T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FOTOVOLTAİK SİSTEM ENTEGRELİ AKILLI ŞEBEKE İÇİN ZİGBEE AYGITLARI İLE ENERJİ KONTROLÜ VE İZLEMENİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Hale BAKIR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Temmuz-2016
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Hale BAKIR

Tarih:13.07.2016

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FOTOVOLTAİK SİSTEM ENTEGRELİ AKILLI ŞEBEKE İÇİN ZİGBEE AYGITLARI İLE ENERJİ KONTROLÜ VE İZLEMENİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Hale BAKIR

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ahmet Afşin KULAKSIZ

2016, 79 Sayfa

Jüri
Doç. Dr. Musa AYDIN
Doç. Dr. Ahmet Afşin KULAKSIZ
Yrd. Doç. Dr. Mümtaz MUTLUER

Elektrik enerjisi talebini karşılamak için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı her geçen gün artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının (YEK) kullanımının yaygınlaşması, geleneksel şebeke sistemlerinin akıllı şebekeye dönüştürülmesini zorunlu kılan sebeplerden biridir. Akıllı şebekelerin bazı en önemli faydaları, enerji kesintilerinin önlenmesi, aşırı yük ve arıza durumlarında sistemi kontrol altına almak, tüketim ve enerji kayıplarını kontrol ederek yenilenebilir enerji kaynaklarının sisteme dâhil edilmesini kolaylaştırmaktır. Sonuç olarak şebeke güvenilirliğinin sağlanmasında oldukça önemli işlevi vardır.

Bu çalışmada akıllı şebekeler için, şebeke bağlantılı fotovoltaik (FV) güç sisteminde gerçekleştirilen Arduino kontrollü bir enerji yönetimi uygulaması önerilmiştir. Sistemde pik talebi azaltmak, elektrik tüketimini daha verimli ve daha akıllı hale getirerek enerji tasarrufu elde etmek amaçlanmıştır. En yaygın tüketici talep cevap programı, bir evdeki veya işyerindeki cihazların enerji tüketimini takip ederek bunları kontrol eden ev enerji yönetim sistemleridir (EEY). Fotovoltaik enerji bağlantısına sahip bir güç sisteminde, ZigBee kablosuz ağı ile uzaktan yük kontrolü sağlanarak, akıllı şebeke mimarisi için örnek bir uygulama gerçekleştirilmiştir. EEY sistemi ile maksimum gücün sınırlandırılması, yüklerin ötelenmesi, cihazların çalışma zamanlarının ayarlanması ile tasarruf ve puant güç talebinde azalma gibi faydalar elde edilmesi için algoritma tasarlanmıştır. EEY algoritmasının karar aşamasında bulanık mantık denetleyici kullanılmıştır. Önerilen ev enerji yönetimi, yükü etkili bir şekilde devreye almakta, kontrol etmekte ve başarılı bir şekilde test edildiğinde ve uygulandığında enerji maliyetinin yaklaşık %15 oranında azaltılmasında etkili olduğu deneysel sonuçlarda görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Akıllı Şebeke, Ev Enerji Yönetimi, Fotovoltaik Enerji, ZigBee Kablosuz Algılayıcı Ağı

ABSTRACT

MS THESIS

ENERGY MANAGEMENT AND MONITORING WITHIN PHOTOVOLTAIC SYSTEM INTEGRATED SMART GRID USING ZIGBEE DEVICES

HALE BAKIR

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN ELECTRICAL-ELECTRONICS ENGINEERING

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Ahmet Afşin KULAKSIZ

2016, 79 Pages

Jury
Assoc. Prof. Dr. Musa AYDIN
Assoc. Prof. Dr. Ahmet Afşin KULAKSIZ
Asst. Prof. Dr. Mümtaz MUTLUER

The use of renewable energy sources to meet electricity energy demand is increasing day by day. The increasing applications of interconnection of renewable energy sources (RES) is one of the reasons that mandates transformation of conventional power systems to smart grids. The major benefits of smart grids are that they prevent power outages, take control of the system from overload and fault conditions and by controlling consumption and energy losses, they can ease incorporation of renewable energy sources. As a result they can be crucial to provide network reliability.

In this study, for smart grids, an Arduino controlled energy management application implemented in a grid-connected photovoltaic (PV) power system was proposed. The objective of the system is to reduce peak demand, gain energy savings by making electricity consumption more efficient and smarter. The most common consumer demand response program is energy management system that monitors and control the energy consumption of the electrical appliances in a household or in commercial buildings. By remotely controlling the loads by means of ZigBee wireless networks, an application example for intelligent network architecture was implemented in a power system consisting of photovoltaic energy source. For home energy management (HEM) system, an algorithm was designed for limiting maximum power, displacement of the appliances, setting the operation time of the appliances and thus obtaining benefits such as reduction in peak power demand and gaining savings. In the decision process of the algorithm of HEM, fuzzy logic control was employed. The proposed home energy management can effectively operate and control the loads, and after the successful implementation and evaluation, it was observed from experimental results that the energy costs can be reduced about 15%.

Keywords: Smart Grid, Home Energy Management, Photovoltaic Energy, ZigBee Wireless Sensor Network

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmamda değerli katkı ve fikirleri ile beni yönlendiren, teşvik eden, daima en iyinin ve doğrunun olması için çalışan ve benim iyi bir akademisyen olmam için emeğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ahmet Afşin KULAKSIZ'a sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunuyorum. Ayrıca diğer bölüm hocalarıma ve mesai arkadaşlarıma minnettarlığımı sunarım.

Tez çalışmam sırasında ve hayatımın her anında yardımını, anlayışını ve desteğini esirgemeyen çok sevdiğim eşim Cihad BAKIR'a ve bu günlere gelmemi borçlu olduğum babam Hayati TORUN, annem Filiz TORUN'a en içten teşekkürlerimi, saygılarımı ve minnettarlığımı sunarım. Son olarak bana yaramazlıklarıyla her daim yardımcı olan ve eve her gidişimde bana motivasyon ve huzur verdiği için hayattaki en önemli varlığım canım oğlum Zülfü Ali BAKIR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hale BAKIR
KONYA-2016

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **ix**

1.GİRİŞ **1**

1.1. Tez Çalışmasının Amacı ve Önemi 2

2.KAYNAK ARAŞTIRMASI **4**

3. MATERYAL VE YÖNTEM **9**

3.1. Akıllı Şebekeler 9
3.1.1. Akıllı şebeke için gerekçeler 10
3.2. Talep Tarafı Entegrasyonu 12
3.3. Fotovoltaik Sistemler 13
3.3.1. Şebekeye bağlı fotovoltaik sistem 15
3.3.2. Şebekeden bağımsız fotovoltaik sistem 16
3.4. İnverter (Evirici) 18
3.5. Enerji Analizörü 19
3.6. Arduino Mega 20
3.7. CC2530 ZigBee Geliştirme kiti 21
3.7.1. ZigBee kablosuz ağın temel özellikleri 22
3.7.2. ZigBee Geliştirme Kit içeriği 23
3.7.2.1. SmartRF05EB (Değerlendirme bordu) 25
3.7.2.2. CC2530 değerlendirme modülü (kit) 25
3.7.2.3.CC2531 USB 26
3.7.2.4. SmartRF05BB (Batarya bordu) 26
3.8. Röle 27
3.9. RTC (Real Time Clock) - Gerçek Zaman Saati 28
3.10. Bulanık Mantık Denetleyici 29
3.10.1. Bulanık kontrol sistemi 30
3.11. Yöntem 35

4.ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA **40**

4.1. Sistem Tasarımı 43

5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER **52**

5.1 Sonuçlar 52
5.2 Öneriler 53

6.KAYNAKLAR **54**

7.EKLER 60

EK-1 Tez İçin Yazılmış Arduino Programı 60
EK-2 ZigBee-Protokolü ile Yazılmış Program 69
EK-3 Kullanılan Üretim ve Tüketim Değerleri 77

ÖZGEÇMİŞ 79

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

A	:Amper
Ah	:Ampersaat
kg	:Kilogram
kB	:Kilobayt
m	:Metre
V	:Volt
W	:Watt

Kısaltmalar

AC	:Alternatif Akım
ADC	:Analoğu Dijitale Dönüştürücü (Analog to Digital Converter)
BMD	:Bulanık Mantık Denetleyici
CO_2	:Karbondioksit
DC	:Doğru Akım
DSP	:Sayısal İşaret İşlemci
EB	:Değerlendirme bordu (Evaluation Board)
EEY	:Ev Enerji Yönetimi
EPDK	:Enerji Piyasası Denetleme Kurulu
FV	:Fotovoltaik
GSM	:Mobil İletişim için Küresel Sistem (Global System for Mobile Communications)
IEEE	:Elektrik Elektronik Mühendislik Kurumu (The Institue of Electrical and Electronics Engineers
IPV6	:İnternet Protokol Sürümü-6(Internet Protocol Version-6)
ISM/SRD	:Bilimsel ve Tıbbi Cihaz Bandı (Industrial Scientific Medical Band)
LCD	:Sıvı Kristal Ekran (Liquid Crystal Display)
LR-WPAN	:Düşük Oranlı Kablosuz Kişisel Alan Ağı (Low-Rate,Wireless Personal Area Network)
MCU	:Mikrodenetleyici
OEM	:Orjinal parça üreticileri
PWM	:Darbe Genişlik Modülasyonu (Pulse Width Modulation)
RF	:Radyo Frekansı (Radio Frequency)
RTC	:Gerçek Zaman Saati (Real Time Clock)
TI	:Texas Instruments
TOU	:Kullanım süresi (Time of Use)
USB	:Universal Serial Bus
YEK	:Yenilenebilir Enerji Kaynakları
YSA	:Yapay Sinir Ağı
ZDK	:ZigBee Development Kit
WLAN	:Kablosuz Yerel Alan Ağı (Wireless Local Area Network)
WPAN	:Kablosuz Kişisel Alan Ağı (Wireless Personal Area Network

1.GİRİŞ

Günlük yaşamda birçok yerde kullanılan enerjinin, ülkelerin sosyal ve ekonomik yapısı içerisinde yeri ve önemi büyüktür. Elektrik enerji sistemleri temelinde talebin zamanında, sürekli ve ekonomik bir şekilde karşılanması istenmektedir (Taner, 2011). Ayrıca, enerjinin üretim, iletim ve dağıtım aşamalarında da teknoloji odaklı planlamalar üzerine çalışılmalıdır. Tüketici ile uyumlu ve tüketimin gerçek zamanlı olarak izlenip kontrol edilebildiği yeni bir enerji sisteminin geleneksel sistemlerin yerini alması planlanmaktadır (Amin & Wollenberg, 2008). Bu kapsamda "Akıllı Şebekeler (Smart Grids)" ismi gündemde dikkat çekmiş ve merak uyandırmıştır. Akıllı şebeke modeli daha verimli ve etkin bir enerji yönetim sistemi sağlamaktadır.

Tüketicinin talebi ve üreticinin arzı arasında çift yönlü haberleşme yapma imkânına sahip olan akıllı şebekeler, sistemin sürekli izlenmesi ve kontrol edilmesini sağlayan bir enerji yönetim sistemi içerir. Akıllı şebeke, elektrik enerjisinin üretimi, iletim-dağıtımı ve tüketiciler olmak üzere 3 temel kontrol biriminden oluşan bir sistemdir. Kendisine bağlı tüm kullanıcılara verimli, sürekli, ekonomik ve güvenilir elektrik enerjisi sağlamak amacını taşırlar. Bu sistem sayesinde tüketici elektrik sistemindeki işletme optimizasyonunda rol oynama imkânına sahip olur. Bununla birlikte elektrik satın alabilme imkânına sahip olmak için tüketiciler daha dinamik fiyatlandırma otomasyonu yapabilirler. Sonuç olarak kullanıcılar, akıllı şebekelerin fiyat sinyallerine göre tüketim üzerinde aktif rol oynayabilirler (Giordano & Fulli, 2012).

Enerji yönetim uygulamaları, akıllı şebekelerin en önemli araştırma ve uygulama konularından biridir. Yük tarafı yönetimi ve talep tarafı cevabı gibi tüketiciye imkân veren yönetim tekniği başlıca yöntemlerdendir (Shao, Pipattanasomporn, & Rahman, 2011). Enerji yönetim uygulamaları ile hem kullanıcıya hem de elektrik şirketlerine faydalar sağlanmaktadır. Şirketler enerjiyi müşteriye güvenilir ve sorunsuz şekilde sunarlar, tüketiciler de bu imkân ile enerjiyi daha ekonomik bir şekilde kullanırlar. Ayrıca enerji yönetimi ile karbon salınımının azaltılması da çevreye katkı sağlar (Baysal, 2013).

Endüstriyel ve ticari tüketiciler enerji yönetim uygulamalarından birisi olan talep tarafı cevabını yaygın olarak kullanmaktadırlar (Pipattanasomporn, Kuzlu, & Rahman, 2012). Dağıtım şirketleri gerekli gördükleri durumlarda bazı teşvik ve ödül sistemlerini kullanarak bu abonelerin enerji tüketimlerini sınırlandırmayı arzu etmektedirler. En yaygın talep taraf cevabı programı ise bir meskende çalışan cihazların enerji tüketimini

takip eden ve bunu kontrol altına alan Ev Enerji Yönetim (EEY) sistemidir (Baysal, 2013).

EEY sistemi, başlıca abonelerin elektrik faturasından tasarruf ve tarifelere göre puant güç talebinde azalma gibi faydalar sağlamakla birlikte çok farklı algoritmalara sahiptir (Tejani, Al-Kuwari, & Potdar, 2011). Şebekeden çekilen enerjinin yönetilmesini ve yenilenebilir enerji kaynaklarının (YEK) enerjisinin yönetilmesini, genellikle yüklerin ötelenmesi ve cihazların çalışma zamanlarında gecikme süresi belirlenerek farklı algoritmalar ile istenilen enerji yönetimi sağlanmaktadır (Wang, Sun, Zhou, & Dai, 2012). Bu tez projesi, bu enerji yönetimlerini içeren bir EEY sistemine sahiptir.

Ev otomasyon sistemlerinde tüketiciler için en önemli unsur maliyet ve sistem kurulum kolaylığıdır. Kablolu haberleşme sistemleri ile karşılaştırıldığında kablosuz haberleşme sistemleri çok sayıda avantaja sahiptir. İnsanlar evlerinin içinde kablo yığınları görmek istemezler. Bu noktada kablosuz uygulamaların önemi ortaya çıkmaktadır.

Kablosuz sensör ağ modelimizde protokolün verdiği oranda ağ genişletilerek uzak mesafelere veri iletimi ve veri alımı mümkün olmaktadır. Şu anda çok sayıda kablosuz sensör ağı protokolü mevcuttur. Bu tez projesinde kullanılmış olan ZigBee (CC2530 development kit) kablosuz sensör ağları tanıtılmış ve ZigBee kablosuz ağ diğer kablosuz ağlara göre kıyaslanmıştır (Uğuz, 2013).

Bu çalışmada, YEK entegrasyonuna sahip bir ev enerji yönetimi için yük ötelenmesi ve belirli bir gecikme süresinden sonra yükün devreye alınması ya da atılması konusunda bir akıllı EEY algoritması önerilmiştir. Tezde bahsedilen algoritma, güneş enerjisinin en yüksek olduğu saatler, çoklu tarifelendirme, tüketici talep gücü kriterlerini göz önüne almaktadır.

Akıllı EEY mimarisinde yazılımlarda tüketici talebi ve tepe yükün azaltılmasına göre evdeki enerji tüketiminin azaltılması amaçlanmaktadır. Sistem bir meskende sürekli çalışan cihazların uzaktan kontrolü ve izlenmesi için ZigBee kablosuz haberleşme altyapısına sahiptir (Elma, 2014).

1.1. Tez Çalışmasının Amacı ve Önemi

Akıllı şebeke uygulaması başta enerjinin üretimi, kontrolü, dağıtımı ve tüketimi gibi süreçlerin gözlemlenmesi ve yönetilmesini hedefleyen bir uygulamadır. Bu sayede, kayıp/kaçak oranının daha da azaltılması, enerji kalitesinin yükseltilmesi ve kesinti

sürelerinin en aza indirilmesi hedeflenmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin daha kolay ve hızlı bir şekilde enterkonnekte sisteme entegre edilebilmesine olanak sağlayabilir.

Akıllı şebeke mimarisinde haberleşme ve kontrol teknolojilerinin birlikte kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır. ZigBee haberleşme sisteminin özellikleri sayesinde akıllı şebekeye katkısı görülmektedir ve akıllı şebekedeki kullanım amacı kablosuz bir sistem sağladığı için kablolu sistemlerdeki dezavantajları ortadan kaldırmaktadır. Tezde; ZigBee kablosuz ağı fotovoltaik güç kaynağına sahip şebeke sisteminde kullanılarak, akıllı bir şekilde herhangi bir cihazın uzaktan kontrolü gerçekleştirilmiştir. Akıllı şebekelerde amaç; durum analizi yapılarak, otomatik ölçüm sistemleriyle enerji kesintisini önlemek, aşırı yük ve arıza durumlarını kontrol altına alarak şebeke güvenilirliğini sağlamak, yenilenebilir enerji kaynaklarını sisteme dâhil etmek ve yönetilemeyen, izlenemeyen tüketimi ve enerji kayıplarını bu sistem sayesinde kontrol altına almaktır.

