunu bildiren 'CLS' adında bir gösterge nesne tanımlanmış ve arayüzden led uyarısı olarak okunmuştur. Arayüze test butonu yerleştirilmiştir. Bu butona basılmasıyla beraber arayüzün OPC sunucu üzerinden PLC'ye erişerek sistem testini otomatik olarak gerçekleştirmesi amaçlanmıştır.

11 izinli bir PV sisteminde izinleri sıralı açan PLC yazılımı Şekil 3.36'da görüldüğü gibidir. Sıralı olarak röleler açılır ve çalışma boyunca 'TESTDVR' çıkışı sinyal olarak uyarı verir. Bu uyarı hem PLC den görülebilir hem de ön izleme ekranına taşınır ve uyarı ledi olarak görülebilir. Zamanlamalar veri alma periyotuna göre ayarlanmalıdır.



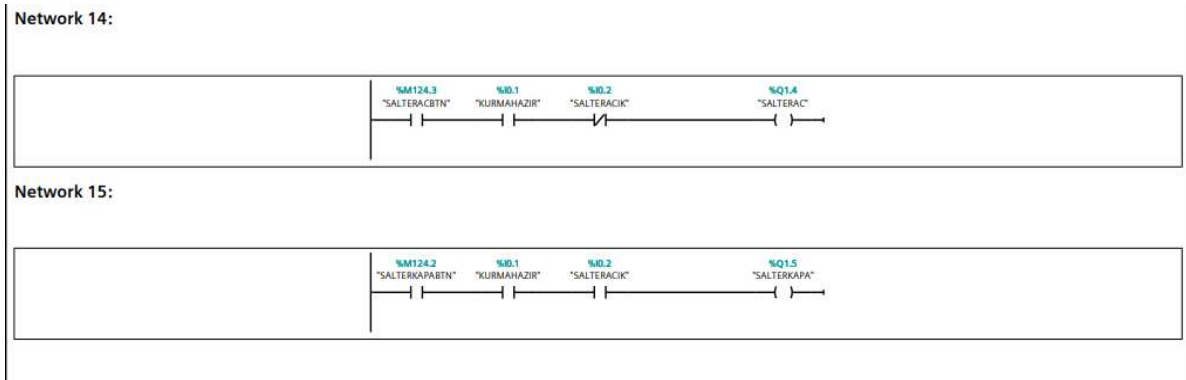
3.4.3. AG ve OG Sistemlerin İzlenmesi ve Kontrolü

AG (alçak gerilim) ve OG sistemleri güneş santrallerinin bir parçasıdır. Bu tanımladığımız özellikli şalt sistemleri santralin diğer açma ve kapama kontrollerini de uzaktan yapabilme imkânını sağlamaktadır. Şalt sistemlerindeki şalterlerin, anahtarların, kesicilerin özellikleri seçilirken kurma mekanizmasının olması, açma kapama rölesi veya bobini olması gerekmektedir. OG ve ADP (ana dağıtım panosu) sistemlerinin genelinde ana TMS (termik manyetik şalter) ve kesici bu özelliklere sahiptir. Bu tez çalışmasına 1 adet şalterin açma ve kapamasını yapan, kurmalı şalteri olan şalter kontrolü eklenmiştir. Bu örnek tüm şalterlere ve kesicilere uygulanabilir. Şalterin açık ve kapalı bilgisi, kurma kolunun hazır olup olmadığı bilgisi görsel uyarı olarak program arayüzüne gelmektedir.

Şekil 3.37’de bir şalterin kontrolünün arayüzü, Şekil 3.38’de bu arayüzün PLC yazılımı görünmektedir.



Şekil 3. 37. AG ve OG sistemlerinin kontrolü için program arayüzü



Şekil 3. 38. AG ve OG sistemlerinin kontrolü için PLC yazılımı

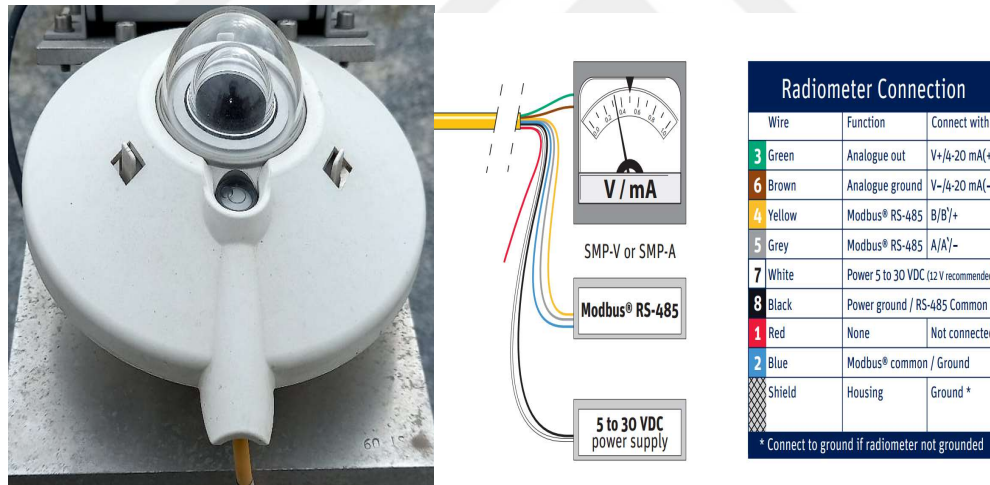
3.5. Piranometre ile Verimlilik Çalışmaları

Sahada güneş santralının arızalarını görebilmenin ve müdahale için bilgi alabilmenin yanında verimlilik konusunda anlık durum bilgisinin alınmasının da sistemin takibi için önemi büyüktür. Güneş santrali sahasındaki değerlerin doğruluğunun teyidi için sisteme bir piranometre yerleştirilmiştir. Santral çalışmasındaki verimlilik çalışmaları için bu verilerin gerçek zamanlı alınması ve işlenmesi çalışması yapılmıştır.

3.5.1. Piranometre Cihazının Yapısı ve Sistemle Bağlantısı

Piranometre cihazları bulunduğu yerdeki güneş ışımasını ölçen bir cihazdır, güneşin radyasyonunun belli dalga boylarında akı yoğunluğunu dijital olarak veri haline getirir. Modern piranometreler, ışıma değerini W/m^2 değerine çevirerek ve standart veri haberleşme protokollerini kullanarak veri iletimi yapabilmektedirler.

Şekil 3.39’da görüldüğü gibi bilgisayara seri bağlanacak ve seri modbus haberleşme protokolü ile iletişim özelliği olan bir piranometre cihazı kullanılmıştır.



Şekil 3. 39. Piranometre cihazı fotoğrafı ve katalog kablo bağlantı özellikleri sayfası

Piranometreye RS485 seri bağlantısı yapılmıştır. piranometrenin iletişim altyapısında seri modbus RTU protokolü, port adresi, veri gönderme hızı (baud rate), parity kodları kataloga göre ayarlanarak piranometrenin program ile okunması yapılmıştır.

Cihazın ‘Serial Modbus’ protokolüyle, katalogunda belirtilen uzak terminal bağlantı seçimi, bulunduğu kanal (1), sinyalin saniyedeki değişim hızı 19200 Bd, parity biti EN1 seçilerek cihazla bağlantı kurulmuştur. Cihaz bilgisayarın COM 3 portuna bağlanmıştır.

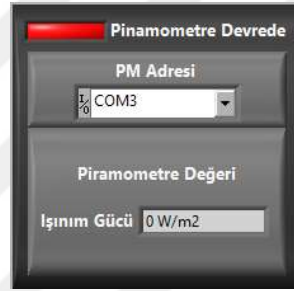
Şekil 3.40’da görüldüğü gibi kataloga göre piranometre verisi 6. kayıt numarasına kayıtlıdır. 6. kayıt numarası okunarak sisteme ışıma verisi olarak aktarılmıştır.

Real-time Processed Data						
PDU address	Parameter	Name	R/W	Type	Mode	Description
0	IO_DEVICE_TYPE	DevType	R	U	All	Device type of the sensor
1	IO_DATAMODEL_VERSION	DataSet	R	U	All	Version of the object data model
2	IO_OPERATIONAL_MODE	DevMode	R	U	All	Operational mode: normal, service, calibration and so on
3	IO_STATUS_FLAGS	Status	R	U	All	Device Status flags
4	IO_SCALE_FACTOR	Range	R	S	All	Range and scale factor sensor data (determines number of decimal places)
5	IO_SENSOR1_DATA	Sensor1	R	S	N,S	Temperature compensated radiation in W/m ² (Net radiation for SGR)
6	IO_RAW_SENSOR1_DATA	RawData1	R	S	N,S	Net radiation (sensor 1) in W/m ²

Şekil 3. 40. Piranometre kayıt numaraları bilgileri

3.5.2. Piranometreden Anlık Veri Alımı ve Program Yapısı

Veri alımı için bağlanma portunu gösteren anlık güç değerinin okunabildiği arayüz tasarlanmıştır. Bağlantı kurulduğunda düzenli olarak piranometre verisi alma ekranı Şekil 3.41’de görüldüğü gibi gösterilmiştir.



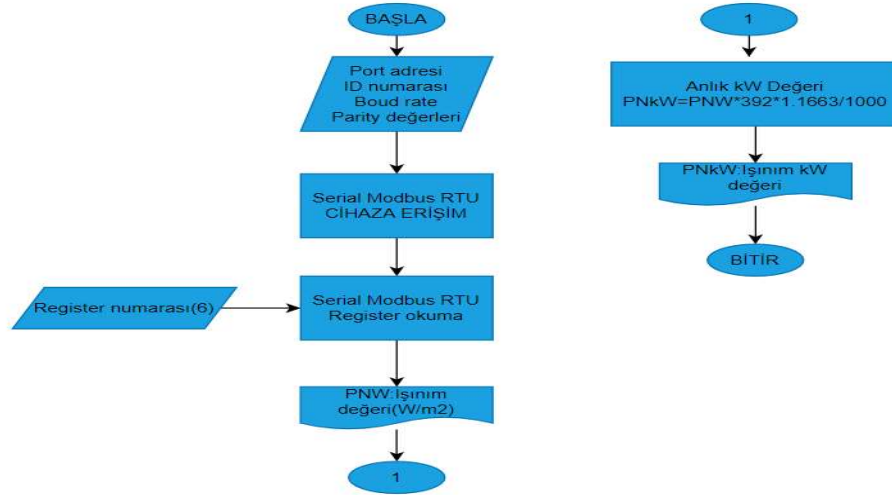
Şekil 3. 41. Piranometre program arayüzü

Piranometre kayıt değerine metrekareye düşen Watt değeri olarak bilgi vermektedir. Bu değeri, kullanılan güneş panellerinin panel katalog değerlerindeki metrekare alanla çarparsak, sahadaki maksimum güç değerini verecektir.

Şekil 3.42’de LabVIEW de sistemin seri bağlantı ile veri alımı ve ışıınım ölçülerinin işlenmesinin programsal yapısı, Şekil 3.43’te bu sistemin akış şeması gösterilmektedir.



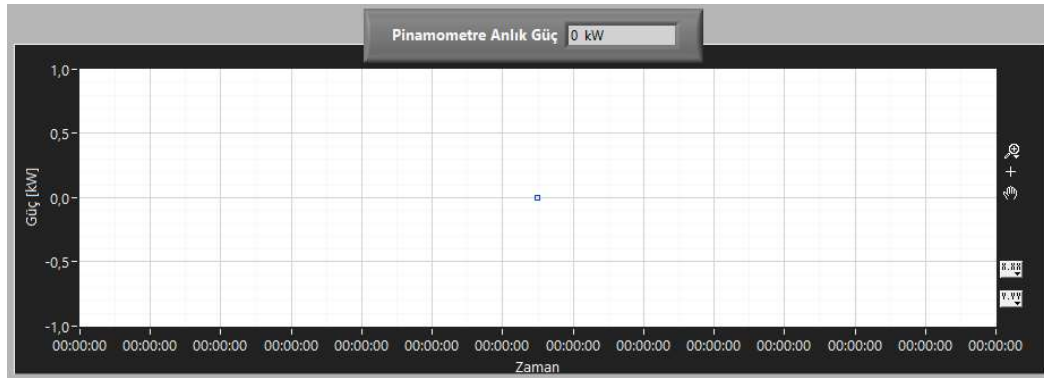
Şekil 3. 42. Piranometre veri alma ve hesaplama sistemi programlama yapısı.



Şekil 3. 43. Piranometre veri alma ve hesap sistemi akış şeması

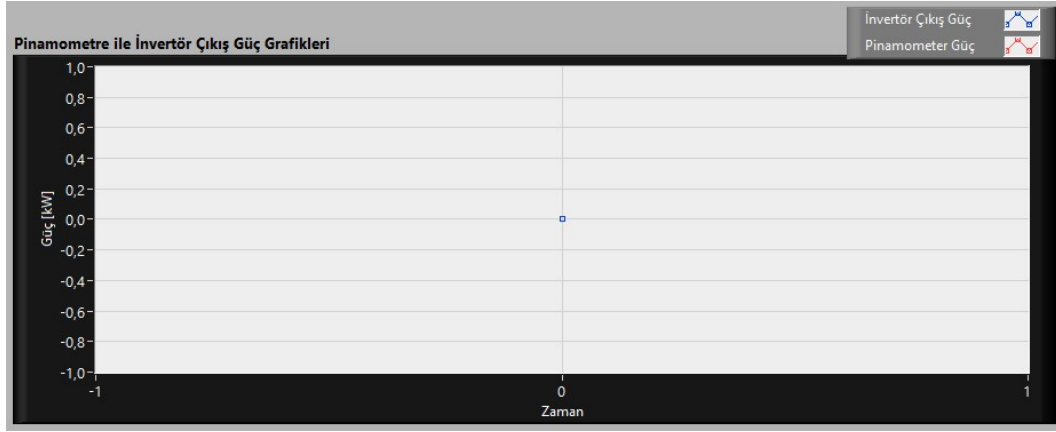
Yukarıdaki şemada ışıınım değeri cihazdan okunduktan sonra panelin metrekaresi ve toplam panel sayısı ile çarpılmıştır. Değerler panel sayısı ve panelin katalog değerine göre sahadan sahaya değişkendir.

Şekil 3.44'te ve Şekil 3.45'te piranometre den alınan anlık verileri arayüze grafiksel olarak ekleme çalışması yapılmıştır. Bunun için piranometreden alınan verilerin zamana bağlı grafiği çalışılmıştır.



Şekil 3. 44. Piranometre anlık güç grafik ekranı

Tezde diğer bir çalışma olarak piranometre verilerini anlık güç üretimi ile karşılaştıracak bir grafik düşünülmüş ve arayüzü oluşturulmuştur. Sahadaki anlık verimin durumunu operatörün görebileceği bir grafik arayüzüdür.



Şekil 3. 45. Piranometre ve invertör çıkış güç karşılaştırma grafiği

Yukarıdaki grafikte piranometre verisi kırmızı, toplam sistemin çıkış gücü ise mavi çizgiyle görülecek şekilde ayarlanmıştır.

3.5.3. Okunan Verilerle Yıkama Süresi Hesap Uygulaması

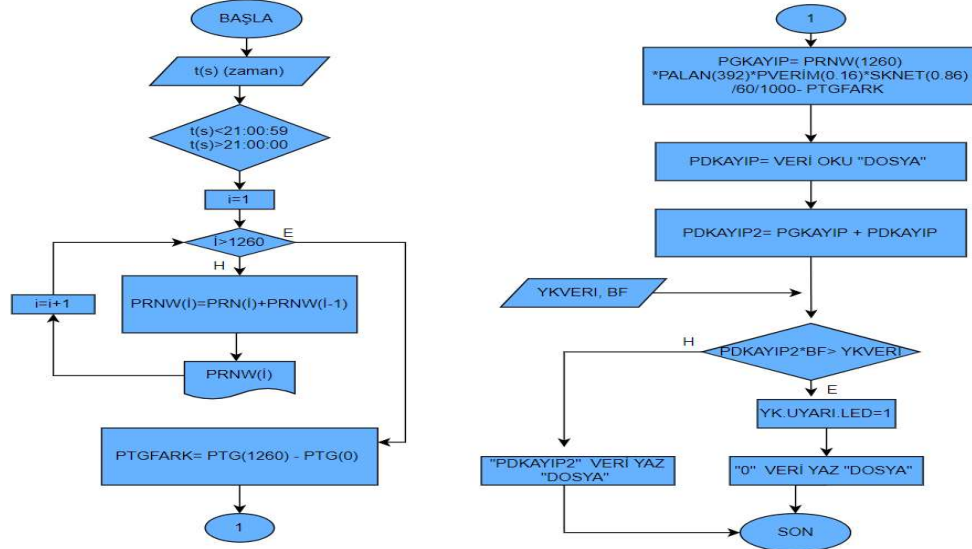
GES sahalarında arıza, gölgeleme vb. kayıplardan en yüksek payı panel kirliliğinden oluşan kayıplar oluşturmaktadır. İşletmenin bunu hassas bir şekilde takip etmesi gerekmektedir. Panellerin genel temizliği belli aralıklarla sürekli olarak tekrarlanan bir eylemdir ve panellerin yıkama zamanlaması önemli bir konudur. Piranometre verileri ve sahadan alınan veriler incelenerek buna bir analiz yapılmıştır ve temizleme süre tespitine fikir vermesi açısından yazılım çalışması yapılmıştır.

Program üzerinden saat bilgisi alınarak günlük zaman aralığında bir kez kontrol yapılmıştır. piranometrenin günlük verilerinin işlenmesi ile olması gereken en yüksek kazancın hesabı yapılmaktadır. Gün sonunda, piranometre verileri dakikalık olarak diziye aktarıldıktan sonra, tüm günün güç verileri bize günün dakikalık toplam gücünü vermektedir. Bu veri önce saatlik güç değerine çevirip panelin alan ve katalog verimlilik değerleriyle çarpılarak kilovatsaat değeri hesaplanmaktadır. Sonra da işletme kayıplarıyla çarpılarak bir gün boyunca almamız gereken maksimum enerji hesaplanmaktadır.

Bu değerlerin günlük güç üretimi farkı, bize o güne ait arıza ve işletmenin harici günlük kayıplarını vermektedir. Standart sistem kayıplarının dışındaki kayıplar arıza ve tozlanma kaybı olarak düşünülebilir. Söz konusu İnvertörde sabit arıza yoksa ağırlıklı olarak güç kaybı tozlanma kaybı olarak düşünülebilir. Piranometre değerinden hesapladığımız mutlak güçten sistem kayıplarını çıkartırsak sonuç bize yaklaşık tozlanma kaybının miktarını vermektedir. Aldığımız bu değer işletmenin günlük mali kaybıdır da denebilir. Gün bazındaki bu kayıp güç değeri invertörün kurulu olduğu sahanın yıkama ücretine eşit olduğunda en uygun temizlik zamanlaması olarak düşünülür. Bu miktar günlük olarak bir dosyada kümülatif olarak kayda alınmaktadır. Toplam miktar bizim yıkama rakamımızla aynı fiyat değerine geldiğinde yıkama zamanı gelmiştir olarak yazılım bilgisi arayüze bilgi verir. Daha erken ya

da daha geç yıkama durumları temizlik giderlerini artıracaktır. Bu durum işletme için zarar olarak düşünülebilir.

Şekil 3.46'da yıkama hesabı akış şeması, Şekil 3.47'de resetleme şeması görünmektedir.



Şekil 3. 46. Yıkama süresi hesabı akış diyagramı

Akış şemasındaki nesnelerin tanımı aşağıdaki gibidir.

PRN(i); Piranometre Veri Güç Array

PRNW(i); Piranometre Veri Güç Array

PTGFARK; 1 Gün Net Güç Farkı

PTG(1260); Gün Sonu Toplam Güç

PTG(0) Gün Başı Toplam Güç

PALAN ;1 Evirici İçin Toplam Panel Yüzey Alanı

Pverim; Panel Verimlilik Oranı

Sknet; sistem kayıplarının dışındaki net kazanç oranı

wh-kwh; /1000

PGKAYIP; Piranometre Toplam Güç ve Günlük Güç Farkı

PDKAYIP; Veri Dosyası Kayıtlı Güç

PDKAYIP2; Kümülatif Güç Kayıp

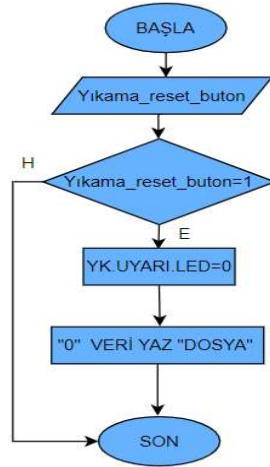
YKVERI; Kümülatif Yıkama Verisi

YK.UYARI.LED; Temizlik Uyarı Sinyali

YKVERI

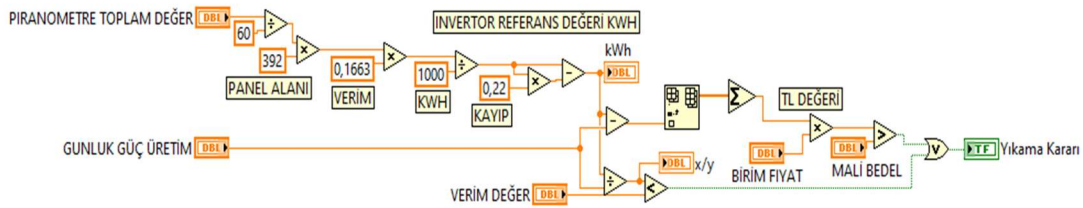
BF; Birim Fiyat

Yıkama sonrası sistem resetlenmelidir.



Şekil 3. 47. Yıkama resetleme akış diyagramı

Şekil 3.48’de yıkama sisteminin LabVIEW programındaki yazılım yapısı gösterilmiştir.



Şekil 3. 48. Yıkama sistemi programlama yapısı

Şekil 3.49’da görüldüğü gibi arayüz ekranından atayacağımız kW ücret değeri ve yıkama mali değere bağlı kayıp değeri yıkama bedeline eşitlendiğinde yıkama zamanı uyarısı arayüze aktarılmıştır.



Şekil 3. 49. Yıkama kararı program arayüz görünümü

3.5.4. Verimlilik Değeri

İşletmelerde güneş santralinde kullanılan malzemelerden kaynaklanan kayıpların dışında kabul edilen bir kayıp oranı daha vardır. Güneş panellerinin yerleşimi, güneşe olan açıları, kabul edilen gölgelenme miktarları gibi kayıplar düşünüldüğünde GES sisteminin kurulumundan kaynaklanan kayıp durumları da vardır. İşletme, program aracılığıyla sistemden alınan güç verilerini izleyerek deneyimlerle bir kayıp oranı tespit eder “Örnek: Kabul edilen sabit kayıp oranı; %22”. Bu kayıp oranını işletme her bölgede ayrı ayrı tespit etmek durumundadır. Standart bir günde, toplam çıkış gücünün piranometre mutlak güce oranı bize verimlilik değeri vermektedir. Bu orana kabul edilen sabit kayıp oranı eklenerek net kayıp oranı hesaplanır. Gün içinde elde edilen güç değeri belli orana ulaştığında da yıkama kararı verilebilmektedir.

Şekil 3.50’de görüldüğü gibi net kayıp oranı arayüz içinde girilebilecek şekilde kullanıcıya bırakılarak uyarı sistemi programa eklenmiştir. Hem işletmenin kendi kayıp oranlarını tespitinde kullanılabilir hem de uyarı sistemiyle işletmeyi uyarabilir.



Şekil 3. 50. Yıkama kararı verim değeri program arayüz görünümü

3.6. Raporlamalar

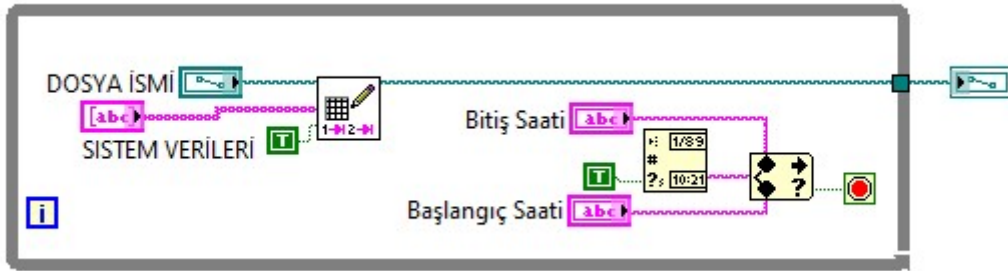
Raporlama, sürekli çalışan bir sahada günlük olarak yapılması istenen bir durumdur. Olası olayların geçmiş verilerine bakarak bilgi almak gerekebilir. Bu yüzden santral sisteminden gelen verilerin kaydı önemlidir. Sistemde çok sayıda veri olduğu için gün bazlı kayıt dosyaları oluşturulması düşünülmüştür. Arayüzle beraber gün içinde alınan giriş güç, DC gerilim, DC akım, toplam çıkış güç, AC çıkış güç, AC çıkış gerilim, AC çıkış akım ve piranometre verileri rapor olarak bir kayıt dosyasına zaman bazlı yazdırılmıştır.

Kayıt yapılsın mı koşulu arayüze konulmuştur. Raporun kaydedileceği dosya arayüzde seçtirilmiştir. Santral gündüz çalışacağı için çalışma zaman aralığı arayüze konulmuştur. Zaman aralığının bitme saatine gelindiğinde kayıt dokümanı dosya ismiyle dosyayı kaydedip kapatacaktır.