Elektrik üretim santralleri Türkiye'de genellikle enterkonnekte sisteme bağlı olarak çalışmaktadır. Akıllı şebeke sistemiyle, bütün şebekedeki verimlilik, kararlılık ve sistem güvenirliliği en iyi seviyeye çıkarılırken çevresel etkilerin en aza indirilebildiği bir işletim sağlanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının akıllı şebekeye eklenmesi ile çevresel etkilerin daha da azaldığı öngörülmektedir.

2.KAYNAK ARAŞTIRMASI

Yapılan bu tez çalışmasının kaynak araştırması aşağıdaki aşamalardan meydana gelmektedir.

İlk olarak akıllı şebekeler ve ZigBee kablosuz algılayıcı ağı hakkında literatür araştırması yapılmış, daha sonra ev enerji yönetimi hakkında araştırmalar yapılmıştır.

ZigBee kablosuz algılayıcı ağı konusunda günümüzde en yeni uygulama örnekleri İstanbul Teknik Üniversitesinde ZigBee kablosuz ağ algılayıcı kullanılarak bina içi güvenlik otomasyon sistemi Yalçın ve Arslan (2009) tarafından gerçekleştirilmiştir. Uygulamada, koordinatör ZigBee modülünün bağlı olduğu cihazdan veriler gönderilmiş ve diğer ZigBee modüllerine bağlı mikrodenetleyici kitler üzerinde kontrol işlemi gerçekleştirilmiştir.

Erol-Kantarcı ve arkadaşları (2010a) ev halkının elektrik tüketiminin karbon ayak izi üzerinde akıllı şebeke ev enerji yönetiminin etkilerini araştırmışlardır. Bazı saatlerde tüketici talebi baz santrallerinin kapasitesini aşar. Bu saatlere pik saatler denir. İşte bu pik saatlerde enerji yönetimi ile cihazların kullanımı azaltılmış ve böylece tüketicinin karbon ayak izi düşürülmüştür. Karbon ayak izi karbondioksit, ozon gibi sera gazlarının toplam miktarını vermektedir. Bu araştırma elektrik tüketimi yapan bir ev halkının karbon ayak izi üzerine etkilerini analiz etmiş, 4 cihaz için pik saatlerde elektrik tüketiminin CO_2 (Karbondioksit) emisyonunu incelemiş ve enerji yönetimi ile enerji faturası, tepe yük ve karbondioksit emisyonunu azaltmak için çoklu faydalar sağladığını göstermiştir.

Erol-Kantarcı ve arkadaşları (2010b) tarafından akıllı şebekelerde tepe yükü azaltmak için sensör ağları ve ev enerji yönetiminin farkındalığı üzerine çalışmalar yapılmıştır. Konut enerji yönetiminde günün saatine bağlı olarak değişen yarar odaklı fiyat sinyalleri kullanılmış ve bu kullanıma (Time of Using (TOU)) zamana bağlı fiyat kullanımı denilmiştir. Zamana bağlı olan fiyatlar bir gün boyunca gerçek maliyetteki değişimi yansıtmış ve kablosuz algılayıcı ZigBee ile pik saatlerde tüketicinin talebinin azaltılması sağlanmıştır. Bu araştırma sonucunda ev enerji yönetim düzeneği tüketicinin enerji faturalarını düşürmüş ve tepe saatlerde cihazların kullanımını azaltmıştır. Alınan verilere göre enerji yönetimi olmadığı zaman 7 ayda tüketici %50 daha fazla fatura ödemiştir.

Alkar ve arkadaşları (2010) Web tabanlı ZigBee etkin ev otomasyon sistemi üzerine çalışmışlardır. Kullanıcı dostu güvenli bir web sunucusu internette arayüzü barındırmak için yapılmıştır. Her zaman açık olan bir kablosuz ağı kontrol etme veya

internet üzerinde yerel olarak veya uzaktan cihazın durumunu izlemek için ZigBee tabanlı EEY sistemi oluşturulmuştur. Bu araştırmada internetin kullanılabilirliği ve otomasyon sisteminde ZigBee kullanımı önerilmiştir. Çünkü ZigBee düşük maliyetli kullanışlı bir ev otomasyonu sağlamıştır. Sistem açık kapalı mantık ile basitçe düğüm tarafından birden fazla değer ile cihazların çalışmasını desteklemiştir. Sistem, kullanıcı ihtiyacına kolayca uyarlanmış, maliyeti uygun hem yerel arayüz hem de internet ortamından bilgi almak için tasarlanmıştır.

Jarventausta ve arkadaşları (2010) tarafından dağınık üretim ortamında akıllı şebeke güç sistem kontrolü gerçekleştirilmiştir. Akıllı şebekelerin genel yönleri tartışılmış ve ağ yönetimi, güç kalitesi izleme, dağınık üretim ve aktif dağıtım yönetimi gibi bazı dağıtım seviyesi akıllı şebeke özelliklerine odaklanmıştır.

Wade ve arkadaşları (2010) tarafından gelecekteki bir akıllı şebekede bir elektrik enerji depolama sisteminin yararlarının değerlendirmesi yapılmış, Durham üniversitesinde geliştirilen simülasyon yazılımından bulgular rapor edilmiş, birden fazla ağ üzerinde birden fazla olaya yanıt olarak bir enerji depolama işletim sisteminin getirdiği yararlar değerlendirilmiştir.

Byun ve arkadaşları (2013) yük tahmini ve kullanıcı modeline dayalı sistem ve yenilenebilir enerji yönetimi için akıllı enerji dağıtım ve yönetim sistemi gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada ZigBee kablosuz algılayıcı ağ modülü, PLC, güç modülleri kullanılarak gerçek bir test sistemi oluşturulmuştur. Bu sistemde güç tüketimi, kullanıcı durumu ve dinamik kalıplar kullanılarak kontrol aletlerinin bilgileri izlenmiştir. Sonuçlar hizmet tepki süresinin azaldığını ve enerji tüketiminin yaklaşık olarak sırasıyla %45.6 ve %9-17 olduğunu göstermektedir.

Huang ve arkadaşları (2011) tarafından bina elektrik güvenliği için ZigBee tabanlı izleme ve koruma sistemi yapılmıştır. Sistem, uzaktan kumanda fonksiyonları içermiş ve şube devresi koruma stratejisi çıkışların aşırı yüklenmesi ya da aşırı ısınma nedeniyle beklenmedik afetleri önlemek için tasarlanmıştır.

IPV6 (İnternet Protokol Sürümü-6) ve ZigBee teknoloji tabanlı akıllı ev sistemi Zou ve arkadaşları (2011) tarafından gerçekleştirilmiştir. Uygulamada mevcut teknolojiler ile yönetilebilir bir kablosuz ev ağı oluşturmak için ZigBee ve IPV6 kullanılarak entegrasyon sağlanmıştır. Ev enerji yönetim sistemi, evlerde enerji tasarrufu için basit bir yaklaşım ile herkese daha yeşil, daha zeki bir yaşam sunmuştur.

Ma (2011) tarafından ZigBee teknoloji tabanlı kablosuz yangın alarm sisteminin tasarımı gerçekleştirilmiştir. Kablosuz otomatik alarm sistemi kablolu alarm sistemlerinin

sınırlamasını ortadan kaldırmak ve diğer kablosuz iletişim teknolojilerinin yüksek güç tüketiminden kaçınmak için ZigBee tabanlı inşa edilmiştir.

Qudaih ve Mitani (2011) tarafından YSA (Yapay Sinir Ağı) kullanarak Akıllı Şebeke uygulamaları için güç dağıtım sistem planlaması yapılmıştır. Bu çalışmada bir yapay zeka tekniği gerilim izleme ve üretim çıkış optimizasyonu için yapay sinir ağı şeklinde oluşturulmuştur. Kontrol edilebilir ve gözlemlenebilir güç dağıtım sisteminde sonuçlanan sinir ağının verimli bir şekilde kullanımını göstermektedir.

Lopes ve arkadaşları (2011) tarafından akıllı şebekeler için model tabanlı sistem mühendisliği yapılmış, model tabanlı sistem mühendisliği kullanarak, akıllı şebekeler tasarım sistemi gerçekleştirilmiştir.

Depuru ve arkadaşları (2011) tarafından elektrik şebekeleri için akıllı sayaçların kullanım zorlukları, sorunları, avantajları ve durumundan bahsedilmiştir.

Akıllı şebeke uygulamaları için bir kullanıcı modu dağınık enerji yönetimi mimarisi hakkında Alagöz ve arkadaşları (2012) tarafından araştırma yapılmıştır. Çalışmada gelecek dijital elektrik şebekesi kavramı için bir çerçeve çizilmiş ve çeşitli üretim ve tüketim olanakları ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır.

Samad ve Kiliccote (2012) tarafından endüstriyel sektör için akıllı şebeke teknolojileri ve uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada endüstri sektöründe akıllı şebekelerin ve elektriğin kullanımına bir bakış sağlanmış ve alüminyum işleme, çimento üretim, endüstriyel soğutma ve elektrik santralleri için örnek vaka çalışmaları gözden geçirilmiştir.

EEY ile ilgili araştırmalar içerisinde Gill ve arkadaşları (2012) tarafından Kablosuz Sensör Ağları Kullanılarak Akıllı Güç İzleme Sistemi üzerine çalışma yapılmıştır. Sistem ev aletlerinin akım, gerilim, güç değerlerini izlemek için dizayn edilmiştir. Sistem farklı tarife oranlarını takip ederek ve günlük kullanılan ev elektrik cihazlarını kontrol eden ve algılayan bir üniteden oluşmuştur. Xbee modül ile akıllı bir güç yönetimi sunulmuştur. Sistem pik saatlerde kısıtlı kaynakların kullanımını artırma ve tüketimi düşürme yönünde elektrik kullanım seviyelerini günlük pik saatlere göre belirleyen bir çözüm sunmuştur.

Sultan ve arkadaşları (2013) Enerji Tasarrufu Üretim & Yüklerinin Online-Durum İzlemesi için Yeni Bir Teknoloji adı altında bir çalışma yapmışlardır. Sistem ZigBee kablosuz ağı, izleme ve kontrol sistemi, yük kullanılarak akıllı bir sistem dizayn edilmiştir. Enerji tasarrufu için bir yöntem geliştirilerek elektrik kullanımı ve üretimi izlenerek sonuçta %30 elektrik tasarrufu sağlanmıştır. ZigBee kablosuz ağı kullanılan

sistem ile kabloların fazla kullanıldığı yerlerde avantaj sağlanmış ve büyük tasarruflar elde edilmiştir.

Zhou ve arkadaşları (2014) akıllı ev enerji yönetimi için gerçek zamanlı enerji kontrol yaklaşımı üzerine çalışmışlardır. Bu çalışma klima, su ısıtıcı, kurutma makinesi, elektrikli araç, fotovoltaik hücre, kritik yükler ve akü gibi cihazların gerçek zamanlı enerji kontrol yaklaşımını araştırmıştır. Yarım saat veya 15 dakika öncesinde haddeleme optimizasyonu ve gerçek zamanlı kontrol stratejisi karmaşık çalışma ortamları ile başa çıkmak için ve ev ekonomisi sağlamak için birleştirilmiş bir sistem tasarlanmıştır. Bulanık mantık denetleyici, sistemde akünün şarj ve deşarjını denetlemek için kullanılmıştır. Bu akıllı sistem faturayı azaltmış ve enerji tüketimini optimize etmiştir. Bu çalışmada kontrol edilen ve edilemeyen yükler üzerinde durulmuş ve zamana göre üç durum için belirli cihazlar kapalı açık mantığına göre çalıştırılarak elektrik tasarrufu sağlanmıştır. Sistem haddeleme optimizasyonunun öngörülen bilgiyi alıp yüksek fiyat periyotlarında enerji tüketimini kapatması ve gerçek zamanlı kontrol stratejisi ile koşula göre her cihaz için gerçek zamanlı güç ayarı yaparak çalışması prensibine dayanmaktadır.

Araştırılan kaynaklara devam edildiğinde, Zhang ve arkadaşları (2013) kablosuz algılayıcı ağına dayanarak akıllı ev aletleri için uzaktan kumanda sistemi geliştirmiştir. Sistemde düşük maliyet ve düşük güç tüketiminden dolayı diğer bazı benzer çalışmalarda olduğu gibi ZigBee CC2430 tercih edilmiştir. ZigBee yöneticisi düğüm 1 ve düğüm 2'yi yöneterek klima ve lamba gibi ev cihazlarının kontrolü gerçekleştirilmiştir. İnternet arayüzü ve ZigBee çalışma akışı oluşturulmuştur. ZigBee ve GSM (Mobil İletişim için Küresel Sistem) teknolojisi kapsamlı araştırma temelinde ev içi kontrolünü oluşturacak şekilde ZigBee benimsenerek ve bilgi işlem merkezi gibi yüksek kod yoğunluklu çekirdek üzerine kurulu, yüksek performansa dayalı STM32 (Mikrodenetleyici Entegre Devresi) kullanarak iki tip uzaktan kontrol dizayn edilmiştir. Aynı zamanda bilgisayarda bir fonksiyon arayüzü geliştirilmiştir.

Sıfır enerji kullanmayı hedefleyen ev enerji yönetimi geleceği için enerji kullanımını azaltmaya dayalı bir akıllı enerji tasarrufu sistem uygulaması ve tasarımı Byun ve arkadaşları (2013) tarafından yapılmıştır.

Bir akıllı şebekede ZigBee aygıtları kullanılarak ev bina enerji yönetimi ve rüzgar enerjisi ve güneş enerjisi izleme sistemi Batista ve arkadaşları (2013) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada güneş ve rüzgar sistemleri ve ev bina enerji yönetimi izleme için ZigBee teknolojileri ile açık kaynak araçları kullanılarak yeni ve kapsamlı alan testleri sağlanmıştır. Deneysel sonuçlar dağıtılmış yenilebilir üretim ve akıllı ölçüm

sistemlerinde uygulanan ZigBee cihazların yeterliliğini göstermiş ve akıllı şebeke altyapısı ve akıllı sayaçların önemini sunmuştur.

De Ridder ve arkadaşları (2013) tarafından akıllı şebekede elektrik aygıtlarının potansiyelini keşfetmek için bir aktivite tabanlı model uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bu algoritmanın bir avantajı tüketicilerin gizliliği dahil olarak gelecekteki yörünge planlama, park süresi gibi sistemlerde potansiyel analizi akıllı bir şekilde gerçekleştirilecek olmasıdır.

Benzer bir çalışma Kumar ve arkadaşları (2014) tarafından yapılmıştır. Çoklu sırt çantası yük izleme analizi ile akıllı evlerin enerji yönetimi hakkında çalışarak güneş enerjisine entegre bir sistem ve ZigBee kablosuz teknolojisi kullanılarak yük kontrolü gerçekleştirmişlerdir. Sistemde ZigBee, mikrodenetleyiciden bilgiyi alıp yük yönetim merkezine iletmekte ve RS232 arayüzü kullanılarak iletişime geçilmektedir. Pik saatlerde enerji tüketiminin olduğu periyotlarda sonuçlar gözlenmiştir. Şebekede yük artınca elde edilen gerilim düşmekte, gerilim düştüğü zaman akım tüketimi artma eğiliminde olmaktadır. Akıllı ev enerji yönetimi ve yüklerin zamanlaması ve yönetimi için bir algoritma sunulmuştur. Farklı yük zamanlama metotları esnasında, elektrik faturaları ve enerji tüketimi azalmıştır. Bu metotla tüketici, yükü etkili bir şekilde kontrol edebilmiştir.

Mohanapriya ve Banthika (2014) kablosuz sensör ağı kullanarak enerji kontrol sistemi gerçekleştirmiştir. Sistemde ZigBee, mikrodenetleyici, güç kaynağı, transistör ve kontaktör kullanarak yükün akıllı bir şekilde kontrolü gerçekleştirilmiştir. Son kullanılan cihazları yöneterek bir EEY sistemine kanıt sunulmuştur. Yük kontrolü için EEY haberleşme, enerji tüketimi boyunca gözlenmiş ve EEY birimi ile kontrol edilecek her bir yükün nasıl bir performans göstereceği değerlendirilmiştir. Çalışma altında olan 4 yüke gerilim, akım, aktif güç ve güç faktörü olarak elektriksel ölçüm yapılmıştır. Bu sistemin dağıtım şirketlerine elektrik güç yararı sağlaması mümkündür. Çünkü elektrik cihazları gibi yeni, yüksek güçlü yükler ile dağıtım transformatörlerinin fazla yüklenmemesine yardımcı olacaktır.