Şekil 3.51’de ve Şekil 3.52’de görüldüğü gibi raporlama için çalışma saatleri tayini, kayıt kararı, kaydedilecek dosyanın yerleri programda tablolara işlenmiş, LabVIEW’de yazılım çalışması yapılmıştır.



Şekil 3. 51. Raporlama kayıt sistemi program arayüz görünümü



Şekil 3. 52. Raporlama sistemi programlama yapısı

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

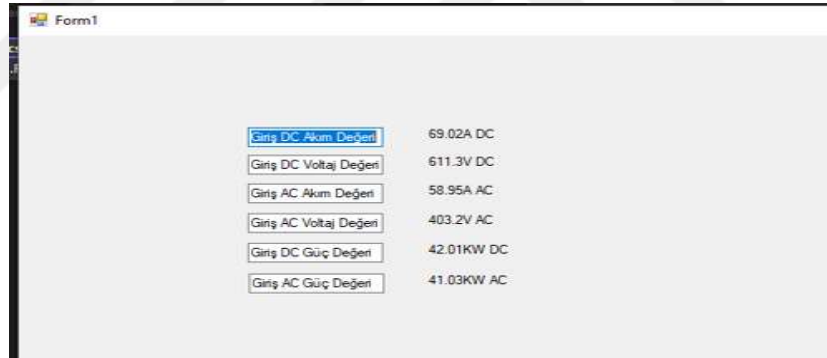
Tez çalışmasının bu kısmında GES sistemi ve yazmış olduğumuz program ile verilerin alınması, işlenmesi yapılmış ve sonuçları değerlendirilmiştir. Veriler anlık olarak programın arayüzüne yazdırılmış ve olası koşullar oluşturularak programın kullanıcıyı yönlendirebilecek yapısı incelenmiştir. Çalışmalarda, çevresel kaynaklı hatalarda sistem verilerinin değerleri alınarak değerlendirilmiş ve doğru sonuçlara ulaşma yöntemleri tespit edilmiştir.

Santralin sisteminden gelen verilerin incelenmesinin ardından hatanın olduğu yerin tespitine yönelik yazılımsal ve donanımsal çalışmalar geliştirilerek testleri yapılmıştır. Uygulama sonuçları değerlendirilmiştir.

4.1. Arayüz Programı İle İnvertör Verilerinin Alınması

Arayüz programı ile programdan alınan ölçümler ile verilere anlık olarak ulaşılmıştır. Sahadaki fiziki verilere uygunluğu karşılaştırılmış verilerin saha ölçümleriyle aynı değerlerde olduğu gözlenmiştir.

İlk uygulamalar Visual Studio C# üzerinden yapılmış olup veriler Şekil 4.1'deki gibi alınmıştır.



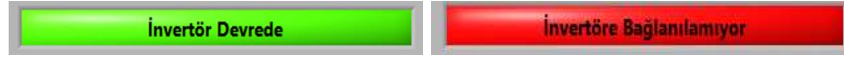
Şekil 4. 1. İnvertör 1 cihazının, Visual Studio C# programında eş zamanlı değer izleme arayüzü.

Çalışan bir invertörün anlık arayüzü Şekil 4.2'de görüldüğü gibidir.



Şekil 4. 2. İnvertör 1 cihazının, LabVIEW programında eş zamanlı değer izleme arayüz görüntüsü.

Program sisteme bağlandığında invertörün devrede olduğu bilgisi arayüzden alınmış, invertörü fiziki olarak devreden çıkartıp invertörün bağlantısı olmadığı bilgisi alınmıştır. Uyarı bilgileri Şekil 4.3'te görüldüğü gibi invertör devrede ise yeşil, değil ise kırmızı yanmaktadır.



Şekil 4. 3. İnvertörlerin devrede olduğu bilgisi görüntüsü

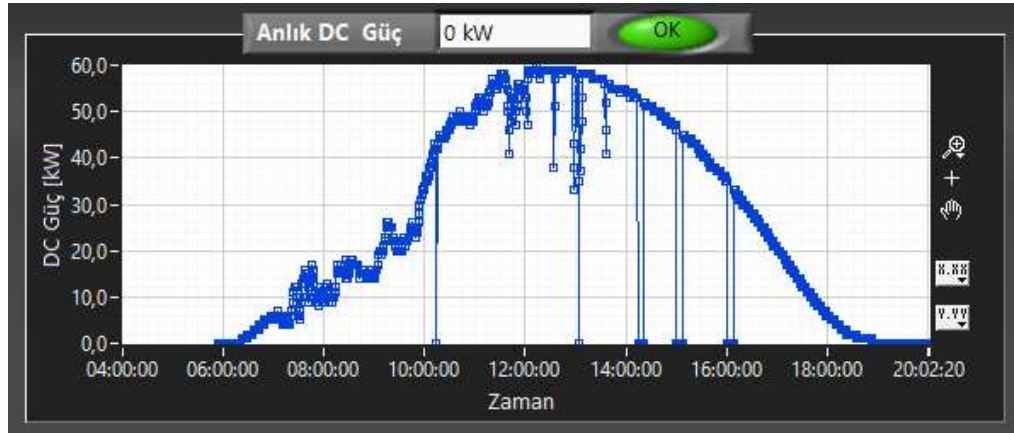
Şekil 4. 4'te görüldüğü gibi, arayüz ile invertör değerlerinin günlük veri gözlemi yapılmıştır.



Şekil 4. 4. Invertor1 cihazının grafik ve değer izleme sayfası grafikleri ve ölçüm değerleri

Grafiklerle GES sisteminin gün içerisindeki detaylı davranışlarını gözlemleyip yorumlama özelliği kazanılmaktadır. Gün içindeki hareketlerinde sıfırlanmalar iletişim kayıpları, azalma artımları güneşlenme, bulutluluk, invertörün stabil hale gelme hareketleri üzerinden yorumlanabilir. Anlık bulut ve gölgelenmeye bağlı dalgalanmalar görülmektedir. İnvertörün kendini maksimum güç değerine ayarlama özelliği vardır. Buna bağlı güç ayarlaması yapabilmektedir. Anlık aynı görünen sıfırlanmalar diğer grafiklerle beraber incelendiğinde bunların sistemdeki iletişim kayıpları olduğunu görülebilmektedir.

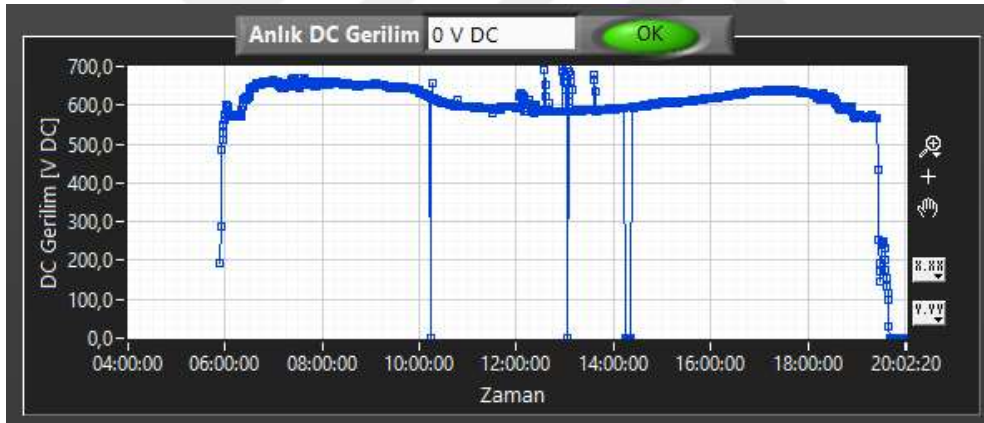
Anlık DC Güç Grafiği Şekil 4.5'te görüldüğü gibidir.



Şekil 4. 5. Invertor1 cihazının bir güne ait DC güç grafiği

Grafikte güç değeri anlık olarak gün içinde gözlemlenmiş ve değerlerdeki kayıplar izlenmiştir. Anlık sıfırlanmalar diğer grafiklerde ve invertör iletişim hatası ile birlikte görüldüğü zamanlar iletişim kaybı olarak yorumlanmıştır.

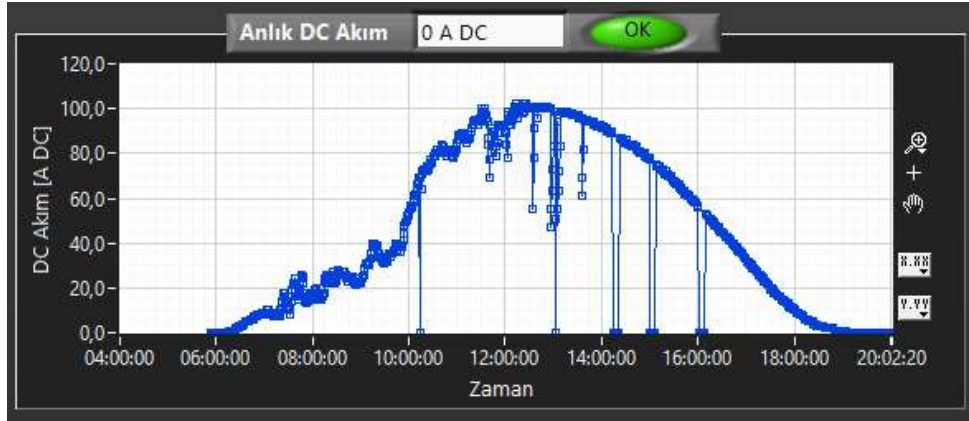
Anlık DC gerilim grafiği Şekil 4.6'da görüldüğü gibidir.



Şekil 4. 6. Invertor1 cihazının bir güne ait DC gerilim grafiği

Gerilim değeri gün içinde sıcaklığa, iletişim kaybına, panel verimliliğine göre değişmektedir. Gündüz sıcaklığının maksimum olduğu zamanlarda panellerin gerilim değerinin bir derece düştüğü görülmektedir. İnvertörün iç ayarlarına bağlı gerilimin üst değerlerine ulaştığı görülmektedir. Durum invertör üreticisiyle paylaşılmış sorunun tespiti yapılması istenmiştir. Değerlerdeki eş zamanlı anlık sıfırlanmalar diğer grafiklerde ve invertör iletişim hatası ile birlikte görüldüğü zamanlar iletişim kaybı olarak yorumlanmıştır.

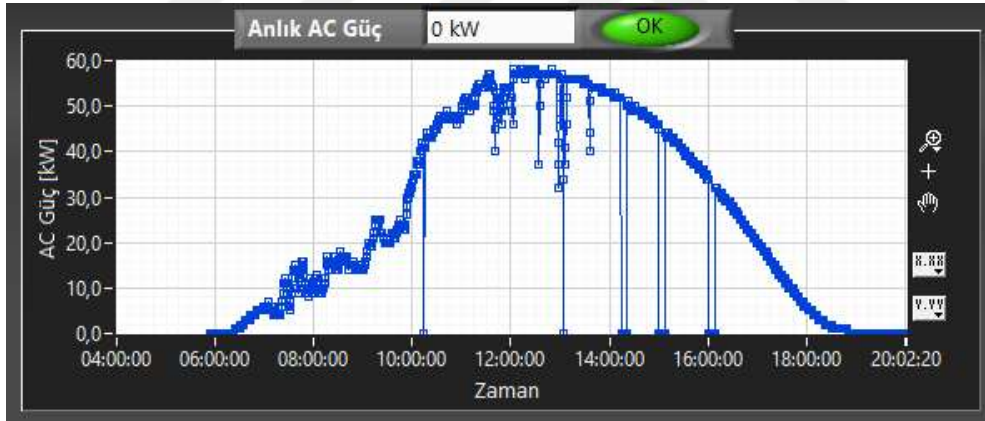
Anlık DC akım grafiği Şekil 4.7’de görüldüğü gibidir



Şekil 4. 7. Invertor1 cihazının bir güne ait DC akım grafiği

Santralin güç değerleri akım grafiğini takip etmektedir. Anlık farklılıklar bize invertör çevirme arızaları konusunda bilgi verecektir. Kart arızaları diyot arızaları gibi invertörlere bağlı arızaları tespiti için kullanılabilir bir grafik.

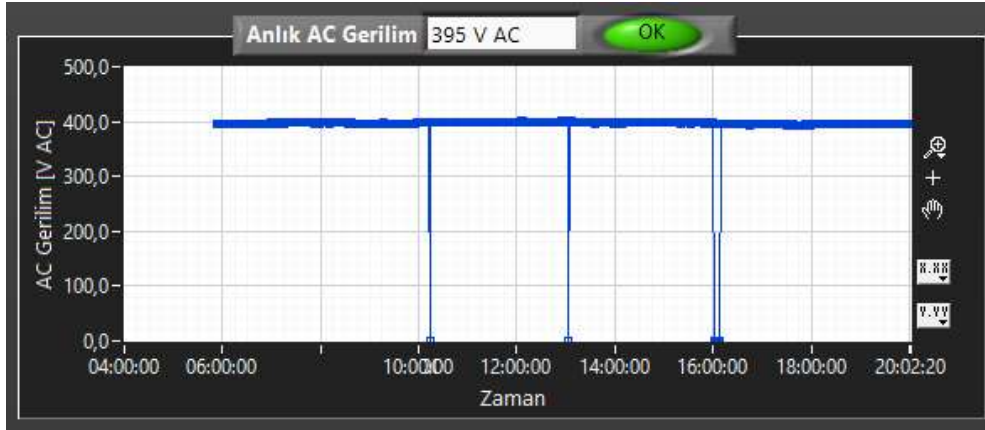
Anlık AC güç grafiği Şekil 4.8’de görüldüğü gibidir.



Şekil 4. 8. Invertor1 cihazının bir güne ait AC güç grafiği

Grafik değerleri giriş güç grafiğiyle paralellik göstermektedir. Değerlerdeki kayıplar izlenmiştir. Giriş güç grafiğine göre ortalama %2 - %6.5 arası kayıpla hareket etmektedir. Bu değerler invertör stabil haldeyken çevirim verimliliği olarak düşünülebilir. Sabah erken ve akşamın geç saatlerinde güç değerleri düşükken bu oran %12 değerlerine kadar yükselmektedir. Buna bağlı programa uyarı sistemi eklenmiştir. Anlık sıfırlanmalar diğer grafiklerde ve invertör iletişim hatası ile birlikte görüldüğü zamanlar iletişim kaybı olarak yorumlanmıştır.

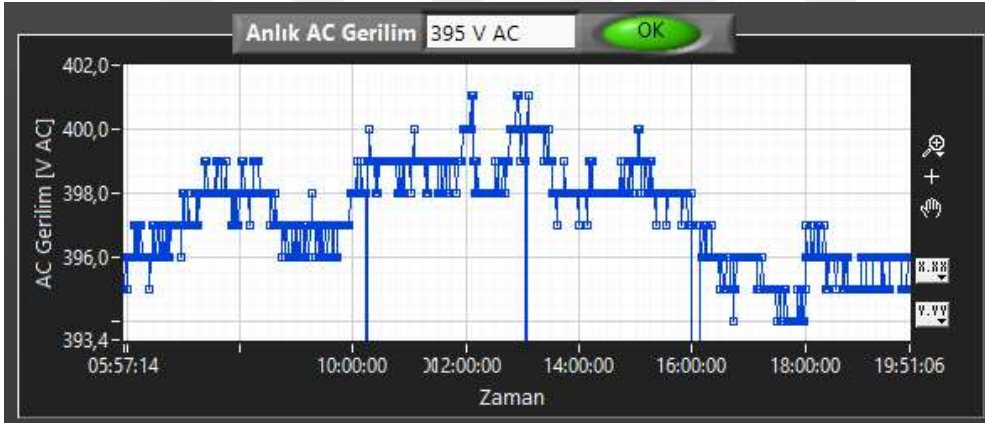
Anlık AC gerilim grafiği Şekil 4.9'da görüldüğü gibidir.



Şekil 4. 9. Invertor1 cihazının bir güne ait AC gerilim grafiği

Grafikteki gerilim değeri şebeke gerilimini direk takip ettiği için şebeke tarafında sorun olup olmadığı görülebilir. Anlık sıfırlanmalar diğer grafiklerde ve invertör iletişim hatası ile birlikte tespit edildiği zamanlar iletişim kaybı olarak yorumlanmıştır.

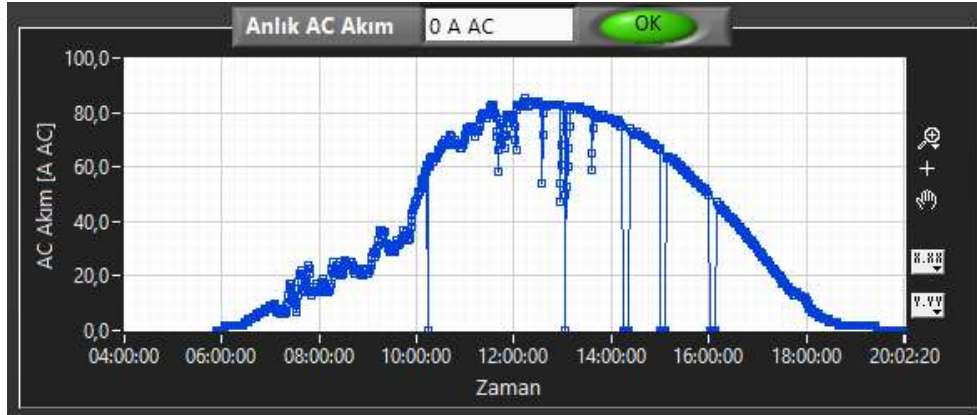
Şekil 4.10'da anlık AC gerilimi yaklaşıtırsak gün içindeki gerilim dalgalanmaları da görülmektedir.



Şekil 4. 10. Yakınlaştırılmış AC gerilim grafiği

İnvertörün kataloğuna uygun çalışma aralığında düşünülerek uygun tedbirler alınması için önemlidir. Bağlantılı olunan şebeke yüküne bağlı şebeke gerilim değeri sezonsal yoğunluğa göre değişebilmektedir. Trafo çevrim oranı buna göre ayarlanmalıdır. Verilerimizde gerilim değerlerinde sorun görünmemiştir. Senelik bu durumun takibinin yapılacağı düşünülerek programa düşük gerilim uyarısı eklenmiştir.

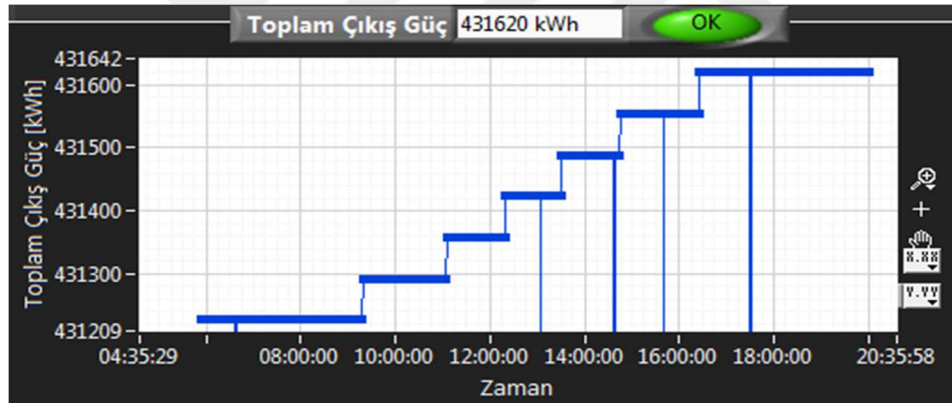
Anlık AC Akım Grafiği Şekil 4.11’de görüldüğü gibidir.



Şekil 4. 11. Invertor1 cihazının bir güne ait AC akım grafiği

AC akım değerleri grafiği ile DC akım ve güç grafiği arasında grafiksel olarak benzerlik görülmektedir. Diğer grafikler gibi anlık sıfırlanmalar diğer grafiklerde ve invertör iletişim hatası ile birlikte görüldüğü zamanlar iletişim kaybı olarak yorumlanmıştır.

Günlük Toplam güç grafiği Şekil 4.12’de görüldüğü gibidir.



Şekil 4. 12. Invertor1 cihazının bir güne ait toplam güç grafiği

Toplam çıkış güç değeri grafiği kümülatif toplam güç değerini göstermektedir. Bu değişimi diğer invertör verileriyle karşılaştırdığımızda gün içinde invertör toplam değer değişimleri az olan sistemin dizinlerinde veya invertöründe arıza olduğu düşünülebilir.

Tablo 4. 1. Invertör1 cihazının verilerinin zamana bağlı anlık olarak kaydedildiği veri ölçüm değerleri tablosu

Zaman	Giriş Güç [kW]	Giriş Gerilim [V DC]	Giriş Akım [A DC]	Toplam Çıkış Güç [kWh]	Çıkış Güç [kW]	Çıkış Gerilim [V AC]	Çıkış Akım [A AC]	PM Güç [kW]
11:07:42	37.79	620.10	60.94	510197.76	36.99	396.60	53.84	45.39
11:08:43	38.06	623.40	61.06	510197.76	37.24	396.80	54.18	43.04
11:09:44	38.10	623.40	61.11	510197.76	37.28	396.80	54.26	43.61
11:10:45	37.99	625.10	60.77	510197.76	37.17	396.80	54.11	43.77
11:11:45	39.01	624.30	62.49	510197.76	38.19	397.10	55.55	43.83
11:12:46	39.26	623.00	63.02	510197.76	38.43	397.50	55.82	44.19
11:13:47	37.70	620.10	60.80	510197.76	36.90	397.50	53.61	44.54
11:14:48	38.79	624.20	62.14	510197.76	37.95	397.30	55.17	42.74
11:15:48	39.91	620.90	64.27	510197.76	39.05	397.70	56.70	43.98
11:16:49	40.37	620.10	65.11	510197.76	39.50	397.10	57.44	45.24

Tablo 4.1’de anlık veri ölçüm tablosu değerleri görünmektedir. Hata olduğu andaki veriler bu sayfadan daha detaylı olarak bakılabilmektedir. Tabloda görüldüğü üzere yatayda diğer sistem verileriyle, dikeyde dakikalık verilerle karşılaştırılarak hata durumu tespiti yapılabilmektedir. Tablodaki sistem değerleri matematiksel olarak birbirine uyumludur.

Tek invertörden 6 sn. de bir veri alabiliyorken çoklu (16’lı) invertörlerin veri alımında 25-30 saniyede bir veri alımı yapılabilmektedir. Biraz daha zamanı daralttığımızda veri alma boşlukları görülmektedir. Şekil 4.13’te görüldüğü gibi, hesaplamalarımızı da dakikalık yaptığımız için 60 sn. olarak seçilmiştir.

**Şekil 4. 13.** Santral veri alma periyodunun program üzerinden tanımlanması

4.2. Arıza Testleri ve Değerlendirmeler

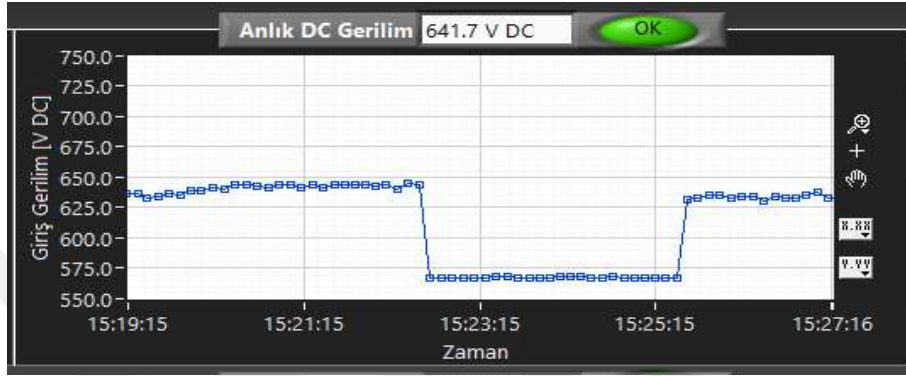
GES sisteminde olabilecek arızalar test edilmiş ve sonuçları aşağıdaki gibi olmuştur. Güneş panellerinin bağlandığı DC dizinlerin toplama panosunu da barındıran DC sistem bölgesi, DC sistemi alternatif akıma çeviren invertör cihazı bölgesi ve invertörün bağlandığı kesici şalterlerin, ana dağıtım panosu, trafo ve OG kesicilerin olduğu AC sistemi bölgesi bulunmaktadır. İlk olarak DC tarafta kayıplar incelenmiştir.

4.2.1. DC Bölge Kayıp Durumları

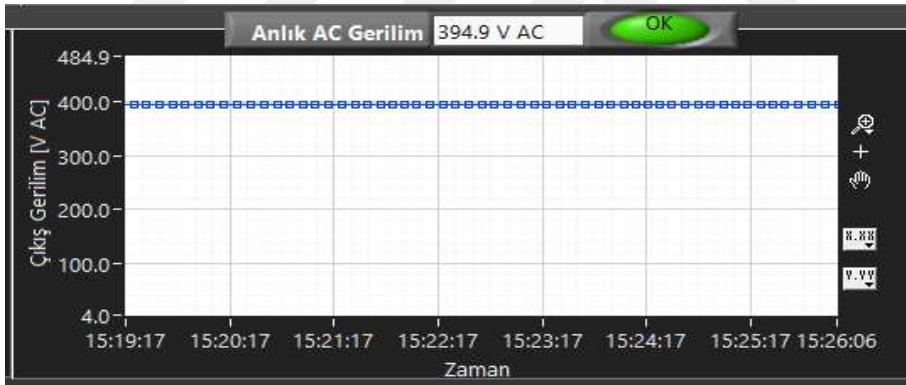
DC ara şalter panosunda oluşabilecek bir arızada programdaki uyarılar ve grafikler aşağıdaki gibidir. Invertörün bağlandığı DC panosunun merkezi şalteri açılmıştır. Arıza raporu, akım ve gerilim grafikleri Şekil 4.14, Şekil 4.15, Şekil 4.16, Şekil 4.17, Şekil 4.18’de görüldüğü gibidir.