Moon ve arkadaşları (2014) tarafından ZigBee kablosuz ağı kullanılarak dönüştürücüye entegre edilmiş fotovoltaik modül için akım sensörsüz maksimum güç noktası izlemesi yapılmıştır. Kontrolü sağlamak için ZigBee (Xbee-pro) kablosuz iletişim ve DSP'nin seri iletişim arayüzünden yararlanılmıştır. Dalga formları incelenerek belirlenmiştir. Sonuçta sensörsüz maksimum güç izleme metodu FV dönüştürücüler entegre edilmiş modül ile daha verimli FV sistem yapılmıştır. Algoritmanın doğruluğu

için modül entegre edilmiş, dönüştürücünün deneysel donanım prototipi gerçekleştirilmiş ve uzun süreli deneysel testler yapılmıştır.

Batista ve arkadaşları (2014) ZigBee teknolojisi ile katmanlı akıllı şebeke mimarisi yaklaşımı ve alan testleri yapılmıştır. Sunulan mimari yıllar boyunca geliştirilen standartlar üzerinde duran, iyi tasarım yazılım mühendisliği çekirdeğine dayanır. Akıllı şebekeler için ZigBee teknolojisi uygulaması test metodolojisi sunulmuş ve ZigBee ile alan testleri yapılmıştır.

Mahmood ve arkadaşları (2014) tarafından akıllı şebekelerde kablosuz algılayıcı ağı kullanılarak enerji yönetimi için ev uygulamaları koordinasyon programı yapılmıştır. Ev enerji yönetimi şeması ev aletleri arasında iletişime dayanan merkezi bir enerji birimi akıllı sayaç ve ev içindeki depolama ünitesine dayalıdır. ZigBee protokolü kullanılarak bu şema farklı kurumlar arasında mesaj geçişi için kullanılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Akıllı Şebekeler

Bugünün elektrik şebekesi, verimlilik, istikrar, güvenilirliği korumak için kontroller ve cihazlarla desteklenen dağıtım, iletim, üretimden oluşan bir yapı olarak faaliyet göstermek için tasarlanmıştır. Ancak sistem operatörleri artık eski sistemde hızlı teknolojik dağıtım ve farklı piyasa oyuncuları ve son kullanıcılar dâhil olmak üzere yeni sorunlarla karşı karşıya bulunmaktadır.

Akıllı şebeke, iç ve dış tehditlere karşı korumanın yanı sıra tahmin ve esnekliği artırmak için gerçek zamanlı ölçüm teknikleri ve iletişim destek programları ile donatılmıştır.

Akıllı şebeke tasarımı varlıklarının optimize edilmesi ve güç sektörünün yeniden yapılandırılması ve ayrıştırılmasına dayanmaktadır (Momoh, 2012).

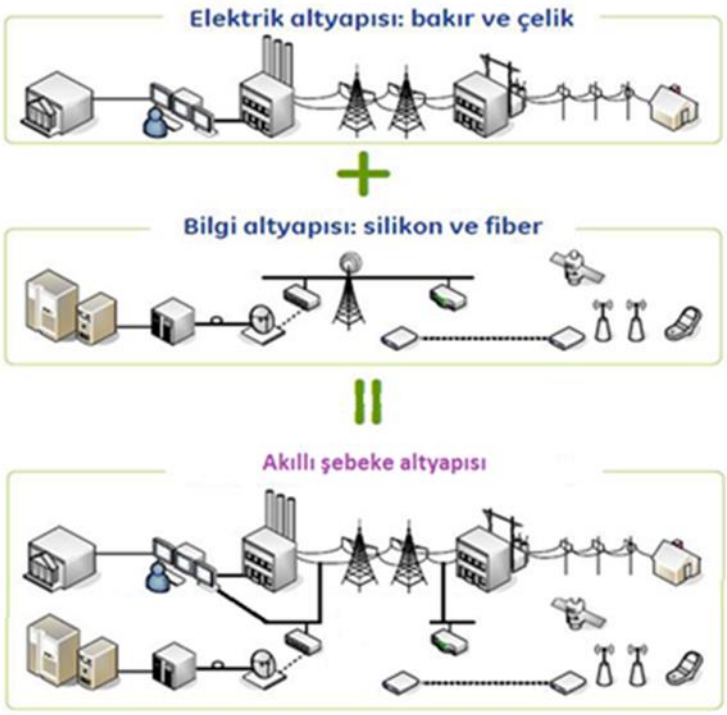
Yeni şebekenin sunduğu yetenekler şunlardır;

i) Bölgeler arasında güç transferi ve programlarda kullanım belirsizlikleri
ii) İletim ve dağıtım şebekelerinin iletim kapasitesini en iyi duruma getirme ve artan kalite ve güvenilir kaynak ihtiyacını karşılama
iii) Yönetme ve operasyonlarda öngörülemeyen olaylar ve belirsizliklerin çözülmesi ve daha sıkı planlama (Momoh, 2012).

3.1.1. Akıllı şebeke için gerekçeler

i) Zamanında tüketiciye bilgi ve kontrol seçeneklerini sağlama ve akıllı şebeke teknolojileri, uygulamaların benimsenmesi için mantıksız veya gereksiz engellerin azaltılması ve saptanması
ii) Elektrik şebekesinin etkisini, güvenliğini ve verimliliğini artırmak için dijital bilgi ve kontrol teknolojisini artırmak
iii) Enerji verimliliği kaynakları ve talep yönlü kaynakların birleştirilmesi ve gelişimi
iv) Tam siber güvenlikli kaynaklar ve şebeke işlemlerinin dinamik optimizasyonu
v) Yenilenebilir kaynaklar dâhil olmak üzere üretim ve dağıtım kaynaklarının entegrasyonu ve açılması
vi) Tüketici cihazları ve akıllı aletlerin entegrasyonu
vii) Şebeke opsiyonları sunan altyapı dâhil olmak üzere elektrik şebekesine bağlı cihaz ve ekipmanların birlikte çalışabilirliği ve iletişim için standartların gelişimi
viii) Dağıtım otomasyonu ve statü ve şebeke operasyonları ile ilgili iletişim, ölçümleme için akıllı teknolojilerin açılması (Momoh, 2012).

Sonuç olarak akıllı şebeke, otomasyon ve bilgi işlem teknolojileri kullanılarak elektrik ve bilgi altyapılarının bir araya getirilmesidir. Şekil 3.1'de akıllı şebeke altyapısının görünümü verilmiştir (İnönü, 2015).



Şekil 3.1. Akıllı şebeke altyapısı

Bazı tercih özelliklerine göre Akıllı şebekeler ve klasik şebekelerin karşılaştırılması Çizelge 3.1'de verilmiştir (Momoh, 2012).

Çizelge 3.1 Akıllı şebeke ve klasik şebeke karşılaştırılması

Tercih Özellikleri	Klasik Şebeke	Akıllı Şebeke

Aktif tüketici, katılım	Tüketici bilgisiz ve katılmayan	Bilgilendirilmiş, dahil tüketici, talep cevabı ve dağıtık enerji kaynakları
Tüm üretim ve depolama tercihleri	Merkezi üretim hakim, dağıtık enerji kaynakları için pek çok engel var	Birçok dağıtık enerji kaynağı ile yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde kolaylıkla odaklanma
Yeni ürünler, hizmetler ve piyasalar	Sınırlı, kötü toptan piyasalarda entegre; tüketici için sınırlı fırsatlar	Olgun, toptan piyasalarda entegre, tüketiciler için yeni elektrik piyasalarının büyümesi
Dijital ekonomi için güç kalitesi sağlaması	Kesintiler üzerinden odaklanma, güç kalitesi sorunlarına yavaş yanıt	Kalite/fiyat çeşitliliğine göre öncelikli güç kalitesi sorunlarına hızlı cevap
Varlık optimizasyonu ve verimli çalışma	Varlık yönetimi ile operasyonel verilerin küçük entegrasyonu-iş süreci akışları	Şebeke parametrelerinin büyük ölçüde genişletilmiş veri toplama; önlemeye odaklama, tüketiciye etkisini azaltma

3.2. Talep Tarafı Entegrasyonu

Talep tarafı entegrasyonu güç kaynağının kalitesini artırmak ve operasyon yönetim destek ağı için yerel nesil ve yükler kullanmak için bir önlemler dizisidir. Talep tarafı entegrasyonu pik talebi azaltarak yeni altyapı yatırımlarını ertelemeye yardımcı olabilir. Uygulamada talep taraf entegrasyonu tüketicilere sağlanan bilgilerin zamanlanması ve kullanılabilirliği, talep tepki süresi ve zamanlaması, ölçüm ve son kullanım ekipmanların otomasyonu ve fiyatlandırma, sözleşme gibi durumlara bağlıdır (Ekanayake, 2012).

Anlamları benzer fakat odak noktaları farklı talep tarafında kullanılan bazı terimler vardır;

Talep Taraf Yönetimi:

Elektrik kullanımında müşteri etkisi açısından yarar sağlayan faaliyetlerdir. Bu planlama, uygulama ve elektrik kullanım alışkanlıklarını değiştirmek için tüketicileri teşvik etmek amacıyla tasarlanmış faaliyetlerin izlenmesini kapsar.

Talep Tarafı:

Koşulları sağlamak için tepki talebi yönetmek için kullanılan mekanizmalardır.

Talep Tarafı Katılım:

Ekonomik, sistem güvenliği ve çevresel faydalarda katkı sağlamak için son kullanıcı müşteriler tarafından rekabetçi bir elektrik piyasasında kullanılan bir dizi stratejilerdir.

Talep tarafı entegrasyonu tarafından sağlanan hizmetler;

Talep tarafı entegrasyonu enerji artışında müşterilerin katılımını artırmak için rekabetçi elektrik piyasalarında kullanılabilecek stratejiler kümesini tanımlar.

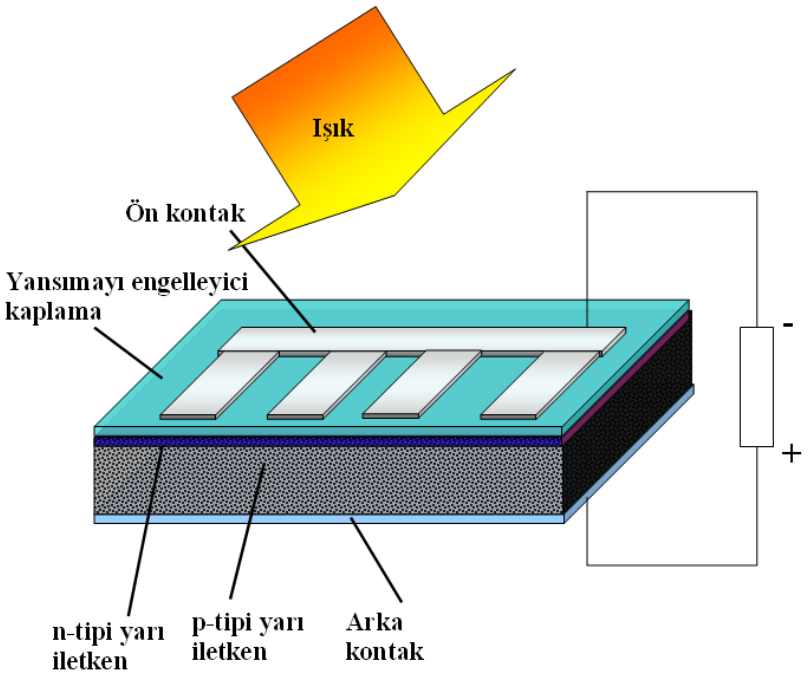
Müşteriler piyasa fiyatlarına maruz kaldıklarında pik periyottan pik olmayan periyoda yükü kaydırarak veya yük kontrolü içinde pik talebi azaltma veya enerji verimliliği önlemleri veya dağıtık üretim yükleyerek sağlayabilirler (Ekanayake, 2012).

3.3. Fotovoltaik Sistemler

Fotoelektrik etkisinin bir uygulama şekli olan fotovoltaik, güneş ışığından elektrik enerjisi üreten yapılardır. İki yarı iletkenin birleştirilerek birbirleriyle temas halinde kullanıldığı yapı fotovoltaik hücrelerdir. Fotovoltaik hücrelerde ışık, elektronların bir yarı iletkenden diğerine geçişi sırasında meydana gelerek oluşur ve enerji kaynağı olmayan bu hücreler enerji depolayamazlar. Fotovoltaik hücreler güneşten gelen ışığı elektrik enerjisine dönüştürerek güneş enerjisi üretirler. Ancak, güneş ışığı kesildiği zaman elektrik enerjisi üretmeyi durdurur. Bu durumlarda enerjiyi depolamak veya aktarmak için akü gibi bir sistem gerekmektedir (Fanchi & John R., 2005). Güneş hücresinin genel görünümü Şekil 3.2'de verilmiştir (Academy, 2010).

Fotovoltaik, güneş ışığını aldığı zaman, elektriksel gerilim farkı (voltaj) üretimi yapabilme özelliğine sahip bir sistemdir. Foto ışık anlamına ve voltaik de elektrik anlamına geldiğinden bu sistemlere fotovoltaik denmeye başlanmıştır. Sonuç olarak, güneş enerjisini kullanılabilir güce çeviren fotovoltaik teknolojisi günümüzde artmaya başlamıştır.

Günümüzde yaygın olarak "Fotovoltaik pil" tanımlaması kullanılmaktadır. Ancak "bariyer tabakalı fotopil", "kendi kendine üreten pil", "güneş pili", "fototronik fotopil" gibi isimler de kullanılmaktadır (Graf, 1999). Sonuç olarak güneş pilleri, yüzeylerine gelen güneş ışığını kullanarak doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletkenleri içerir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında en temiz, çevre dostu yapılardandır (Messenger, 2003).

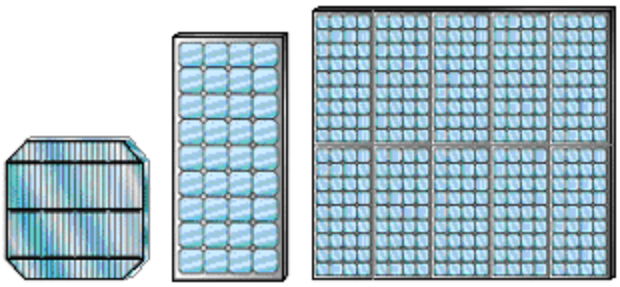


Şekil 3.2 Güneş hücresinin genel bir gösterimi

Şekil 3.3'te görüldüğü gibi güneş hücrelerinin paralel veya seri olarak bağlanması ile fotovoltaik modüller meydana gelir (Solarpower, 2010).

İki güneş hücresi paralel bağlandığında, voltaj sabit kalırken akım iki katına çıkar, seri bağlandığında ise, akım sabit kalırken, voltaj iki katına çıkar. Bunun sonucunda gerilimi 14-16 volta çıkarmak mümkündür. FV modüller, sert dış ortam şartları için tasarlanmış yapılardır. Güneş pillerinin ve elektriksel bağlantıların dış ortamdan korunması için bu fotovoltaik modüllerin kapsüllenmesi gerekir. Şekil 3.3'de görüldüğü gibi fotovoltaik modüllerin, paralel veya seri olarak bağlanması ile fotovoltaik diziler oluşur. Bunun sonucunda ise gerilimi 12-600 V arasında elde etmek mümkün olabilmektedir (Kalogirou, 2009). Bu amaçla tezde 250 W'lık 5 adet modülün seri bağlanması ile kurulum yapılmıştır ve sistem 1,25 kW tepe gücüne sahiptir.

Bir yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisi, fosil yakıtlardan elde edilen enerji sonucunda çevreye yayılan CO_2 emisyonlarını azaltarak çevreyi korur. Doğrudan aydınlatma veya ısıtmada kullanılan güneş, fotovoltaik piller, modüller ile kurulacak paneller sayesinde ücretsiz elektrik enerjisi sağlar.



Şekil 3.3 Güneş pili, modül ve diziye ait görünüm

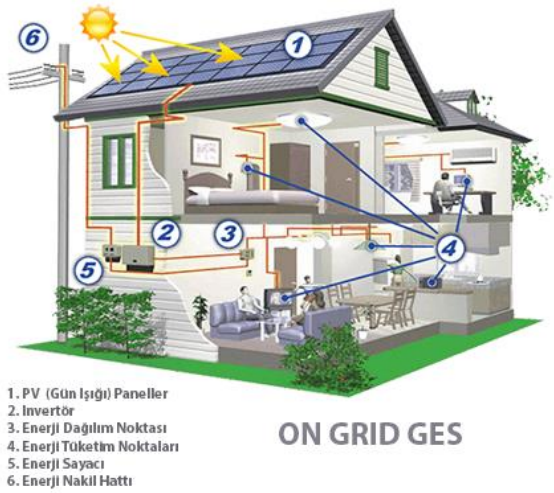
Teorik olarak günümüzde kurulabilen sistemler güneş enerjisinin çok az bir yüzdesini elektrik enerjisine dönüştürebilmektedirler. ‘‘Fotovoltaik (Photovoltaic) sistemler’’ güneş pilleri denilen yarı iletken ve diğer ekipmanlar vasıtasıyla güneş ışığından elektrik enerjisi üretebilir. Kısaca bu sistemlere ‘‘FV sistemler’’ adı verilir (Yerebakan, 2010).