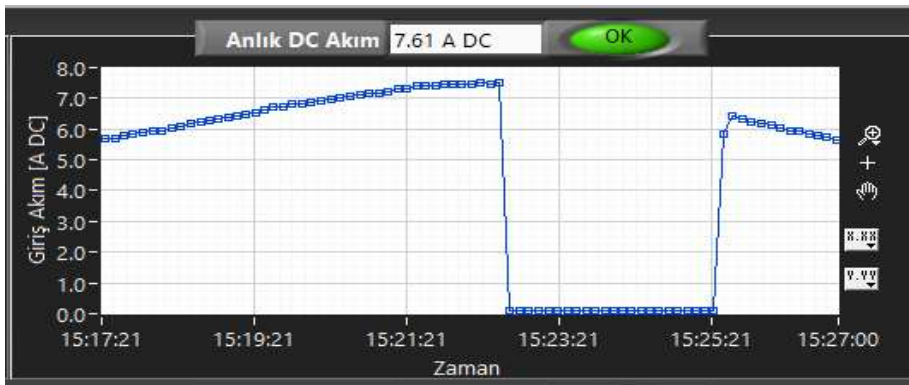
Şekil 4. 14. İnvörtör DC panosunun arıza durumdaki arıza raporu



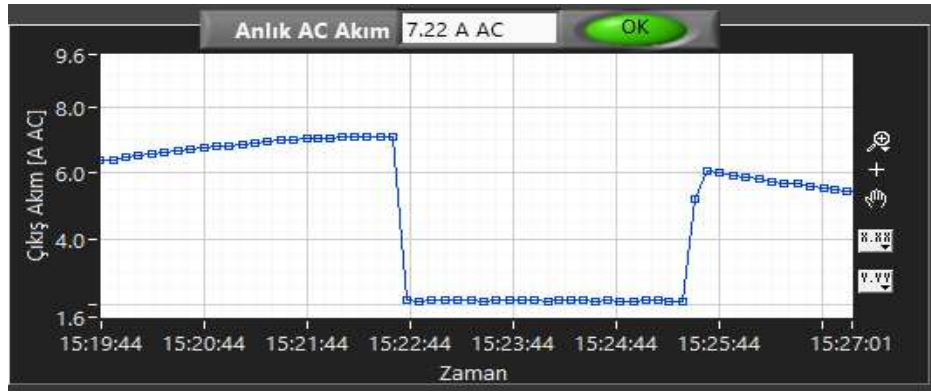
Şekil 4. 15. İnvörtör DC panosu arıza durumdaki giriş DC gerilim grafiği



Şekil 4. 16. İnvörtör DC panosu arıza durumdaki çıkış AC gerilim grafiği



Şekil 4. 17. İnvörtör DC panosu arıza durumdaki giriş DC akım grafiği

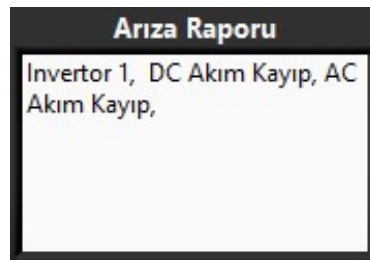


Şekil 4. 18. İnvertör DC panosu arıza durumdaki çıkış AC akım grafiği

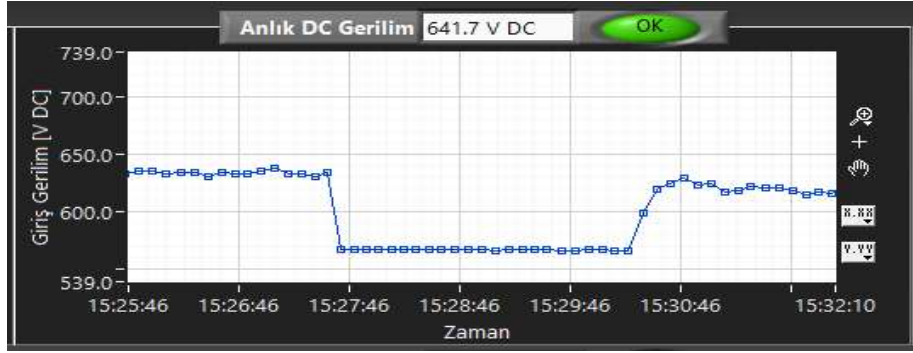
Bu testte görüldüğü gibi sistemin DC akım ve AC akım değerleri sıfırlanmakta durumları arıza olarak uyarı vermektedir. Durum arıza raporu sayfasında da görünmektedir. AC gerilim değeri şebeke değerlerinde alınmaya devam etmektedir. Arızanın bilinmemesi durumunda bu grafikler bize DC taraftaki DC panoda, DC panoya bağlı kablo hattında, invertör DC girişindeki şalterde arıza olabileceği bilgilerini vermektedir.

4.2.2. İnvertör Arıza Testi

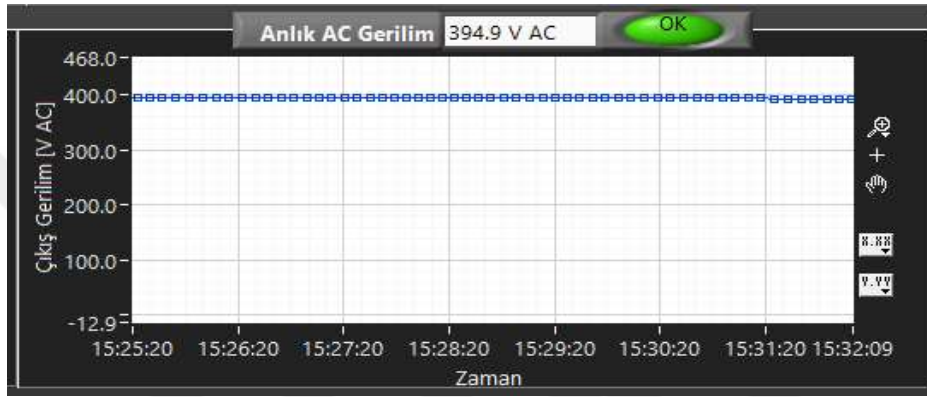
İnvertör kendi içindeki arızasında kendi içindeki kontaktörü kapatabilmektedir. Bu durumda invertörlere gelen gerilim verilerini uygun çalışabilir değerlerde alabilmekte fakat akım geçirmemektedir. İnvertör kontaktörünün kapandığındaki arıza raporu, akım ve gerilim grafikleri Şekil 4.19, Şekil 4.20, Şekil 4.21, Şekil 4.22, Şekil 4.23'te görüldüğü gibidir.



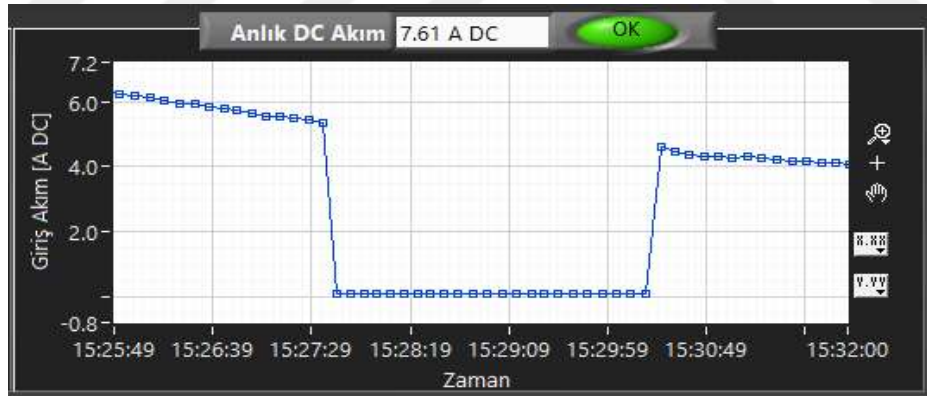
Şekil 4. 19. İnvertörün arıza durumdaki arıza raporu



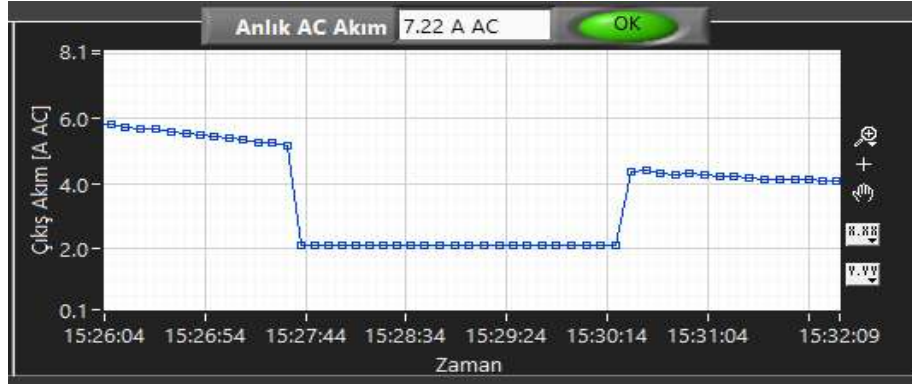
Şekil 4. 20. İnvörtörün arıza durumdaki giriş DC gerilim grafiği



Şekil 4. 21. İnvörtörün arıza durumdaki çıkış AC gerilim grafiği



Şekil 4. 22. İnvörtörün arıza durumdaki giriş DC akım grafiği



Şekil 4. 23. İnvertörün arıza durumdaki çıkış AC gerilim grafiği

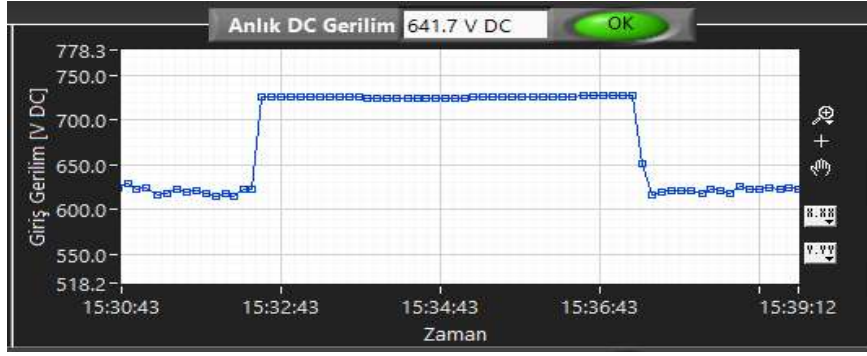
Bu testte sistemin DC akım ve AC akım değerleri sıfırlanmakta durumları arıza olarak uyarı vermektedir. Durum arıza raporu sayfasında da rapor olarak görünmektedir. DC gerilim ve AC gerilim değerleri şebeke değerlerinde alınmaya devam etmektedir, sıfırlanmamıştır. Arızanın bilinmemesi durumunda bu grafikler bize invertörün kendi içinde bir arıza olabileceği bilgilerini vermektedir.

4.2.3. AC Bölge Arıza Testi

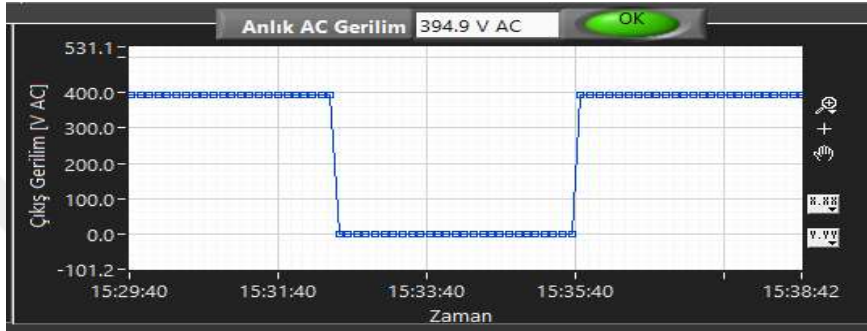
İnvertörün şebeke bağlantısından olacak bir arıza, termik şalterin açması veya şebekenin tamamen kapanması invertörün üretimini durdurmaktadır. Temelde 380V şebeke geriliminin invertöre ulaşmaması, invertör elektrik sistemini şebekeye kapatır. Bu durumda invertör sisteme akım iletmemektedir. Giriş DC gerilimini okumaktadır. Arıza raporu, akım ve gerilim grafikleri Şekil 4.24, Şekil 4.25, Şekil 4.26, Şekil 4.27, Şekil 4.28'de görüldüğü gibidir.



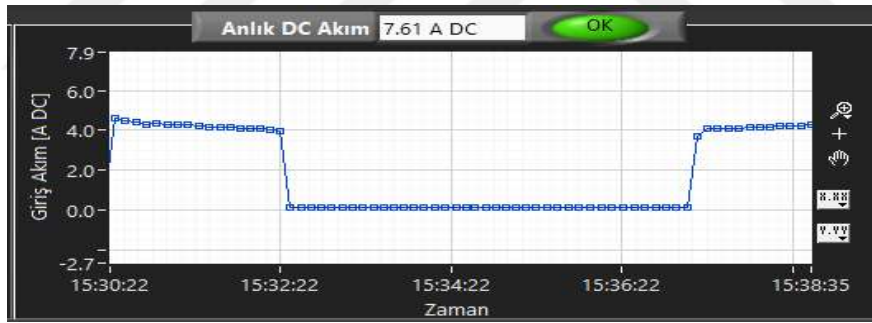
Şekil 4. 24. İnvertörün bağlı olduğu AC şalterin arıza durumdaki arıza raporu



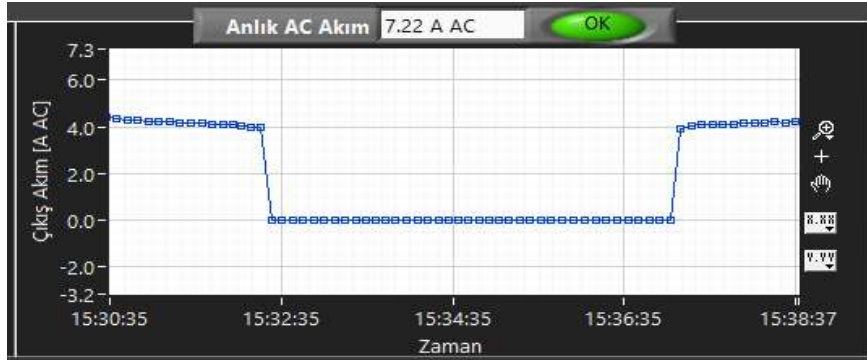
Şekil 4. 25. İnvertörün bağlı olduğu AC şalterin arıza durumundaki giriş DC gerilim grafiği



Şekil 4. 26. İnvertörün bağlı olduğu AC şalterin arıza durumundaki çıkış AC gerilim grafiği



Şekil 4. 27. İnvertörün bağlı olduğu AC şalterin arıza durumundaki giriş DC akım grafiği



Şekil 4. 28. İnvertörün bağlı olduğu AC şalterin arıza durumundaki çıkış AC akım grafiği

Bu testte Invertor1 cihazının sisteminin AC gerilim, DC akım ve AC akım değerleri sıfırlanmakta durumları arıza olarak uyarı vermektedir. Durum arıza raporu sayfasında da rapor olarak görünmektedir. DC gerilim değerleri enerji varken olması gereken bağlantı değerlerinde alınmaya devam etmektedir, sıfırlanmamıştır. Arızanın bilinmemesi durumunda bu grafikler bize invertörün bağlı olduğu AC bölgede termik şalterin kapanması, AC bağlantı kablosu arızası, tüm şebeke geriliminin gitmesi gibi bir arıza olabileceği bilgilerini vermektedir.

GES sisteminde akşam saatlerinde ve sabahın erken saatlerinde güç azaldığı için güç çevrim oranlarındaki kayıpların fazlalaştığı görülmüştür ve program aşağıdaki uyarıyı programa vermiştir. Buna yönelik programa arıza bilgisinin belli saatlerde yapılması için seçme sistemi eklenmiştir. Günün diğer zamanlarında arıza durumları için arıza uyarı sistemi açık tutulmuştur

Güç kaybının yüksek olduğu durumlarda arıza raporu Şekil 4.29'daki gibi görünmektedir.



Şekil 4. 29. Güç kaybı hata raporu

4.3. Dizin Hatası Örneği ve Değerlendirmeleri

Sitem veri aralığında %9 ani kayıp verdiğinde Şekil 4.30'da görüldüğü gibi hata görülmektedir.

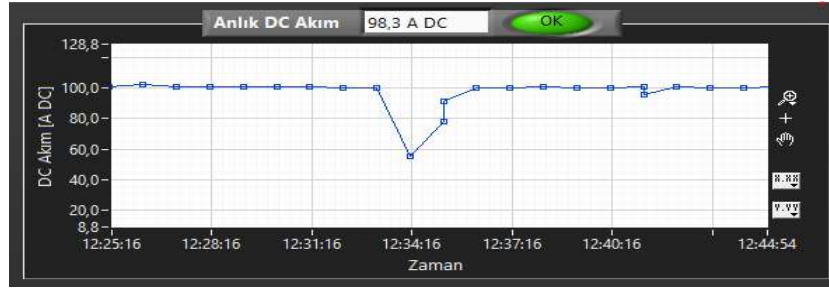


Şekil 4. 30. Dizin hatası raporu

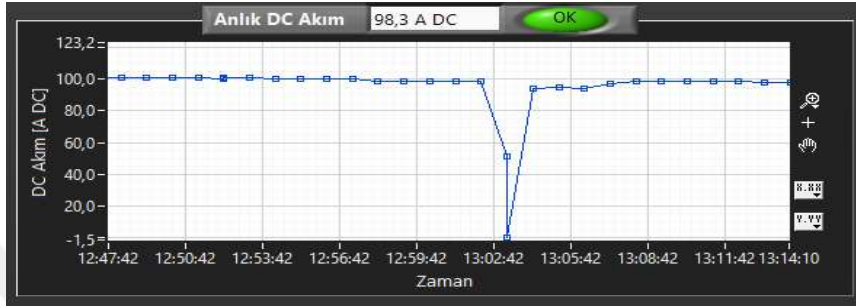
Dizin hata arızasında durum geçici bir gölgeleme veya sistemsel ise eski değer yerine gelecektir. Bu durumlar için grafikler incelenmeli ve durum değerlendirilmelidir.

Grafikleri incelediğimizde aşağıdaki gibi görünmektedir.

Şekil 4.31 da grafiği görülen örnek 1 durumunda, grafikte değer kaybı olmuş fakat değer geri gelmiştir. Kayıp kalıcı olmamıştır. Dizin kaybı olma ihtimali olarak düşünülmez.



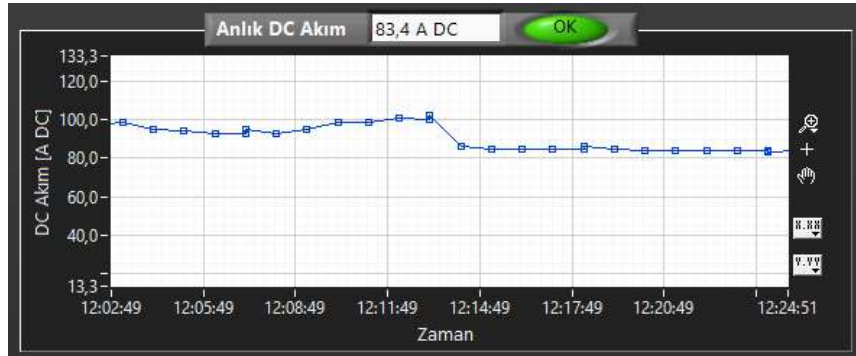
Şekil 4. 31. Dizin hatası raporu grafik durumu örnek 1



Şekil 4. 32. Dizin hatası raporu grafik durumu örnek 2

Şekil 4.32’de grafiği görülen örnek 2 durumunda, değer direkt sıfıra düştüğü için iletişim kaybı olarak düşünülebilir. Tüm değerlere baktığımızda bütün değerler de sıfır görünüyorsa iletişim kaybı olarak görülebilir.

Kayıt listesine bakılıp diğer değerlerinde sıfıra düştüğünü kontrol etmek gereklidir.



Şekil 4. 33. Dizin hatası raporu grafik durumu örnek 3

Şekil 4.34’te de grafiği görülen örnek 3 durumunda, kalıcı ve sürekli olan arızalarda dizin hatası ya da santral sisteminin bir bölümünün çalışmamasına yol açan bir arızadan söz edilebilir. Sahadan dizinlerin linyelerinin kontrolü yapılabilir.

4.4. Uzaktan Kontrol Sistemi ile Dizinlerin Test ve Eş Zamanlı Gözlem Çalışmaları

Sistemdeki cihazların yazılımsal ayarları ve programın ön yüz ayarları yapıldıktan sonra arayüzden dizin testi için test butonuna basarak test aktif hale getirilmiştir. Program PLC ye uzaktan erişerek testi başlatmıştır.



Şekil 4. 34. Dizin testinde dizin test butonunun ve çalışma ledinin görünümü

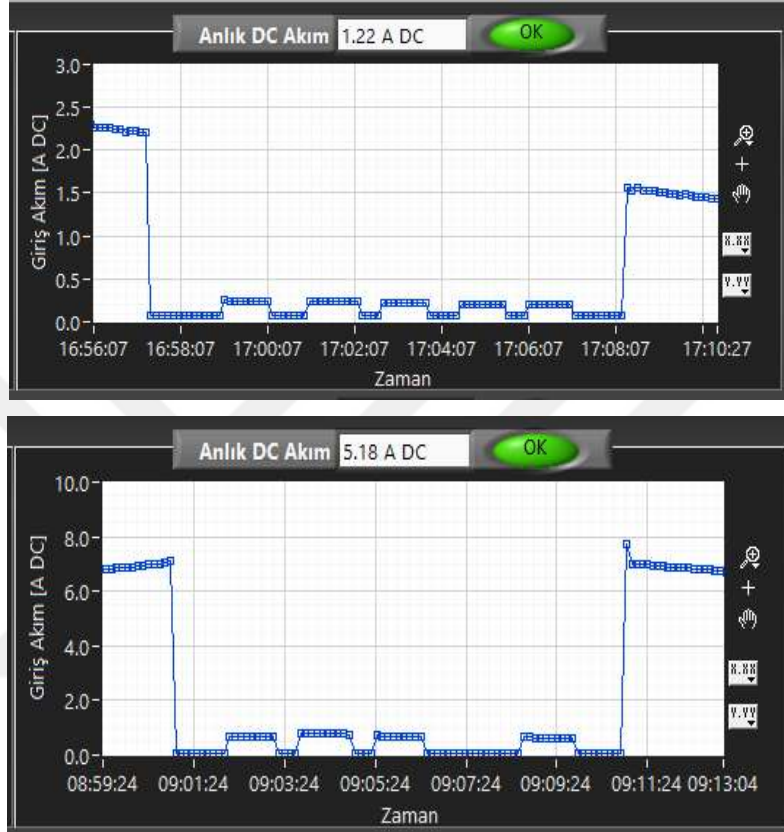
Şekil 4.34'teki gibi test devredeyken test ışığı aktif olup test süreci bilgisi alınmıştır. Şekil 4.35'te görüldüğü gibi PLC'ye yazılı sıralı açma kapama yazılımı PLC dizin rölelerini teker teker aktif hale getirmiştir.



Şekil 4. 35. Dizin testinde PLC'nin çalışma görünümü

4.4.1. Uzaktan Kontrollü 6'lı Dizin Test Denemesi ve Eş Zamanlı İzlenmesi

Sahadaki uygulamada 5 dizinli bir yapı düşünülerek oluşturulan çalışmada ekrandan okunan veriler Şekil 4.36'da görüldüğü gibidir. İlk grafikte tüm dizinler aktiftir. 2. grafikte 4. dizin giriş kablosu bağlantı klemensinden ayrılmıştır.



Şekil 4. 36. Dizin test denemesinde DC gerilim grafikleri

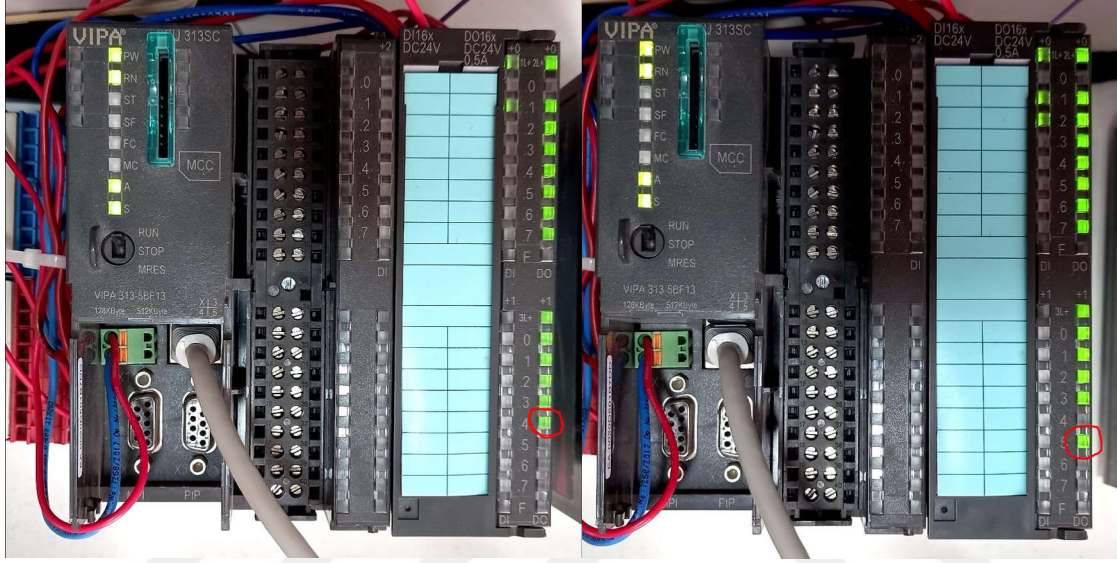
Şekilde görüldüğü gibi 4. dizinde boşluk görünmektedir. Durum bu hatta arıza olduğu bilgisini vermektedir.