Güneş ışığına herhangi bir işlem yapmadan ışığı doğrudan alıp elektrik enerjisine çeviren panellere Fotovoltaik (FV) paneller denir. Fotovoltaik sistemin avantajları; sistem herhangi bir kesinti durumuna sahip değildir, az bakım ve uzun ömür sağlar ve sera gazı veya başka bir tür gaz üretmeyip çalışması sessizdir. Sistemin çıkışta istediği enerjiye göre fotovoltaik sistemler her güçte ve boyutta kurulabilir ve mevcut gücün artırılması için panel ilave edilerek sistemin kurulumu yapılır (Kalogirou, 2009).

Fotovoltaik paneller tarafından elektrik enerjisi doğru akım (DC) 12-24-48 Volt olarak üretilir ve doğru akım ile çalışan cihazlar doğrudan bu enerji ile beslenir. Fakat Türkiye’de konutlarda kullanılan şebeke elektriği alternatif akım (AC) 220 Volt olduğundan üretilen DC akımı AC akıma çevirmek için inverter (evirici) kullanılır (Yerebakan, 2010).

3.3.1. Şebekeye bağlı fotovoltaik sistem

Şebeke Bağlantılı Sistemlerde, kullanıcının enerji tüketimi, fotovoltaik sistemin ürettiği enerjiden karşılanır. Tüketimin üretimden fazla olduğu durumlarda kullanıcı tüketim fazlası enerjiyi şebekeden alır. Kullanıcının tüketimi üretiminden az olduğu durumlarda ise üretim fazlası enerji ile şebeke beslenir (Turan, 2015). Bu amaçla, bu tezde Şekil 3.4’te görülen yapıya benzer şebeke bağlantılı sistem kullanılmıştır (Lansyenerji, 2015).

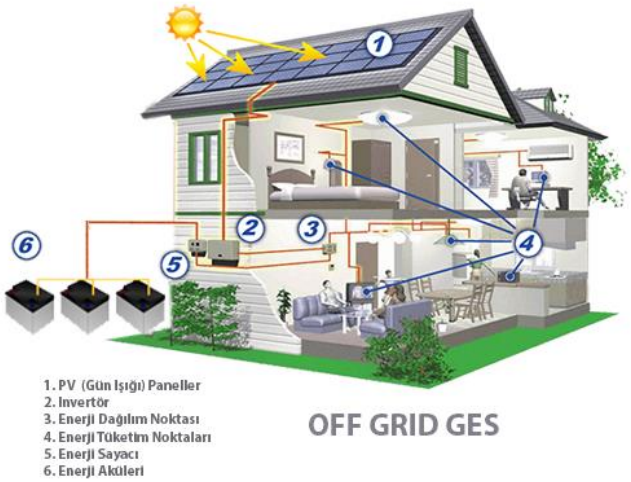


Şekil 3.4 Şebeke bağlantılı sistem

Bu sistem elektrik şebekesine bağlı olarak çalıştığı için elektrik üretildiği yerde tüketilir, tüketilmediği zaman şebekeye enerji geri verilir. Enerjiyi depolama imkânı olmadığı için ilk kurulum maliyetleri daha uygundur (Bedeloğlu, 2010). Şebeke bağlantılı (On-Grid) fotovoltaik sistemlerin en gelişmişi, fotovoltaik elektrik santralleridir.

3.3.2. Şebekeden bağımsız fotovoltaik sistem

Şebekeden bağımsız sistemlere ‘‘Ada Tipi Sistem’’ adı verilir ve sistem elektrik enerjisinin depolanmasına ihtiyaç olmadığı için, yüklere doğrudan bağlantı yapılarak kurulabilir. Elektrik şebekesine erişimin olmadığı yerlerde ve elektrik enerjisinin depolanmasının gerektiği yerlerde batarya (akü) kullanılır. İlk kurulum maliyeti yüksektir. Bu yönden şebeke bağlantılı sisteme göre dezavantajlıdır (Bedeloğlu, 2010). Otonomi süresi boyunca (güneşten elektrik üretilemediği süreç) kullanıcının ihtiyacını karşılayacak şekilde sistemin kapasitesi ayarlanabilir (Turan, 2015). Şebekeden bağımsız sistem görünümü Şekil 3.5’te verilmiştir (Lansyenerji, 2015).



Şekil 3.5 Şebeke bağlantısız güneş enerji sistemi

Şebeke bağlantılı sistemlerin avantajları: Elektrik üretildiği yerde tüketilir ve şebeke iletim kayıpları ve yüklenmesi azaltılmış olur. Farklı ölçeklerde kurulum sağlanabilir. Şebeke bağlantısız sistemlere göre yüksek verimli ve ekonomiktirler.

Şebekeden Ayrık Sistemlerin Avantajları: Şebekenin olmaması halinde ekonomik çözümler sağlar. Küçük uygulamalarda kullanılan bu sistemlerin şebeke bağlantısının tesisi çok pahalıdır. Yakıt maliyeti yoktur. Kurulum nitelikli ve kolaydır. Sistemler enerji ihtiyacına göre artırılabilir. Aşama aşama kurulabildiği için esnek kurulum maliyetleri vardır (Keskin, 2011).

Sistemlerin karşılaştırılması Çizelge 3.2'de verilmiştir (Keskin, 2011).

Güneş enerjisini elektrik enerjisine çevirmenin, basit, çevre dostu yolu olan fotovoltaik sistemlerin araştırılması ve geliştirilmesi, maliyetinin düşürülerek yaygınlaştırılması uzun yıllar devam etmiştir. Büyük şirketlerin devreye girmesiyle fotovoltaik piller konusundaki teknolojik gelişmeler ve artan talep ve buna dayalı yüksek üretim kapasitesi, maliyetlerin hızla düşmesini de beraberinde getirmiştir. Yakın geçmişte çok pahalı olarak görülen fotovoltaik güç sistemleri, artık yakın gelecekte enerji üretimine katkı sağlayabilecek sistemler olarak görülebilmektedir (Demircan & Alakavuk, 2008).

Çizelge 3.2 Şebeke bağlantılı ve şebeke bağlantısız sistemlerin karşılaştırılması

Şebekeden ayrık sistemler	Şebekeye bağlı sistemler
Limitli elektrik miktarı	Limitsiz enerji sunumu
Esnek olmayan besleme	Elektrik tüketiminden bağımsız
Enerji depolama	Tamamen esnek
Taşınabilir sistemler	Kullanıcıdan bağımsız

3.4. İnverter (Evirici)

İnverterler şebekeden bağımsız ve şebekeye bağlı sistemlerin her ikisinde de kullanılan bir cihazdır. Güneş panelleri tarafından elektrik enerjisi DC formda üretilir. Bu enerjiyi AC forma dönüştüren cihazlara inverter denir. Sistemin ürettiği 12-24 DC Volt olan doğru akımı evlerde kullanmak için, güneş panelinin çıkışına inverter bağlanarak 220 Volt 50 Hz şebeke elektriğine çevrilmesi sağlanır.



Şekil 3.6 Tezde kullanılan inverterin görünümü

Bu tezde Şekil 3.6'da görülen Fronius Galvo marka inverter kullanılmıştır (Fronius, 2016). Bu inverter 1,5 ila 3,1 kW arasında güç sınıflarına sahiptir ve genellikle müstakil evlerde kullanım için idealdir. Şahsi tüketim oranı entegre enerji yönetim fonksiyonu sayesinde yüksek seviyede tutulur. Fronius Galvo çok sayıda akıllı özelliği

ile gelecek garantisi sunan inverter türüdür. Temel özellikleri entegre veri kaydı, WLAN aracılığıyla kolay internet bağlantısı, sonradan donanım için kolay eklenebilir kart teknolojisidir.

Bu inverter galvanik izolasyon sayesinde tüm panel teknolojileri ile uyumludur ve kolay ve hızlı montaj için yeni geçmeli sisteme sahiptir. Düşük ağırlık (16,8 kg) ve kompakt boyutlara sahiptir. IP 55 koruma derecesi sayesinde açık ve kapalı alanlarda montaja uygundur (Fronius, 2016).

Şebeke bağlantılı inverterler, şebeke elektriğinin kesildiğini algılayabilir ve bu kesinti sırasında üzerindeki tüm enerjinin yüke aktarılmasını sağlayabilirler. Bu yüzden elektrik kesintileri için de şebekeye bağlı sistemler tercih edilmeye başlanmıştır. Bu tarz sistemler başta Avrupa olmak üzere birçok ülkede teşvik edilmiştir. İnvertör çıkışına yerleştirilen çift yönlü sayaç sayesinde üretilen ve şebekeden alınan elektriğin karşılaştırılması yapılabilmektedir.

Şebeke bağlantısız sistemler ise şebekeden ayrı olarak çalışırlar. Herhangi bir şebeke bağlantısı olmadığından yerel bir elektrik ağı kurulur ve kaynak olarak güneş enerjisini kullanır (Elektrikport, 2016).

Fotovoltaik sistemlerin izleme seçenekleri;

1.Enerji Sayacı

2.İnverter Ekranı

3.Veri kayıt sistemleri (Bilgisayar üzerinden veri analizi, İnternet portallarına veri iletimi)

Bu tez çalışmasında izleme sistemi bulunmasının sebepleri şunlardır (Keskin, 2011);

Sistem hatalarının erken ve kolay algılanması, günlük enerji üretimi, yüksek verim, arıza tespiti ve bakımı, sürekli veri kaydı, FV santrallerinin geri dönüş sürelerinin kısaltılması, verimlerini uzun yıllar korumalarını sağlar. İzleme sistemleri ile hızlı veri analizi ve verimdeki değişimlerin analiz edilmesi mümkün olmaktadır

3.5. Enerji Analizörü

Tezde kullanılan Şekil 3.7'de görünümü verilen ENTES marka enerji analizörü, sistemdeki her bir fazın aktif, reaktif ve görünür güç değeri ile aktif, reaktif enerji değerini ölçmek için kullanılmıştır (Entes, 2016). Tezde gerçekleştirilen algoritmada bunlar içerisinde ölçülen aktif güç değeri kullanılmıştır.



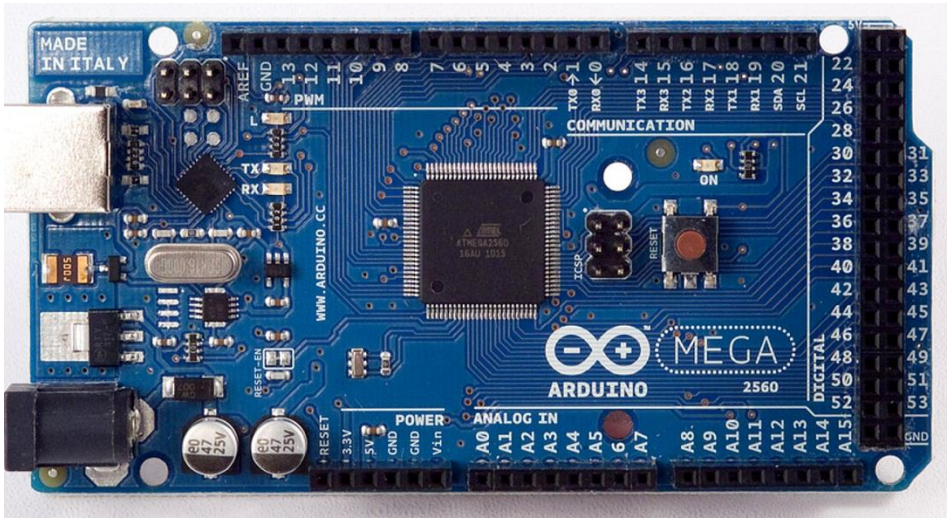
Şekil 3.7. Entes enerji analizörü

3.6. Arduino Mega

Arduino Processing/Wiring dilinin bir uygulamasını içeren geliştirme ortamından oluşan bir programlayıcıdır. Arduino kartları üzerinde Atmega firmasının 8 ve 32 bit mikrodenetleyicileri (Arduino due) bulunur ve mikrodenetleyiciler Arduino kütüphaneleri ile kolaylıkla programlanabilir. Analog ve dijital girişleri sayesinde analog ve dijital veriler işlenebilir ve sensörlerden gelen veriler kullanılabilir. Dış dünyayla ilişkili ses, ışık, hareket gibi çıktılar üretilebilir.

Şekil 3.8'deki gibi Arduino Mega 2560'da ATMega2560 mikrodenetleyici bulunur ve Giriş / Çıkış Sayısı Arduino Uno 'dan daha fazladır (Sainsmart, 2015). (54 Dijital G/Ç Pini, 14 PWM Çıkışı, 16 ADC Girişi). Hafızası da Arduino Uno'ya göre daha yüksektir (256 KB) (Robotiksistem, 2016).

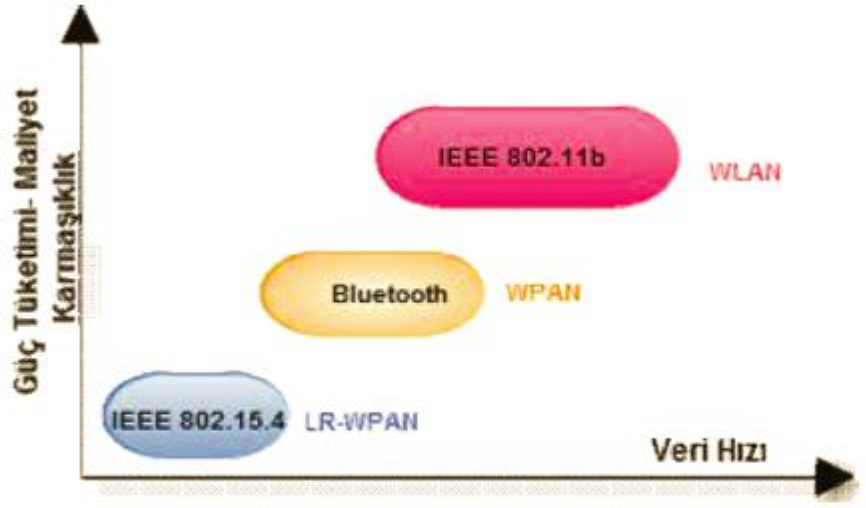
Bu tezde Arduino evde kontrol edilmesine izin verilen esnek yüklerin (lambalar, klima, ısıtıcı, soğutucu) yönetimini gerçekleştirmek için kullanılmıştır.



Şekil 3.8 Aurdino mega

3.7. CC2530 ZigBee Geliştirme kiti

Şekil 3.9'da çeşitli kısa mesafeli kablosuz WLAN, WPAN, LR-WPAN ağlarının veri hızına göre güç tüketimi, maliyet, karmaşıklık değerlerine göre karşılaştırılması yapılmıştır (Uğuz, 2013). Görüldüğü üzere IEEE 802.15.4 standardında bu özelliklerin hepsinin düşük olduğu görülmektedir.



Şekil 3.9. Kısa mesafeli kablosuz ağların karşılaştırılması

IEEE 802.15.4 standardına dayanan ZigBee üst düzey haberleşme türü, düşük güç tüketimi, kısa mesafeli ve düşük veri hızına sahip bir kablosuz haberleşme protokolüdür.

ZigBee, düşük maliyetli ve uzun batarya ömrüne sahip olması açısından diğer haberleşme türlerinden üstündür ancak düşük veri hızı olan uygulamalarda kullanılması uygundur. ZigBee kablosuz algılayıcı ağı, yarı iletken endüstrisi, yazılım geliştiricileri, orijinal parça üreticileri (OEM) içeren yüzlerce şirketin üyesi olduğu ZigBee Alliance tarafından geliştirilmiştir (Uğuz, 2013).

3.7.1. ZigBee kablosuz ağın temel özellikleri

i) Güç tüketimi düşük,
ii) Veri hızı düşük,
iii) Uygun maliyetli,
iv) 65000 düğüm desteği,
v) Diğer kablosuz ağlara göre küçük paket kullanımı,
vi) Kendi ağında otomatik Kurulum (Ajgaonkar, Wang, & Alam, 2010).

ZigBee, bluetooth ve Wi-fi gibi kablosuz ağların özellikleri ve karşılaştırılması Çizelge 3.3'te gösterilmiştir (Uğuz, 2013).

Çizelge 3.3. ZigBee, bluetooth ve Wi-fi kablosuz ağlarının karşılaştırılması

Kategori	Zigbee	Bluetooth	Wi-Fi
Mesafe	50 -1600 m	10 m	50 m
Genişleme	Otomatik	Yok	Ağın varlığına bağlı
Batarya Ömrü	Yıllar	Günler	Saatler
Karmaşıklık	Basit	Karmaşık	Çok Karmaşık
İletim Hızı	250 Kbps	1 Mbps	1-54 Mbps
Ağdaki Düğüm Sayısı	65535	8	50
Maliyet	Düşük	Düşük	Yüksek
Güvenilirlik	Yüksek	Yüksek	Normal
Kullanım Kolaylığı	Kolay	Normal	Zor

Enerji üretim ve tüketiminin denetlenmesi, kontrolü ve otomasyonu için ZigBee kullanımı ile elektrikli ev gereçlerinin, aydınlatma cihazlarının, elektronik aletlerin ve güvenlik sistemlerinin kontrolü sağlanmaktadır (Baysal, 2013). Tezde aşağıda belirtildiği şekilde bir haberleşme ağı kurulmuştur.

CC2530 2.4 Ghz lisansız ISM/SRD bandı için optimize edilmiş 8051 MCU çekirdek ve radyo ile Texas Instrument'ın (TI) ikinci nesil ZigBee IEEE 802.15.4 uyumlu mikrodenetleyicidir.

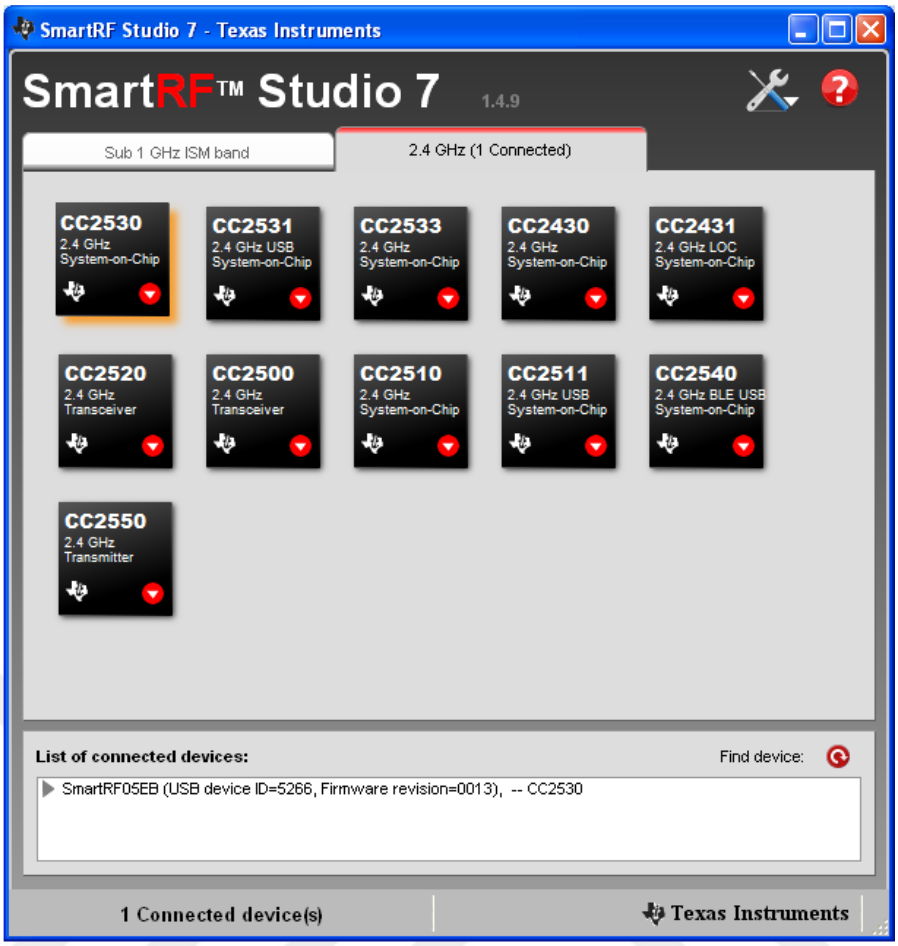
Buna bağlı olarak CC2530 zamanlama bilgileri paket taşıma, veri arabelleği, veri şifreleme, veri doğrulama, açık kanal değerlendirmesi, bağlantı kalitesi göstergesi ve paket için kapsamlı donanım desteği sağlar. Z-Stack IEEE 802.15.4 üretimler ve platformların büyüyen bir portföyü için TI ZigBee uyumlu protol yığınıdır. Z-stack CC2530'u destekler ve her iki ZigBee 2007, ZigBee 2006 ile uyumludur. CC2530 ZigBee geliştirme kiti IEEE.802.15.4 ve ZigBee uyumlu uygulamaları hedefleyen gösterim, değerlendirme ve donanım geliştirme için uygundur (Datasheet, 2016).

3.7.2. ZigBee Geliştirme Kit içeriği

ZigBee RF sistem ve ZigBee uygulamalarını gerçekleştirir. Z-stack ile kullanıcıya özgü ZigBee uygulama yazılımını gerçekleştirmek mümkündür. RF ölçümlerini oluşturmak için Şekil 3.10'da verilen Smart RF Studio yazılımı kullanılır (Datasheet, 2016).

CC2530 ZDK aşağıdakileri içerir (Şekil 3.11);

i) 2 tane SmartRF05EB değerlendirme bordu
ii) 5 tane SmartRF05BB batarya bordu
iii) 7 tane CC2530 değerlendirme modülü (kit)
iv) 2 tanesi sensor, *demo collector* için
v) 5 tanesi sensor, *demo sensor* içindir.
vi) 7 tane anten
vii) 1 tane USB
viii) Kablolar (Datasheet, 2016).



Şekil 3.10. ZigBee uygulama yazılımı smart RF studio 7



Şekil 3.11. CC2530 ZigBee geliştirme kiti

3.7.2.1. SmartRF05EB (Değerlendirme bordu)

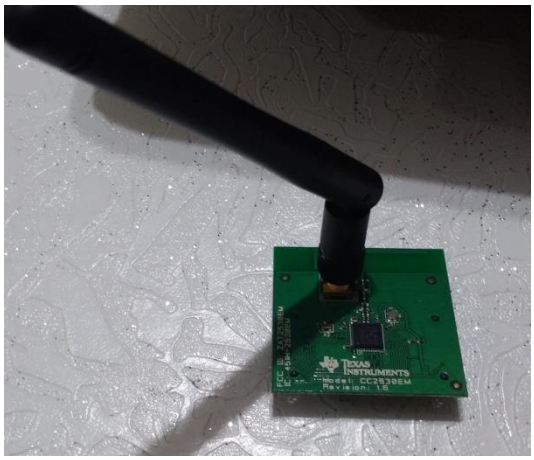
2x1,5 V AA batarya, USB, DC güç veya bir dış kaynak ile enerjilenir. Bu değerlendirme bordu değerlendirme modülü kontrol için USB vasıtasıyla bilgisayara bağlanabilir (Datasheet, 2016). ZigBee değerlendirme bordunun görünümü Şekil 3.12'de görülmektedir.



Şekil 3.12. ZigBee değerlendirme bordu

3.7.2.2. CC2530 değerlendirme modülü (kit)

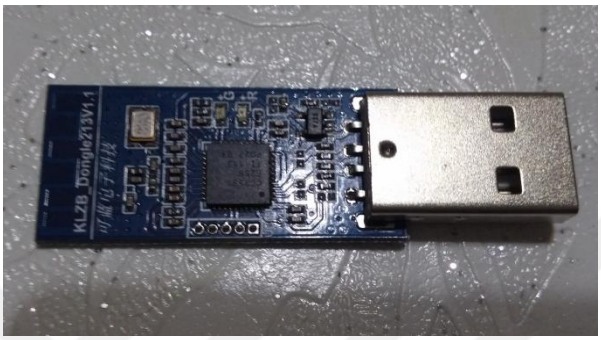
Değerlendirme bordu RF, IC ve gerekli dış unsurlar ve RF'den en iyi şekilde faydalanmak için eşleşen filtreler içerir. Bu modül (Şekil 3.13) SmartRF05EB üzerindeki gerekli bölüme yerleştirilir (Datasheet, 2016).



Şekil 3.13. ZigBee değerlendirme modülü

3.7.2.3.CC2531 USB

Bilgisayara takılabilen bir USB aygıttır. 2 adet LED'e sahiptir. İki tane itme butonuna sahip ve konnektör delikleri harici sensörler veya cihazların bağlantısına izin verir (Şekil 3.14). USB bir paket dinleyici cihazı olarak kullanılabilecek şekilde firmware ile önceden programlanmıştır (Datasheet, 2016).

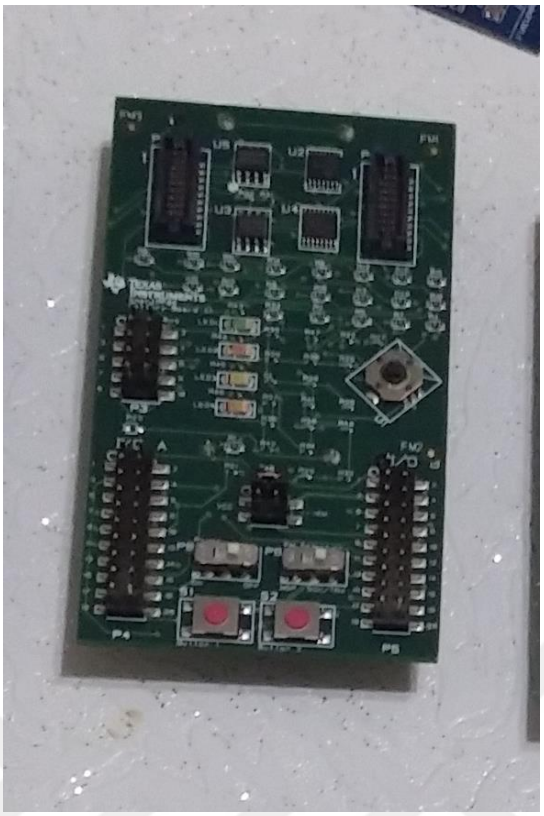


Şekil 3.14. ZigBee USB

3.7.2.4. SmartRF05BB (Batarya bordu)

CC2530EM kiti bağlı olduğu zaman bir bağımsız düğüm sağlayarak geliştirme borduna (EB) bir alternatif olarak üretilir. Batarya bordu 2 adet AA pil ile çalışmaktadır. 4 LED, 2 buton ve bir joystick içerir. Batarya bordu (BB) aynı zamanda SmartRF05EB gibi bir dış programlayıcıya bağlanmak için bir SOC (State of Charge) konnektörüne sahiptir (Datasheet, 2016).

Bu tezde akıllı sistemde ZigBee CC2530 geliştirme kiti kullanarak uzaktan yük kontrolünün gerçekleştirilmesi planlanmıştır (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. ZigBee batarya bordu

3.8. Röle

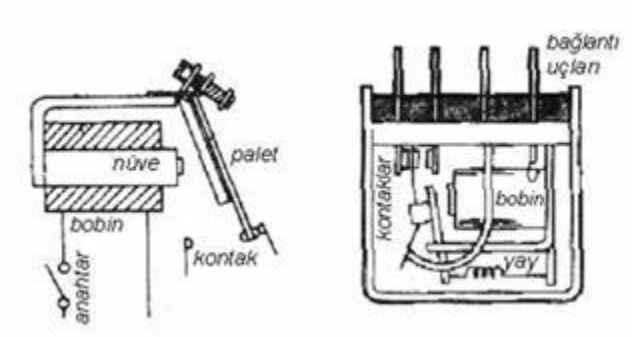
Küçük değerli bir akım ile yüksek güçlü bir alıcıyı çalıştırabilen ya da anahtarlayabilen elemanlara röle denir. Otomatikleşen üretim araçlarında yüzlerce tip ve modelde röle kullanılmaktadır. Tek kontaklı ve 5–10 kontaklıya kadar geniş bir modele sahip rölelerin çalışması her modelde aynıdır.

Günümüzde Tristör ve Triyak'ların imal edilmesinden sonra kullanımı azalan röleler halen birçok alanda kullanılmaktadır. Tristör ve Triyak'lara göre avantajı birden fazla kontağa sahip olmasıyla birden fazla yükü aynı anda açıp kapatabilmeleridir.

Dezavantajı ise mekanik olarak çalıştığı için kontaklar sürekli birbirine yapışıp açıldıkları için oluşan elektrik atlamaları zamanla kontakların oksitlenmesine ve iletimini kaybetmesine neden olur. Kontakların çıkardığı ses bazen gürültülüdür.

Rölenin çalışması, demir nüve üzerine geçirilmiş makaraya ince telden çok sipirli olarak sarılmış bobine akım uygulandığında manyetik alan oluşturur ve bu alan bobinin içindeki nüveyi elektromıknatıs haline getirir, paletin kontaklarının konumunu değiştirir. Akım kesilince elektromıknatıslık ortadan kalkarak paleti geri çekerek kontakları ilk

konumuna gelir. Bir rölenin iç yapısı ve çalışması Şekil 3.16'da gösterilmiştir (Megep, 2007).



Şekil 3.16. Rölenin yapısı

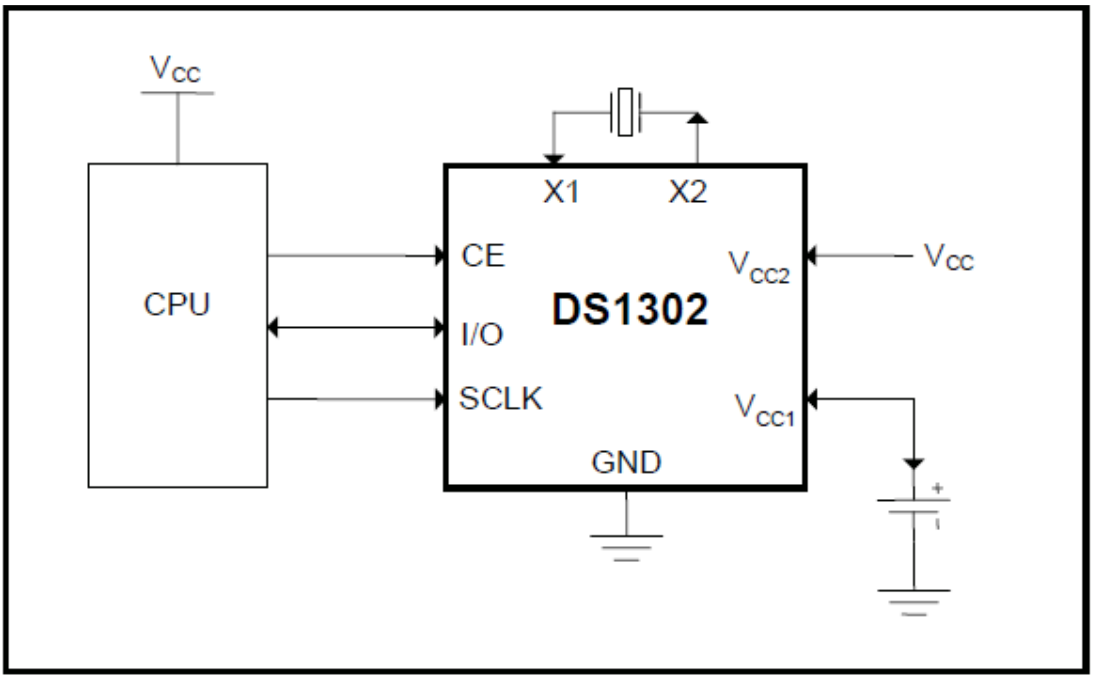
Bu tezde kullanılan ve Şekil 3.17'de görülen röle 10 ampere dayanabilen bir röle çeşitidir.



Şekil 3.17. Tezde kullanılan röle

3.9. RTC (Real Time Clock) - Gerçek Zaman Saati

Mikrodenetleyiciye benzer olan bu cihaz işlem birimi, RAM, yazmaçlar ve veri yolu arabirimine sahiptir. "Saat" gibi çalışması için 32,768 kHz hızında bir kristal osilatöre sahiptir. DS1307 kütüphanesine sahip olan RTC'ler I2C seri veriyolu ile mikroişlemciler veya mikrodenetleyicilerle haberleşir. Verileri bir sıra halinde gönderir. O sıraya göre ay, yıl, gün, saat bilgisi mikrodenetleyici tarafından yorumlanıp kullanılmak üzere kaydedilir. İlk değer kaydedileceği zaman da mikrodenetleyici tarafından veriler RTC'nin içerisine yazılır. İlk değer doğru bir şekilde verildiğinde RTC'yi yüksek hassasiyetle uzun süre (hatta yıllarca) çalıştırmak mümkün olur çünkü çok az güç harcarlar (Besvolt.wordpress, 2015). Bir Gerçek Zaman Saatinin çalışma devresi Şekil 3.18'de gösterilmiştir (Datasheet, 2015).



Şekil 3.18. RTC için çalışma devresi

3.10. Bulanık Mantık Denetleyici

Bulanık mantık, 1965 yılında ilk defa Lotfi Zadeh tarafından ortaya koyulmuş olup, başarılı şekilde gerçekleştirilmiş olan bir çok denetim uygulamasına sahiptir (Zadeh, 1988). Bulanık mantık, modern bilimsel ve teknolojik aygıtlar ile insan arasında boşluk doldurucu bir görev alır.