4.4.2. Eş zamanlı ve Uzak mesafeli AG Şalter Takibi ve Kontrolü

Programın arayüzünden uygulama Şekil 4.37'daki gibi olmaktadır. Arayüz aracılığıyla örnek çalışma PLC rölelerine kadar uzaktan test edilmiştir.



Şekil 4. 37. Uzaktan şalter kontrolünde, kontrol panelindeki butonların ve ledlerin çalışma görünümü



Şekil 4. 38. Uzaktan AG ve OG sistemlerin kontrolünde PLC cihazındaki rölelerin açılıp kapanması.

Şekil 4.38’deki gibi 4 numara ‘ADP ŞALTER AÇ’ röle çıkışı 5 numara ‘ADP ŞALTER KAPA’ röle çıkışı olarak çalışmışlardır. Şalter açık ve kurma motoru kuruldu giriş değerleri sisteme gelmeden şalteri kapatmamıştır. Şalter kapalı ve kurma motoru kuruldu giriş değeri gelmeden şalteri açmamıştır.

Aynı yöntemle kesici, ana şalter ve alt şalterlerinde gerekli teçhizatlar (kurmalı motorlu, bobinli kontakları) sağlanarak santral sisteminin kontrolü genişletilebilir.

4.5. Piranometre ile Yapılan Uygulamalar ve Sonuçları

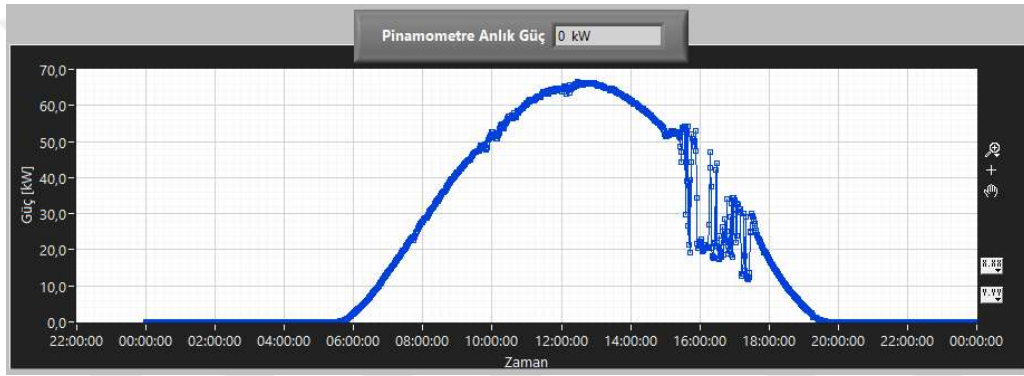
Program çalışırken piranometre cihazı ile farklı günlerde ölçüm verileri yapılmış ve bu verilere göre çalışmalar yapılmıştır.

Şekil 4.39’daki gibi, piranometre devredeyken program üzerinde piranometrenin devrede olduğu bilgisi yeşil led yanarak görünmektedir ve anlık ısınım değeri W/m2 olarak ekrana gelmektedir.

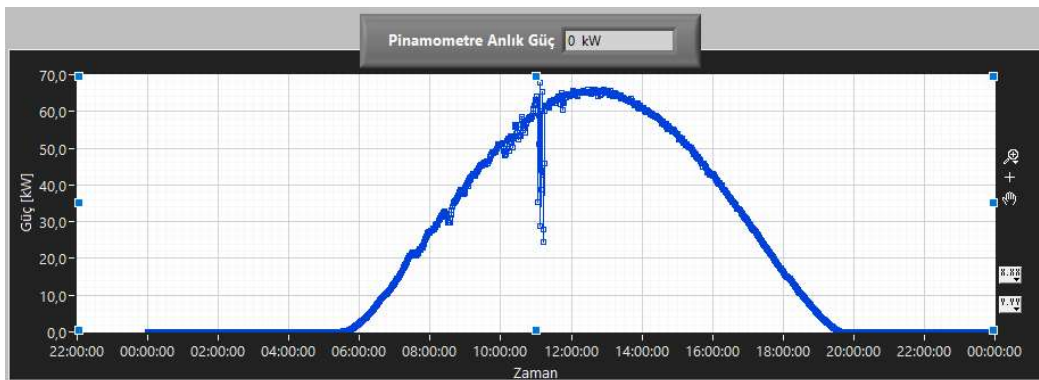


Şekil 4. 39. Piranometre çalışırken program görünümü

Şekil 4.40’da ve Şekil 4.41’de görüldüğü gibi farklı günlerde piranometre cihazının verileri günlük olarak alınmıştır grafikleri aşağıdaki gibi görünmektedir.



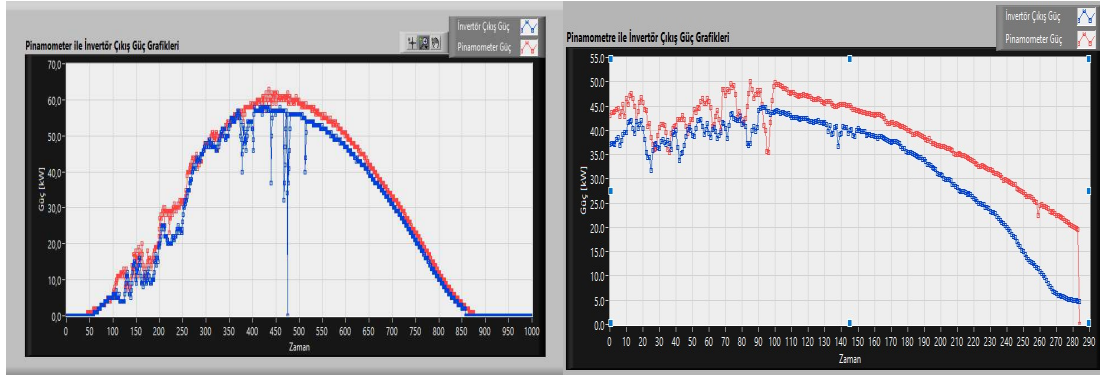
Şekil 4. 40. 12/08/2022 tarihli piranometre ölçüm değerleri grafiği



Şekil 4. 41. 14/08/2022 tarihli piranometre ölçüm değerleri grafiği

Grafiklerde anlık bulutlanmalardaki grafik değişimleri görünür bir şekilde gözlenmiştir.

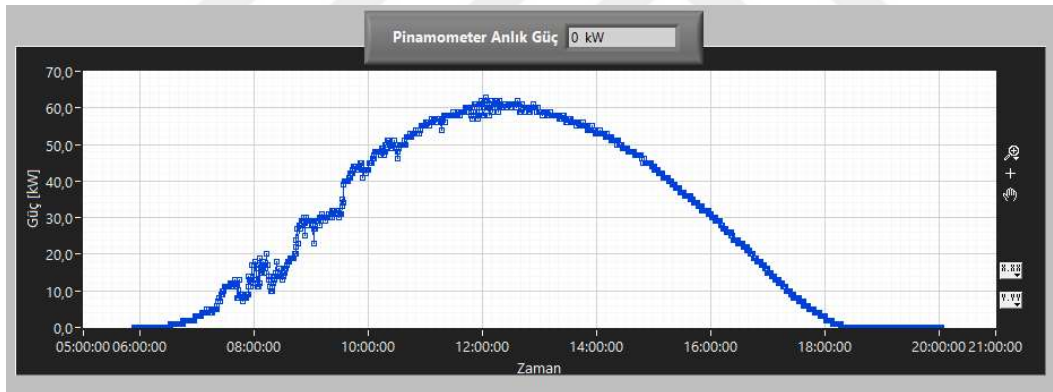
Diğer bir çalışma olarak piranometre verilerini anlık güç üretimi ile karşılaştıracak bir grafik düşünülmüş arayüzde çalışılmıştır. Sahadaki anlık verimin durumunu operatörün görebileceği bir arayüz çalışılmıştır.



Şekil 4. 42. 10.08.2022 ve 03.12.2022 tarihlerinde program grafiklerinden alınan piranometre ve invertör çıkış güç grafikleri

Şekil 4.42’de görüldüğü gibi piranometre verisi kırmızı, toplam GES sisteminin çıkış gücü ise mavi çizgiyle görülmektedir. Toplam sistemin çıkış gücü piranometre gücüyle paralel hareket etmektedir. Bulutlanma faktörü hem piranometre değerinde hem de üretilen güç değerinde dalgalanma yapmaktadır. İletişim sistemindeki arızalar veya cihazların durumdan kaynaklanan kayıplar piranometre verilerinden ayrılmakta ve cihazın davranışları konusunda bilgi vermektedir.

Piranometrenin bu ölçümdeki grafiği Şekil 4.43’teki gibidir.



Şekil 4. 43. Piranometrenin 10.08.2022 tarihindeki grafiği

Tablo 4.2’deki gibi program aracılığıyla farklı tarihlerde ölçüm verileri alınarak tablo oluşturulmuştur. Bu veriler GES sisteminin kayıp miktarını invertör bazında göstermektedir.

Tablo 4. 2. Farklı tarihlerde alınan verilerin karşılaştırılması ile oluşturulan tablo

Ölçüm Tarihleri	PM Değeri (kWh)	Üretim Değeri (kWh)	Sabit Kayıp Değeri	Verim Değeri	Kayıp Miktarı (TL)
10.08.2022	493	379	0,22	0,98	18
12.08.2022	512	392	0,22	0,98	24
13.08.2022	343	261	0,22	0,97	21
17.08.2022	468	356	0,22	0,97	29



Şekil 4. 44. 14.08.2022 tarihli piranometre ölçüm değerleri

Şekil 4.44'te ölçüm değerinde programa girilen 0,93 değerinde verim vermeye başlarsa yıkama kararı ledi yanacaktır. Gün sonu değeri 0,97 olarak hesaplanmıştır.

Günlük toz fırtınası, endüstriyel tesis dumanları gibi vb. çevresel faktörlerin yoğun olduğu zamanlarda bu yöntem bize tam doğru sonuç vermemektedir. Standart kirlenme, standart güneş koşullarında daha doğru sonuçlar vermektedir. Yıkama zamanının kestirilmesi açısından bize yaklaşık bilgi verebilecek bir veridir. Bununla beraber günlük ışıma miktarıyla günlük kazanç kıyaslanabilir veya panel kirlilik sensörleri sahada kullanılabilir. Hesabın en büyük sorunu bulutlanma ve parçalı bulutlanma durumları sonuçlarda yanılsamalara yol açabilmektedir. Piranometre bulutu görmüyorken sahanı bir bölümü bulutu görebilmektedir. Verilerin günlük kümülatif toplanıyor olması, olasılık değerine yaklaşıklığı artırmaktadır. Sonuç olarak, karar için kesin bir sonuç olmasa bile yaklaşık bir zaman konusunda fikir almak için kullanılabilir bir çalışma olmuştur.

Tablo 4.3'te görüldüğü gibi Gün sonunda programla alınan veriler bir kayıt dosyasına aktarılıp raporlama yapmaktadır. İlerde geçmişe yönelik çalışmalar için kaynak olarak kullanılabilir.