Bulanık mantık teknolojisi karmaşık endüstriyel projelerin yanında, beyaz eşyalarda da kullanım alanı bulmaktadır. Örnek olarak çamaşır makinelerinde, mikrodalga fırınlarda, elektrik süpürgelerinde, asansör, tren, vinç, otomotiv, trafik kontrolü gibi sistemlerde ve teşhis, güvenlik, veri sıkıştırma gibi yazılım uygulamalarında (BMD) kullanılmaktadır (Feng, 2006; Reznik, 1997).

Günlük hayatta bazen kesin olduğu düşünülen ancak kesin olmayan durumlar vardır. Bu durumlar bazı kabullerin yapılmasından sonra sistematik bir biçimde öngörülebilmesi ile olmaktadır. Bu belirsizliklerin ortadan kaldırılmasında bulanık mantık teorisi yardımcı olmaktadır.

Bir bilgisayar mantık devrimi olan bulanık mantık, insan davranışlarına benzer mantıksal uygulamalarla, bilgisayarlara yardım eder. Bulanık mantığın endüstride kullanımının getirdiği avantajlar; verimliliği artırması, daha uygun üretim sağlaması, zamandan tasarruf ve ekonomik açıdan fayda sağlamasıdır (Kıyak, 2003).

Bulanık mantığın temelde sağladığı avantajlar şu şekilde sıralanabilir (Çiftçi, 2002; Şen, 2001);

i) İnsan düşüncesine yakın olması,
ii) Uygulamasında matematiksel bir modele gerek duymaması,
iii) Yazılımın basit olmasıyla ekonomik kurulum,
iv) Kavramasının kolay olması,
v) Üyelik değerlerinin kullanımı sayesinde daha esnek olması,
vi) Kesinlik arz etmeyen bilgilerin kullanılması,
vii) Doğrusal olmayan fonksiyonların modellenmesi.

3.10.1. Bulanık kontrol sistemi

Bulanık mantık denetleyicileri, kesin ve tam matematik modellere ihtiyaç duymaz. Sistemlerin çoğunda benzer model ölçümlerini belirtmek zordur. Karmaşık bulanık mantık denetiminin denetlenmesi zordur fakat bu sistemi kullanmak da zorunlu hale gelmektedir (Taşkın, 1996).

Uzman bir sistem operatörünün bilgi, deneyim, sezgi ve kontrol stratejisini, bulanık mantık denetleyiciler kontrolcü tasarımında bilgi tabanı olarak oluşturmaktadır. Bilgi ve deneyime dayanan kontrol işlemleri sözel kurallarla gerçekleştirilir. Örneğin bir kişi, sistem için gerekli olan değer aralıklarını "küçük", "orta", "büyük" gibi terimlerle tanımlarsa, "EĞER-ÖYLEYSE" (IF-THEN) komutları kullanılarak bir kural tabanı elde edilebilecektir (Şenol, 2000).

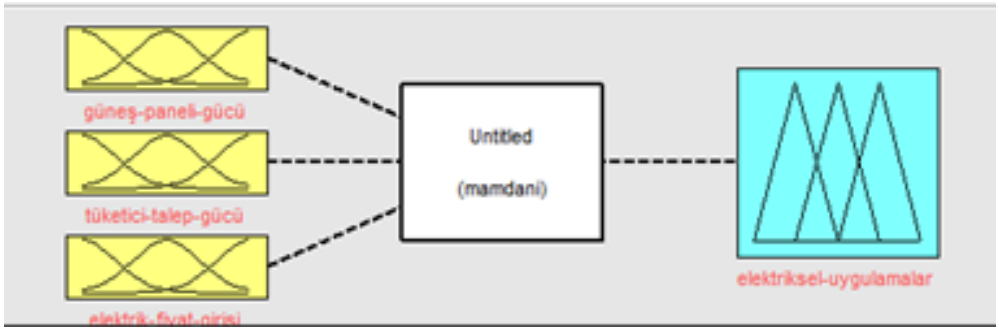
Mamdani ve Assilian tarafından küçük bir buhar makinesinin kontrolü yapılarak ilk bulanık mantık denetimi gerçekleştirilmiştir. Sezgisel denetim kurallar kümesini oluşturan Bulanık Mantık denetim algoritması, dilsel terimleri de ifade etmek için bulanık kümeler ve kuralları değerlendirmek için bulanık mantık kullanılmaktadır. BMD sistem temel yapısı bulanıklaştırma birimi, bilgi tabanı, karar üretme mantığı ve durulaştırma birimi olarak dört bölümden (Şekil 3.19) oluşmaktadır (Lee, 1990).



Şekil 3.19. Bulanık mantık denetleyici sistemi

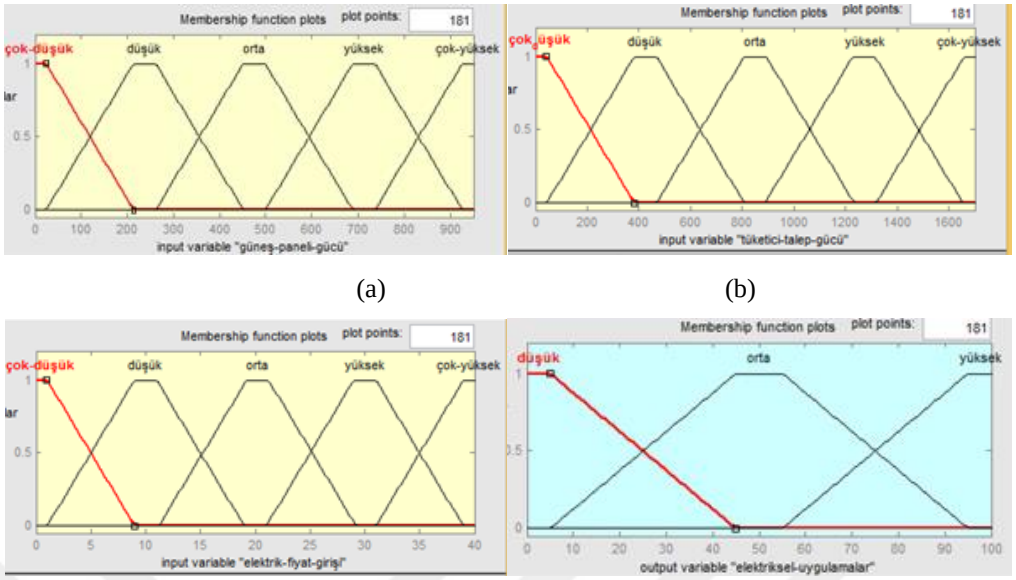
Bulanıklaştırıcı birim, ilk kısımdır. Bu kısımda kesin veya geri besleme sonuçları biçiminde olan bilgiler bir ölçek değişikliğine uğratılarak bulanıklaştırılmaktadır (Kıyak, 2003). Sonuç çıkarım kısmına gelen bilgiler, bilgi tabanında depolanırlar ve, veri ve kural tabanına dayalı "if-then-else" şeklindeki kural işleme bilgileri ile birleştirilir. Burada sözü edilen mantıksal önermeler, sayısal değerlerle problemin yapısına göre kurgulanabilir. Son bölümde ise mantıksal karar önermeleri kullanılarak elde edilen sonuçlar durulaştırıcı kısmına verilir. Durulaştırıcı kısmına gönderilen bulanık küme, bir ölçek değişikliğine uğratılarak bulanık haldeki bilgiler gerçel sayılara dönüştürülür (Akdemir, 2001).

Tezde; akıllı şebekeler için enerji yönetim sisteminin gerçekleştirilmesinde üç giriş kullanılarak bir çıkışın elde edildiği bulanık mantık denetleyici sistemi Şekil 3.20'de gösterilmiştir. Bu bölümde, bulanık mantık denetleyicinin gerçekleştirilmesi için gerekli aşamalar açıklanmıştır. Sistem üç giriş değişkenine sahiptir. İlk giriş Konya iline bağlı herhangi bir gün içinde 24 saat ölçülen, 1,25 kWp'lık güneş panelinden alınan üretim değerleri, ikinci giriş herhangi bir gün içinde 24 saat ölçülen güç değeri (elektrik şirketinden elde edilmiştir) ve üçüncü giriş olarak Türkiye'de 2016 yılındaki Perakende Elektrik Tarifeleri Tablosu kullanılmıştır. Bu üç girişe göre çıkışta elektriksel uygulamalar için yüzde güç değeri elde edilmektedir.



Şekil 3.20. Üç girişli bir çıkışlı bulanık mantık denetleyici sistemi

i) Giriş ve Çıkış Parametrelerinin Bulanık Kümelerinin Belirlenmesi



(a) (b)

(c) (d)

Şekil 3.21. (a) Fotovoltaik güç için üyelik fonksiyonları (b) tüketici talep gücü için üyelik fonksiyonları (c) elektrik Fiyatı için üyelik fonksiyonları (d) elektriksel uygulamalar yüzde güç değeri için üyelik fonksiyonları

ii) Bulanık Kuralların Oluşturulması

Sistem giriş ve çıkışını if .... then .... else .... biçimine sahip koşul cümleleriyle birbirine bağlamaktadır. Sistemde 75 kural belirlenmiştir ve bu kurallar Çizelge 3.4'te verilmiştir. Çizelge benzer şekilde devam etmektedir ancak çizelgenin tamamı tezde kapladığı yer açısından verilmemiştir.

iii) Sistemin Bulanık Çıkarımı ve Durulaştırılması

Şekil 3.22'de bulanık mantık denetleyiciye verilen değerler ile sistem bulanık çıkarımı elde edilmiştir. Şekil 3.22(a)'da bütün girişler orta düzeydeki değerlerde alındığında çıkış orta düzeyde bir değer vermiştir. Şekil 3.22 (b)'de diğer girişler düşük güneş paneli gücü yüksek alındığında çıkışta yüksek bir değer elde edilmiştir. Şekil 3.22(c)'de diğer girişler yüksek, güneş paneli gücü düşük alındığında çıkışta düşük bir değer verildiği açıkça görülmektedir. Sistemde FV sistem etkisinin önemli bir faktör olduğu görülmüştür.

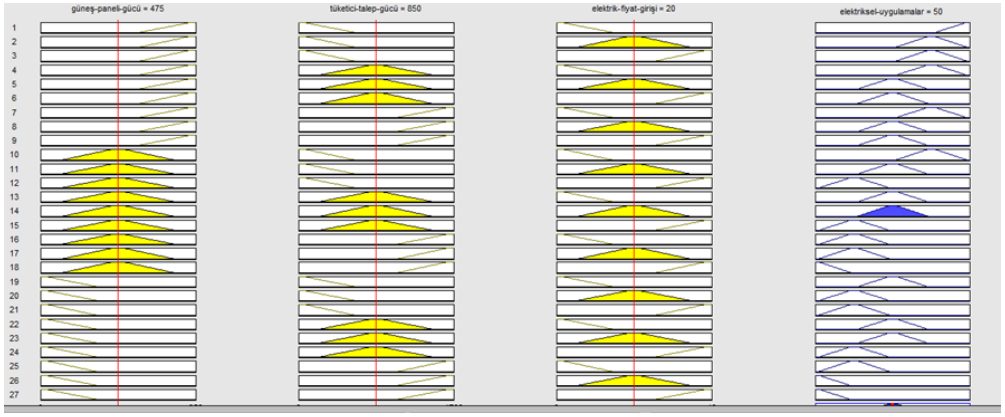
Çizelge 3.4. Sistem için belirlenen bulanık kurallar

KURAL SAYISI	GİRİŞ 1	GİRİŞ 2	GİRİŞ 3	ÇIKIŞ
	Fotovoltaik Güç	Tüketici Talep Gücü	Elektrik Fiyat Girişi	Elektriksel Uygulamalar için Yüzde Güç
1	Çok düşük	Çok Yüksek	Çok yüksek	Düşük
2	Çok düşük	Çok yüksek	Yüksek	Düşük
3	Çok düşük	Yüksek	Çok yüksek	Düşük
4	Çok düşük	Yüksek	Yüksek	Düşük
5	--	--	--	--
6	--	--	--	--

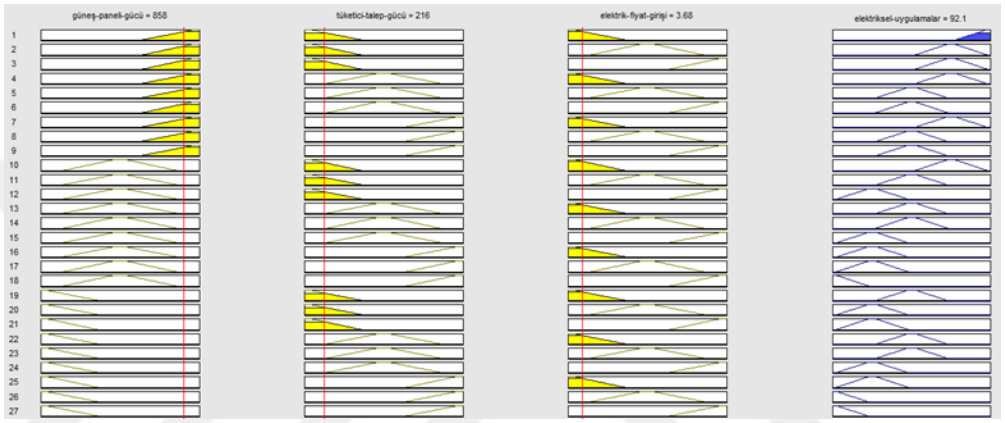
Şekil 3.23'te elde edilen sonuca bakıldığında sarı alan istenilen bölgedir. Bu alanda FV güç en yüksek, tüketici talep gücü en düşük, elektrik fiyatı en düşük durumdayken çıkıştaki elektriksel uygulamalar için yüzde güç değeri, yani o anda çalıştırılması mümkün olan elektrikli cihazların maksimum gücü %100'e yakındır. Gerçek güç değerini, kullanıcı tarafından çalıştırılması istenen esnek yüklerin toplam gücü belirlemektedir. Çıkış gücünün yüzde olarak belirlenmesi farklı uygulamalar için de önerilen yöntemin kolayca kullanılabilmesini mümkün kılmaktadır.

Klasik denetim sistemlerindekinin aksine, sistemlerin matematiksel modeline gerek duymayan bulanık mantık sistemi, istenilen çıkışı verecek şekilde girişe uygulanan işaret ayarlanarak bulanık denetimin işlemesi sağlanır. Yani bulanık mantık makinelerin insanlar gibi kararlar vermesini sağlar.

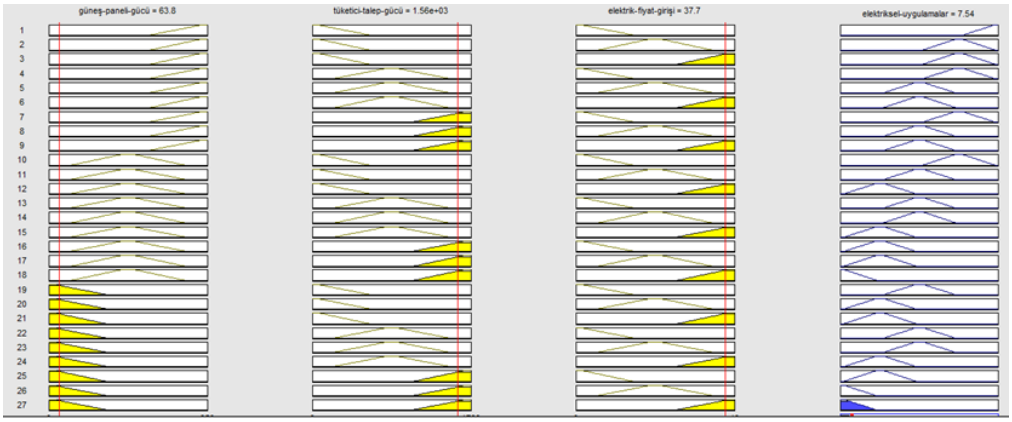
Yapay sinir ağları veya genetik algoritmalarla bulanık mantığın desteklenmesi sonucu nöral-bulanık sistemler, veya genetik-bulanık sistemler ortaya çıkmıştır. Yapay zeka algoritmalarının da dahil edilmesiyle Akıllı Şebekelerde hızlı bir gelişme kaydedilmesi planlanmaktadır. (Gupta and Sinha (Ed.), 1996; Jang, 1996).



(a)

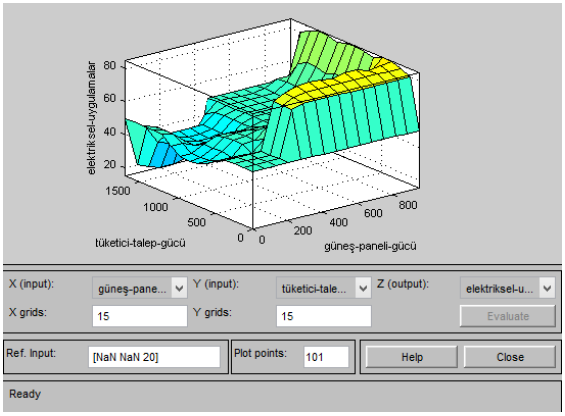


(b)



(c)

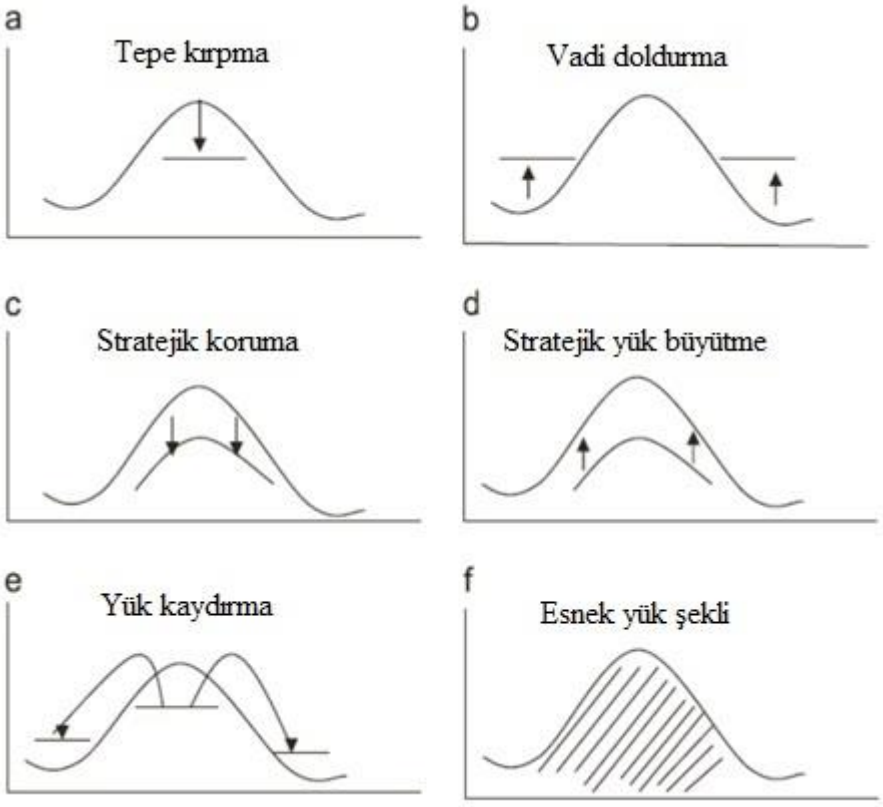
Şekil 3.22. Bulanık mantık denetleyici sistem çıkarımı: (a) çıkışta elektriksel yüzde gücü %50 (b) elektriksel yüzde güç %100'e yakın (c) elektriksel yüzde güç %0'a yakın



Şekil 3.23. Giriş-çıkış ilişkileri tepki yüzeyi

3.11. Yöntem

Bu tez çalışmasında tüketimdeki belirsizlikler yönünden araştırmalar yapılmıştır ve sonuç olarak tüketimdeki belirsizlikleri azaltmak için yapılabilecek iki yöntem olduğu sonucuna varılmıştır. Bunlardan ilki yük tahminidir. İkincisi ise, talep tarafı yönetimidir. Yük tahmini yönetimi şebeke yöneticisinin, tüketicinin kullanacağı enerji miktarını ve kullanma zamanını ayarlayan bir program ve aktivite gerçekleştirmesidir. Talep tarafı yönetiminin asıl amacı pik yükü azaltmaktır. Enerji seviyesini azaltarak, yük öteleme, yük atma ve belirli bir gecikme süresinden sonra devreye yük alma gibi işlemleri gerçekleştirerek enerji tasarrufu sağlar. Ayrıca tüketici yükü kontrol ederek sistemin daha verimli olmasını sağlayacaktır. Bu tezde bir talep tarafı programında şebekedeki pik seviyesini azaltmak için elektrik tüketim zamanlarını değiştirmeye yönelik bir algoritma gerçekleştirilerek şebeke bağlantılı bir FV sistem üzerinde uygulaması yapılmıştır. Talep tarafı yönetimi tüketiciye düşük fiyatlardan enerji sağlar ve enerji kesintisi ve arıza sürelerini azaltır. En çok kullanılan talep tarafı yönetim metotları Şekil 3.24'te gösterilmiştir (Macedo, Galo, de Almeida, & Lima, 2015).



Şekil 3.24. Talep tarafı yönetim metotları

Tepe kırpma (peak clipping): Yük kesme, ağır bir yük için zaman içinde talep azaltımı. Yük kontrolü, tüketici ekipmanları, veya dağıtılan üretimi kapatma ile tepe süresi doğrudan azaltılabilir.

Vadi doldurma (valley filling): Pik zamanların dışında kullanım teşvik edilir. Özellikle elektrik fiyatının düşük olduğu sürelerde pik olmayan zamanlardaki tüketim artırılabilir. Böylece ortalama fiyat düşer ve sistemin enerji verimliliği artar. Faturada indirim ve bazı özel müşterilerin kullanım alışkanlıklarını değiştirmek için motive edilmesi gibi teşvikler verilebilir.

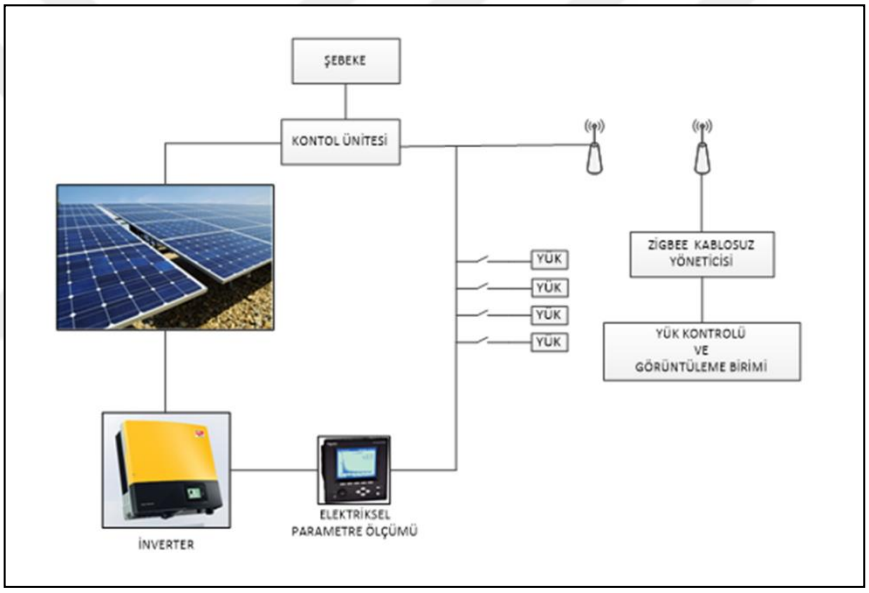
Stratejik koruma (strategic conservation): Tüketimin verimliliği artırılarak ve enerji israfı azaltılarak mevsimsel enerji tüketimi düşürülür. Bu program oldukça kapsamlı ve teknolojik değişim için teşvikler içermelidir.

Stratejik yük büyütme (strategic load growth): Mevsimsel enerji tüketimi kontrol edilir. Şirketlerin kendi amaçlarına erişmek için daha akıllı prosesleri, daha verimli ekipmanları ve daha rekabetçi enerji kaynaklarını devreye almaları sağlanır.

Yük kaydırma (load shifting): Büyük güç tüketimlerine sahip işlerin zamanları kaydırılır (pik periyottan düşük tüketimin olduğu periyota doğru) ve toplam tüketimi değiştirmeden yük kaydırılır. Bu işlem dağınık üretimle de mümkün olmaktadır.

Esnek yük şekli (flexible load shape): O andaki ihtiyaçlarına uygun olarak ayrıcalıklı tüketiciyle yapılan bir takım eylem ve planlamalar içerir. Bu yaklaşım modeli şebekede güvenlik koşullarını etkileyen bir durum olduğundan tüketicinin kullanabileceği enerjiyi sınırlamaya yarar. Bunun yapılabilmesi için yük sınırlama cihazlarının monte edilmesi gerekmektedir (Macedo et al., 2015).

Tezde yük kaydırma ve esnek yük şekli kullanılarak Talep Tarafı Yönetimi için Yenilenebilir Enerji Kaynağı entegreli ZigBee Kablosuz Ağı ve Arduino ile uzaktan kontrol edilebilen Şekil 3.25'te genel şeması verilen sistem tasarlanmış ve uygulanmıştır.



Şekil 3.25. Sistemin blok diyagramı

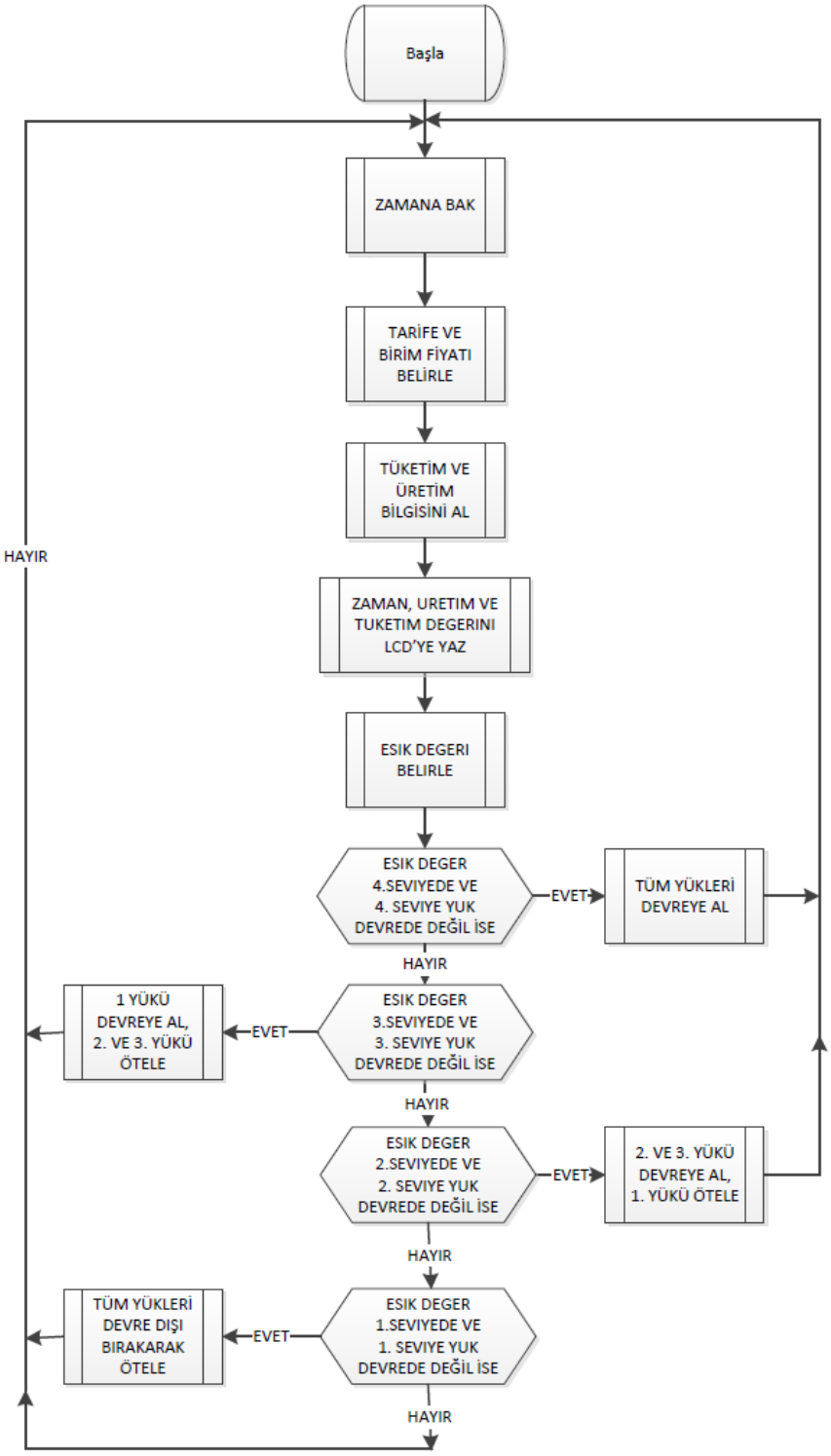
Kablosuz ağ kullanılarak enerji kontrol sistemi akıllı şebeke alanlarında önemli bir rol oynamaktadır. Bu çalışmada, kablosuz bir enerji kontrol sistemi tasarlanmış ve verimli bir ev enerji yönetim sistemi uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bu sistem akıllı yük kontrolünü tüketicinin önceliğine göre ve yararlı sinyalleri baz alarak otomatik bir şekilde kontrol etme yeteneğine sahiptir. Güneş panellerinden alınan enerji inverter ile AC forma dönüştürülerek çeşitli değerlerin ölçümü yapılmaktadır. Mikrodenetleyiciler ile kontrol sağlanarak bilgiler ZigBee kablosuz algılayıcı ağına iletilmekte ve yüklerin uzaktan kontrolü gerçekleştirilmektedir. Kablosuz ağ olarak ZigBee kablosuz ağı kullanılmıştır. ZigBee, uzun pil ömrüne sahip olması, ağ büyüklüğünün yüksek düzeyde artırılabilmesi,

sistem kaynaklarını en düşük düzeyde kullanması ve düşük maliyet ile düşük veri hızı gereken uygulamalarda izleme ve kontrol amaçlı kullanılabilecek en uygun teknolojidir. Olumsuz yönü ise yüksek düzeyde veri akışı sağlayamamasıdır.

Sonuçta geliştirilen yük kontrol ve izleme sistemi ile akıllı şebekeler için kullanıma uygun şekilde akıllı bir ev enerji yönetim sistemi tasarlanmıştır. Önerilen ev enerji yönetimi, yükü etkili bir şekilde yönetecek, kontrol edecek ve başarılı bir şekilde test edildiğinde ve uygulandığında enerjinin tüketimini azaltmada etkili olacaktır.

Sistemin çalıştırılmasında kullanılan akış diyagramı Şekil 3.26'da verilmiştir. Sistemin akış diyagramına göre öncelikle RTC çalıştırılıp zaman değerleri alınmakta, buna göre tarife ve birim fiyatı berlirlenmekte ve üretim ve tüketim değerleri alınarak bir eşik değer belirlenmektedir. Bu esnada değerlerin izlenmesi amacıyla LCD'ye yazdırılmaktadır. Sistem 15 dakika aralıklarla değer aldığı için 24 saat için üretim ve tüketimin 96 değişken durumu vardır. Bu değişken durumlara göre bir eşik değer belirlenmekte ve bu seviyelere göre devreye yük alma veya öteleme gerçekleştirilmektedir. Sistemde çalıştırılması kullanıcı tarafından istenen üç adet esnek yük yer almaktadır. Bu nedenle algoritma 3 cihaz için yürütülmüştür. Küçük düzenlemeler ile daha farklı sayıda cihaz için de algoritmanın yürütülmesi mümkündür. Bulanık mantık denetleyici çıkışında bulunan yüzde güç değeri çalıştırılacak cihazların toplam gücünü belirlemekte kullanılmaktadır. Elde edilen bu sonuca göre bir karar mekanizması algoritma üzerinde gerçekleştirilmiş ve enerji yönetimi sağlanmıştır.

İlk yük bir ZigBee batarya bordu ile devreye alınıp çıkarılmaktadır. İkinci ve üçüncü yükler tek bir batarya bordu üzerinden devreye alınma ve çıkarılma yapılmaktadır. İstenilen yük kadar ayrı ayrı batarya bordu kullanılarak yükler isteğe göre devreden çıkarılma, devreye alınma gibi sistem tasarımları yapılabilir. Sistem için dört durum, dört senaryo söz konusudur. Eğer eşik değer 4. seviyede ve 4. seviyede yük devrede değil durumunda sistem evet cevabını verirse 4. seviye için tüm yükü devreye alacak eğer hayır ise diğer döngüye geçilecektir. Eşik değer eğer 3. seviyede ve 3. seviye yük devrede değilse 1. yükü devreye alacak diğer yükleri öteleyecektir, aksi durumda diğer seviyeye geçilecektir. Eşik değer 2. seviye ve 2. seviyede yük devrede değilse 2. ve 3. yükü devreye alıp, 1. yükü öteleyecektir, aksi durumda diğer döngüye geçilecek, eşik değer 1. seviyede ve 1. seviyede yük devrede değilse tüm yükleri devre dışı bırakarak öteleyecek, hayır ise döngünün başına dönecektir. Bu şekilde akış diyagramı işleyecektir.



Şekil 3.26. Sistemin akış diyagramı

4.ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu tezde yük kaydırma ve esnek yük şekli kullanılarak Talep Tarafı Yönetimi için Fotovoltaik Enerji Kaynağı entegreli ZigBee haberleşmesi ve Arduino ile uzaktan kontrol edilebilen Akıllı Şebeke tasarlanmış ve şebeke bağlantılı inverter ile yük öteleme, yük atma, belirli bir gecikmeden sonra devreye yük alma prensibine göre enerji yönetim sistemi tasarlanmıştır. Burada tüketicinin aktif rol almasıyla tasarruf elde edilmesi sağlanmıştır ve pik yükü azaltma için enerji yönetimi gerçekleştirilmiştir.