Tablo 4. 3. Gün sonu rapor tablosu

Inv-1 Tarih : 03/12/2022								
Zaman	Giriş Güç (kW)	Giriş Gerilim (V DC)	Giriş Akım (A DC)	Toplam Çıkış Güç (kWh)	Çıkış Güç (kW)	Çıkış Gerilim (V AC)	Çıkış Akım (A AC)	PM Güç (W/m2)
11:07:11	37,79	620,1	60,94	510197,76	36,99	396,6	53,84	45,39
11:08:11	38,06	623,4	61,06	510197,76	37,24	396,8	54,18	43,04
11:09:11	38,1	623,4	61,11	510197,76	37,28	396,8	54,26	43,61
11:10:11	37,99	625,1	60,77	510197,76	37,17	396,8	54,11	43,77
11:11:11	39,01	624,3	62,49	510197,76	38,19	397,1	55,55	43,83
11:12:11	39,26	623	63,02	510197,76	38,43	397,5	55,82	44,19
11:13:11	37,7	620,1	60,8	510197,76	36,9	397,5	53,61	44,54
11:14:11	38,79	624,2	62,14	510197,76	37,95	397,3	55,17	42,74
11:15:11	39,91	620,9	64,27	510197,76	39,05	397,7	56,7	43,98
11:16:11	40,37	620,1	65,11	510197,76	39,5	397,1	57,44	45,24
11:17:11	40,35	620,1	65,07	510197,76	39,48	397,3	57,37	42,89
11:18:11	42,64	620,1	68,76	510197,76	41,71	397,7	60,58	46,54
11:19:11	42,84	620,1	69,09	510197,76	41,9	397,2	60,93	45,28
11:20:11	43,02	620,1	69,37	510197,76	42,07	397,5	61,13	47,14
11:21:11	41,33	620,9	66,57	510197,76	40,43	397,5	58,75	47,67
11:22:11	40,1	615,1	65,19	510197,76	39,25	397,5	57,02	46,51
11:23:11	42,68	615,9	69,3	510197,76	41,76	398,1	60,58	44,96

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Hızla sayısı artan güneş enerjisi santrallerinin yapısı gereği geniş sahalara kurulumu olmaktadır. Sahalar genişledikçe de kontrol, bakım ve arıza tespiti durumları zorlaşmaktadır. Yapılan bu tez çalışmasıyla birlikte GES sisteminin gerçek zamanlı izlemesi yapılmıştır ve sistemin güç bileşenlerinin koşullara göre değişimleri incelenmiştir. GES sistemlerinde problem oluşturan ve verim kaybettiren konuların çözümüne yönelik uygulamalar ve incelemeler yapılmıştır.

Çevresel faktörlerin üretim üzerindeki etki miktarları ve iyileştirme çalışmaları değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmelerin bilgileriyle uygulama çalışmaları geliştirilmiş ve program aracılığı ile uygulanmıştır. Farklı koşullarda GES sistemindeki cihazların değerleri incelenmiş sistemin daha kontrollü ve daha verimli çalışmasının incelenmesi yapılmıştır.

Bu çalışmaların ışığında;

Güneş enerji santrallerinde çalışma sahası genişledikçe sistemin kontrolü zorlaşmakta olası arızalarda müdahale süresi zaman ve verim kaybına sebep olmaktadır. Bu durum geniş sahalarda sistemin arızalarının hızlı tespitini ön plana çıkarmaktadır. Kullanıcıların santralin alt sistemlerini teker teker kontrol edip arızayı bulmaktansa bunu merkezi bir noktadan yapılabiliyor olmasının işletmeler açısından çok büyük avantajları olacaktır. Bunun için eş zamanlı izleme sistemi ve bu izlemeyi otomatik arıza kontrolü ile yapacak bir yazılım desteğiyle beraber yapmaları, işletmelerin arıza kayıplarını önemli ölçüde azaltacaktır. Yapılan çalışmalarda bunun mümkün olduğu görülmüştür.

Santrallerin arıza giderlerinin yanında tozlanma giderleri de bulunmaktadır. Ölçümlerde görüldü ki yanlış yönetimi ciddi maddi zarara yol açabilmektedir. Tozlanmanın, günlük olarak verimlilik değerlerinin tespitiyle en uygun zamanlarda yapılması gerekmektedir. Geç yıkama yapılması kadar erken zamanda yıkama yapılması da işletme zararı olarak hesaplanmalıdır.

Santrallerin gölgelenme ve aç faktörlerini hesaplayarak yıkama verimlilik hesabı yapması zor olmaktadır. Kabul edilebilir kayıp oranının bulunması gereklidir. Bu referans değer in elde edilmesi verim yönetimi için önemlidir. En verimli çalışma, GES sisteminin eş zamanlı izleme ile alınmış genel verimlilik raporlarının günlük güneşlenme, temizlik, tozlanma ve arıza faktörlerini de hesaba katarak, sonuçların karşılaştırılmasıyla olmaktadır. Bu gözlem hesaplamalarla panellerin maksimum verebileceği verim oranı yaklaşık olarak tespit edilmeli günlük değerlendirmelerle iyileştirilmeli hatta mevsimsel olarak farklılaştırılmalıdır.

GES sistemlerinde yapılan bu çalışmada önemli bir konu da kurulan sitemlerin çevresel faktörlerden çok etkilenmesidir. Çevredeki endüstriyel hava kirliliği, Yatay gölgelenmeler, çevresel toz işletme açısından büyük kayıplara yol açmaktadır. Panel kirlenmelerinin sürekli olduğu bölgeler verimin sağlanması için yüksek temizlik giderlerine sebep olmuştur. İşletme için bu yüksek kayıp oranı belli değerlere ulaştığı durumlarda panellerin daha uygun yerlere taşınması gereklilik olabilmektedir.

Bu tez çalışması ile birlikte güneş enerjisi santrallerinin farklı koşulları gözeterek anlık veri takibi ve bu veriler ışığında santralin en uygun şekilde işletilmesi için gerekli sistemin sağlanması amaçlanmıştır. Elde edilen verilerle santrallerin en verimli şekilde analizi ve yönetiminin yapılması konularına katkı sunacaktır.



KAYNAKLAR

- Adhya, S., Saha, D., Das, A., Jana, J., & Saha, H. (2016, January). An IoT based smart solar photovoltaic remote monitoring and control unit. In *2016 2nd international conference on control, instrumentation, energy & communication (CIEC)* (pp. 432-436). IEEE.
- Ahmad, T., Hasan, Q. U., Malik, A., & Awan, N. S. (2015). Remote Monitoring for Solar Photovoltaic Systems in Rural Application Using GSM Network. *International Journal of Emerging Electric Power Systems*, 16(5), 413-419.
- Aichele, R., & Felbermayr, G. (2013). The effect of the Kyoto Protocol on carbon emissions. *Journal of Policy Analysis and Management*, 32(4), 731-757.
- Alcan, Y., Demir, M., & Duman, S. (2018). Sinop İlinin Güneş Enerjisinden Elektrik Üretim Potansiyelinin Ülkemiz Ve Almanya İle Karşılaştırarak İncelenmesi. *El-Cezeri*, 5(1), 35-44.
- Ali, M. H., Rabhi, A., El Hajjaji, A., & Tina, G. M. (2017). Real time fault detection in photovoltaic systems. *Energy Procedia*, 111, 914-923.
- Allafi, I. (2017). *Low-cost SCADA platforms for a solar energy system* (Doctoral dissertation, Memorial University of Newfoundland).
- ALTIN, N., & YILDIRIMOĞLU, T. (2011). Labview/Matlab Tabanlı Maksimum Güç Noktasını Takip Edebilen Fotovoltaik Sistem Simülatörü. *Politeknik Dergisi*, 14(4), 271-280.
- Aslan, N., & Yamak, T. (2006). Türkiye'nin Enerji Sorununun Alternatif Enerji Kaynakları Açısından Değerlendirilmesi. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 21(1), 53-76.
- Ataman, A. R. (2007). Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları.
- Bizzarri, F., Brambilla, A., Caretta, L., & Guardiani, C. (2015). Monitoring performance and efficiency of photovoltaic parks. *Renewable Energy*, 78, 314-321.
- Boudier, U. N. (2018). Design of a Prototype for Inverter Monitoring with SunSpec Modbus Protocol.
- CENGİZ, M. S., & MAMİŞ, M. S. (2016). Termal güneş enerjisi kullanımı ve CSP sistemlerin verimlilik analizi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(1).

Chouder, A., Silvestre, S., Taghezouit, B., & Karatepe, E. (2013). Monitoring, modelling and simulation of PV systems using LabVIEW. *Solar Energy*, 91, 337-349.

Girgin, M. H. (2011). Bir fotovoltaik güneş enerjisi santralının fizibilitesi, Karaman bölgesinde 5 MWlık güneş enerjisi santrali için enerji üretim değerlendirmesi ve ekonomik analizi (Master's thesis, Enerji Enstitüsü).

Güçlüer, D., & Batuk, F. (2011). Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak alanların CBS-ÇÖKA Yöntemi ile Belirlenmesi. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.

Güler, Ö. (2009). Wind energy status in electrical energy production of Turkey. *Renewable and sustainable energy reviews*, 13(2), 473-478.

Güner, E. D., & Turan, E. S. (2017). Yenilenebilir enerji kaynaklarının küresel iklim değişikliği üzerine etkisi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 3(1), 48-55.

Harrou, F., Taghezouit, B., & Sun, Y. (2019). Improved \$ k \$ NN-based monitoring schemes for detecting faults in PV systems. *IEEE Journal of Photovoltaics*, 9(3), 811-821.

Hansen, K., Mathiesen, B. V., & Skov, I. R. (2019). Full energy system transition towards 100% renewable energy in Germany in 2050. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 102, 1-13.

Kabalci, Y., Kabalci, E., Canbaz, R., & Calpbinici, A. (2016). Design and implementation of a solar plant and irrigation system with remote monitoring and remote control infrastructures. *Solar Energy*, 139, 506-517.

Kalaitzakis, K., Koutroulis, E., & Vlachos, V. (2003). Development of a data acquisition system for remote monitoring of renewable energy systems. *Measurement*, 34(2), 75-83.

Karaca, C. (2011). *Sürdürülebilir kalkınma ve çevre dostu maliye politikaları* (Doctoral dissertation, Marmara Üniversitesi (Turkey)).

Kumbur, H., Özer, Z., Özsoy, H. D., & Avcı, E. D. (2005). Türkiye’de geleneksel ve yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeli ve çevresel etkilerinin karşılaştırılması. *Yeksem 2005, III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi*, 19-21.

Lazzaretti, A. E., Costa, C. H. D., Rodrigues, M. P., Yamada, G. D., Lexinoski, G., Moritz, G. L., ... & Santos, R. B. D. (2020). A monitoring system for online fault detection and classification in photovoltaic plants. *Sensors*, 20(17), 4688.

Leggett, J. A. (2020). The United Nations Framework Convention on Climate Change, the Kyoto Protocol, and the Paris Agreement: A Summary. UNFCCC, New York, 2.

Mevlüt, U. Y. A. N. (2017). Güneş enerjisi santrali kurulabilecek alanların AHP yöntemi kullanılarak CBS destekli haritalanması. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(4), 343-351.

Moreno-Garcia, I. M., Palacios-Garcia, E. J., Pallares-Lopez, V., Santiago, I., Gonzalez-Redondo, M. J., Varo-Martinez, M., & Real-Calvo, R. J. (2016). Real-time monitoring system for a utility-scale photovoltaic power plant. *Sensors*, 16(6), 770.

Øgaard, M. B., Riise, H. N., Haug, H., Sartori, S., & Selj, J. H. (2020). Photovoltaic system monitoring for high latitude locations. *Solar Energy*, 207, 1045-1054.

Ortega, E., Aranguren, G., Saenz, M. J., Gutierrez, R., & Jimeno, J. C. (2018, June). Photovoltaic module to module monitoring system. In *2018 IEEE 7th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC)(A Joint Conference of 45th IEEE PVSC, 28th PVSEC & 34th EU PVSEC)* (pp. 2703-2708). IEEE.

Pakma, N. (2016). Batman'da 1 Mw'lik fotovoltaik enerji sisteminin tasarlanması. Yüksek lisans tezi, Batman Üniversitesi, Batman.

Patil, S., Vijayalashmi, M., & Tapaskar, R. (2017). Solar energy monitoring system using IOT. *Indian Journal of Scientific Research*, 149-156.

Rezk, H., Tyukhov, I., Al-Dhaifallah, M., & Tikhonov, A. (2017). Performance of data acquisition system for monitoring PV system parameters. *Measurement*, 104, 204-211.

Siddikov, I., Khujamatov, K., Khasanov, D., & Reypnazarov, E. (2020, October). IoT and intelligent wireless sensor network for remote monitoring systems of solar power stations. In *World Conference Intelligent System for Industrial Automation* (pp. 186-195). Springer, Cham.

Sun, T., Liu, Y., & Wang, Y. (2019, August). Design and implementation of a High-speed Lidar Data Reading System based on FPGA. In *2019 IEEE International Conference on Real-Time Computing and Robotics (RCAR)* (pp. 322-327). IEEE.

TEİAŞ (Türkiye Elektrik İletim A.Ş.) (2022). Ekim 2022 Kurulu Güç Raporu, 20.10.2022 tarihinde <https://www.teias.gov.tr/kurulu-guc-raporlari> adresinden erişilmiştir.

Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA), 15 Ekim 2022 tarihinde, <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-gunes> adresinden erişildi

Visconti, P., & Cavalera, G. (2015, June). Intelligent system for monitoring and control of photovoltaic plants and for optimization of solar energy production. In *2015 IEEE 15th International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC)* (pp. 1933-1938). IEEE.

Václav B., Tomáš, Martin L., Vladislav P, Jan S., Minh-Quan D. & Igor I.(2018) New Monitoring System for Photovoltaic Power Plants' Management

YILMAZ, M. (2012). Türkiye'nin enerji potansiyeli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi açısından önemi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), 33-54.