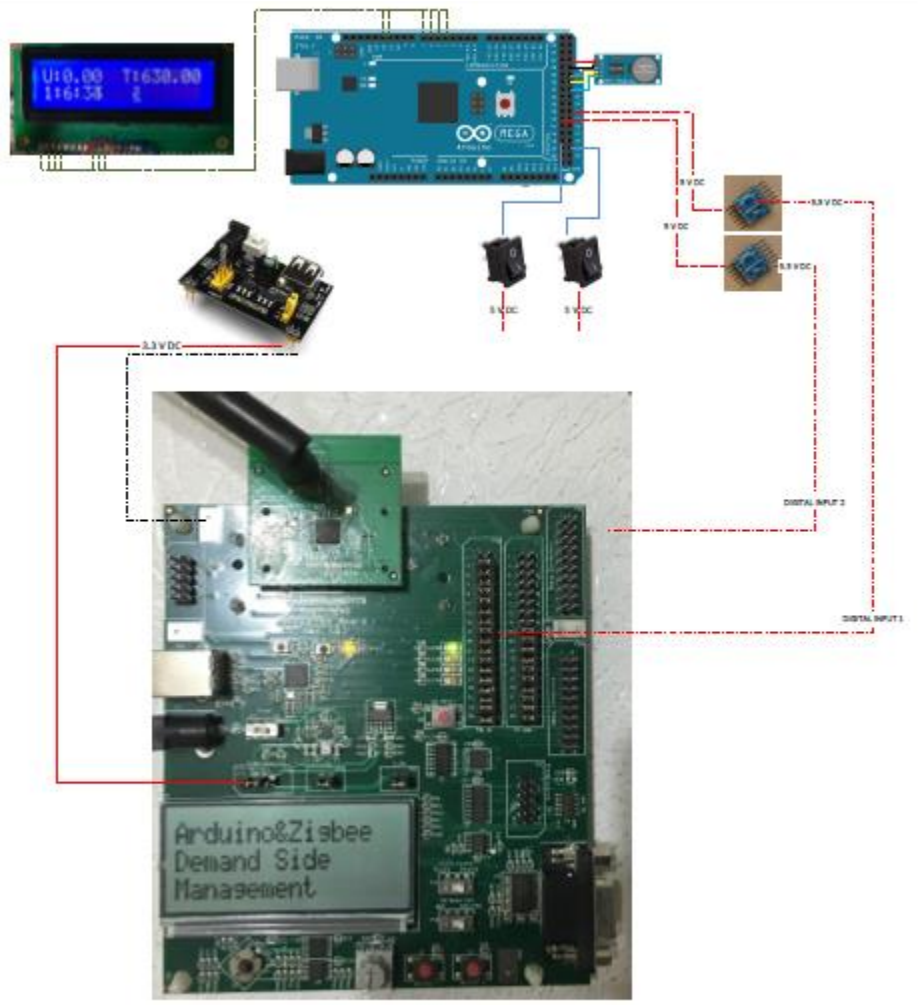
Öncelikle sistemde Arduino Meganın özellikleri ve Arduino programı hakkında bilgi sahibi olunmuş ve ZigBee CC2530 haberleşme altyapısı ile tüm sistemi çalıştıracak yazılım kodlanmıştır.

Arduino kodlamaya başlanmadan önce Arduino'ya breadboard aracılığıyla (Liquid Crystal Display) LCD'nin, RTC'nin (Real Time Clock), ZigBee'nin ve güç kaynağının bağlantıları yapılmıştır. Geliştirme kartı verici olarak kullanılmış ve Arduino'ya bağlı olarak çalıştırılmıştır. Arduino için yazılan program ile geliştirme kartının (verici) alıcı tarafa veri gönderimi sağlanmaktadır. Uygulama gerçekleştirilmiş ve Şekil 4.1'de görüldüğü gibi Microsoft Visio'da çizilmiştir. Bu kısım sistemde verici olarak görev yapmaktadır.

Şekil 4.1'de Arduino ile LCD ekran arasında 6 kablo ile bağlantı yapıldığı görülmekte, seri haberleşme ile de ekrana istenilen yazı ve değerler yazdırılabilmektedir. Arduino'da LCD'nin çalıştırılması için gerekli kütüphane "LiquidCrystal.h" olarak geçmektedir. LCD ekran 16x2 ekran boyutuna sahiptir.

Arduino ile RTC arasındaki bağlantı 3 adet kablo ile yine seri haberleşmeyle sağlanmaktadır. RTC ile zamanın doğru ve sürekli olarak sağlıklı şekilde hesaplanması sağlanmaktadır. RTC'nin çalışması için gerekli yazılımlar DS1302RTC.h ve Time.h kütüphaneleridir. RTC, modül halinde DS1302 entegre, bir adet 32768 kHz frekansında kristal ve 3,3 V'luk bir pilden oluşmaktadır.

Bu kütüphanelerdeki çalışmayan bazı kodlar tespit edilerek ayıklanmış ve çalışabilir hale getirilmesi için araştırma ve çalışmalar yapılmıştır. RTC'ye bir defa zaman ayarını girmek yeterlidir. Çünkü RTC modülün üzerindeki pil sayesinde uzun süreli çalışmaya devam etmektedir.



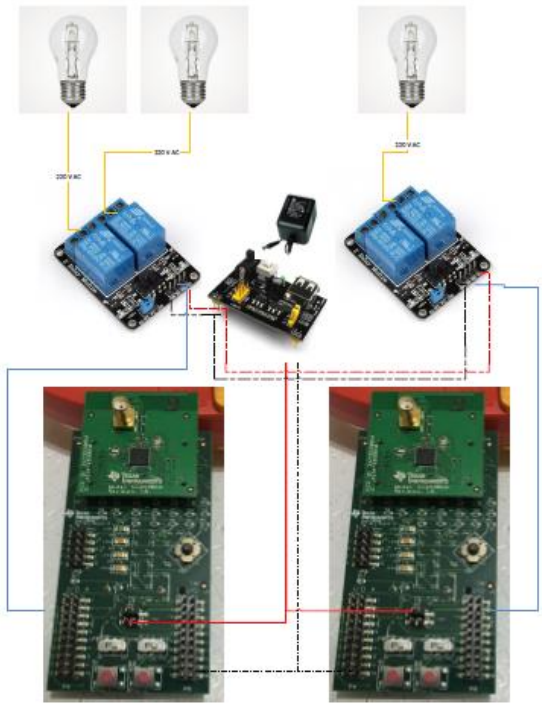
Şekil 4.1 Sistemin verici kısmı

Bütün bu işlemlerden sonra Arduino üzerine LCD, RTC, Güç kaynağı kartı ve ZigBee bağlandıktan sonra yazılım geliştirme aşamalarına geçilmiş ve test edilmiştir. Sistem için Arduino'da kodlanan program Ek-1'de sunulmuştur.

Sistemin çalışmasında belirli bir eşik değer belirlenmiştir. Bu eşik değere göre yük tahmini yapılmıştır. Kullanılması gereken yükler yani kritik (critical) ve kullanıcı iznine bağlı olan esnek (flexible) yükler kontrol edilmiştir. Sistemin bu çalışmasına göre çizilen akış diyagramına göre yazılım çalıştırılmaktadır. Son olarak sistemde kullanıcının aktif rol alması yani istediği yükü istediği zaman devreye alma ve çıkarma yapması için Arduino tarafına butonlar eklenmiştir.

ZigBee geliştirme kiti içerisinde yer alan batarya bordu yük kısmı olarak kullanılmıştır. Batarya bordundan röle vasıtasıyla yüke bağlantı yapılmıştır. Rölelere

bağlı olan yükü devreye alma, çıkarma ve dolayısıyla öteleme işlemi burada gerçekleştirilmektedir. Bu sistem tarafı yük kısmı görevi yapmaktadır. Sistem uygulaması yapılmış ve son olarak Şekil 4.2'de görüldüğü gibi Microsoft Visio'da sistemin çizimi yapılmıştır.



Şekil 4.2 Sistemin alıcı kısmı

Değerlendirme modülü ise hem batarya bordunda hem de değerlendirme bordunda bulunmaktadır. Çünkü değerlendirme modülü mikroişlemcinin olduğu ve haberleşmenin sağlandığı karttır. ZigBee protokolü ile haberleşen geliştirme kartında ve batarya kartında üç yükün kontrol edileceği program saklıdır. Değerlendirme modülleri sayesinde antenler aracılığıyla bilgi Arduino'dan alınıp belirli gecikme süreleri ile yükü devreye alma, çıkarma ve dolayısıyla öteleme işlemi yapılmaktadır. Böylece enerjinin daha verimli ve tasarruflu kullanımı sağlanmıştır. Talep güç yönetimi için puant yük eğrisinin aşağıya çekilmesi sağlanmıştır.

CC2530 mikroişlemcisinin programının temelini oluşturan ZigBee protokolüne ait örnekler incelenmiş ve projede kullanılan programa ait kodlar son haline getirilmiştir. Bu kısımlara ilişkin program kodları Ek-2'de sunulmuştur.

4.1. Sistem Tasarımı

Sistemde üç giriş değişkenine göre bir çıkış elde edilmektedir. Yani fotovoltaik güç üretimine, müşteri talep güç tüketimi, elektrik fiyat girişine bakarak, çıkışa göre yük devreye alma, devreden çıkarma yapılarak istenilen sonuçlar elde edilmektedir.

İlk olarak Arduino Mega üzerinde çalışmalar yapılmış ve Arduino, ZigBee, RTC ve LCD'ye bağlanarak düzenek kurulmuş ve sistemin çalıştırıldığı yazılımlar Arduino Mega'da gerçekleştirilmiştir.

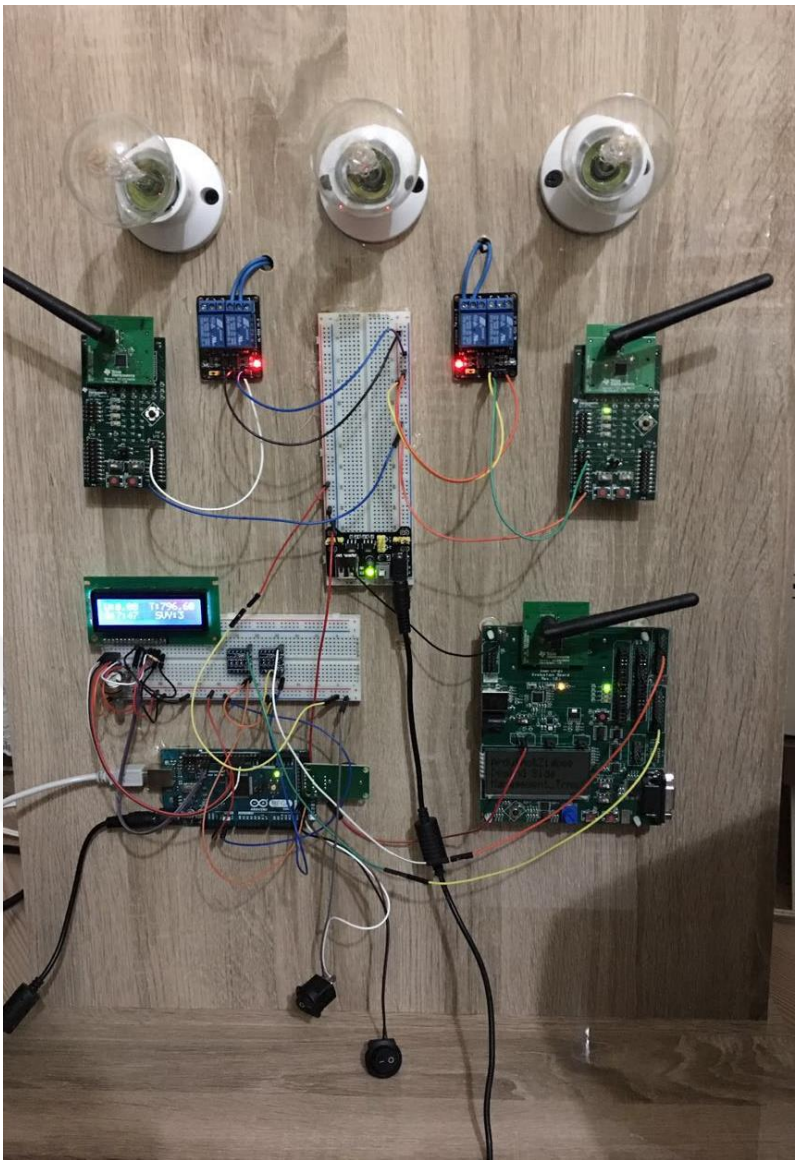
ZigBee geliştirme kiti hakkında araştırma yapılmış, ZigBee-protokolü ile üç yükün kontrol edildiği program yazılmış ve alıcı&verici belirlenerek sinyal gönderip alma işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra Arduino ile bağlantısı sağlanmış ve sistemde uzaktan yük kontrolü gerçekleştirilmiştir. Bu yüklerin daha verimli kullanılması yönünde Talep Tarafı Yönetimi ile yükü devreye alma, çıkarma ve dolayısıyla öteleme işlemine göre yazılım ile kontrol gerçekleştirilmiş ve tasarruf sağlandığı ortaya konulmuştur. Tüm sistem kurulduktan sonra Arduino'da yazılım için sistem üç giriş bilgisine göre bir çıkış bilgisi verecek şekilde tasarlanmıştır.

Bu tezde tanıtılan girdi değişkenleri, aşağıda açıklanmıştır:

i. FV elektrik üretim: Sistem 1,25 kWp şebekeye bağlı fotovoltaik sistem üzerinde uygulamaya konulmuştur ve üretilen güç ölçülerek gün boyunca kaydedilmiştir.

ii. Müşteri talep gücü: Herhangi bir gün içinde 24 saat boyunca ölçülen güç değeri elektrik şirketinden elde edilmiştir. Bir değişken olarak müşteri talebi gücünün seçilmesinin nedeni şebekedeki pik yükü azaltmaktır.

iii. Elektrik fiyatı: Türkiye'de 2016 yılındaki Perakende Elektrik Tarifeleri Tablosu kullanılmıştır. Üç mesken tarifesi gündüz, gece ve puant tarife olarak ele alınmıştır.



Şekil 4.3. Gerçekleştirilen projenin tamamının görünümü

Mikro şebeke eğer ana şebekeye bağlanacaksa ve üretim miktarı küçükse şebekeden enerjiyi aldığı fiyatla, şebekeye vermiş olduğu enerjinin fiyatı arasında fark bulunmaktadır. Eğer mikroşebekenin kendi ürettiğini kendi tüketme oranı yüksek tutulursa daha az maliyetle işletilmiş olacaktır. Bunun için de şebekedeki belirsizliklerin azaltılması ve enerji yönetiminin yapılması gerekmektedir. Türkiye'de elektrik enerjisi fiyatları her 3 ayda bir Enerji Piyasası Denetleme Kurulu (EPDK) tarafından belirlenip, web sitesinde yayınlanmaktadır. 2016 yılının ikinci çeyreğinde belirlenen fiyatlar Şekil 4.4'te gösterilmiştir.

	01.01.2016	Tüketici Tarifeleri (kr/kWh)					Güç Bedeli HariçToplam Tarifeler (kr/kWh)			
İletim Sistemi Kullanıcıları	Görevli Tedarik Şirketinden Enerji Alan İletim Sistemi Kullanıcısı Tüketiciler	Perakende Tek Zamanlı Enerji Bedeli	Perakende Gündüz Enerji Bedeli	Perakende Puant Enerji Bedeli	Perakende Gece Enerji Bedeli	Dağıtım Bedeli	Tek Zamanlı	Gündüz	Puant	Gece
	Tüketici	20,522	20,389	36,302	8,910	0,000	20,5219	20,3887	36,3022	8,9104
Dağıtım Sistemi Kullanıcıları	Dağıtım Sistemi Kullanıcıları	Perakende Tek Zamanlı Enerji Bedeli	Perakende Gündüz Enerji Bedeli	Perakende Puant Enerji Bedeli	Perakende Gece Enerji Bedeli	Dağıtım Bedeli	Tek Zamanlı	Gündüz	Puant	Gece
		Orta Gerilim					Orta Gerilim			
	Çift Terimli						Çift Terimli			
	Sanayi	20,522	20,389	36,302	8,910	4,964	25,4855	25,3523	41,2658	13,8740
	Ticarethane	21,343	21,204	37,754	9,267	8,386	29,7285	29,5899	46,1400	17,6526
	Mesken	21,343	21,204	37,754	9,267	8,183	29,5261	29,3875	45,9376	17,4502
	Tarımsal Sulama	19,496	19,369	34,487	8,465	6,878	26,3739	26,2473	41,3651	15,3429
	Aydınlatma	19,496				8,054	27,5499			
	Tek Terimli						Tek Terimli			
	Sanayi	20,522	20,389	36,302	8,910	5,496	26,0174	25,8842	41,7977	14,4059
	Ticarethane	21,343	21,204	37,754	9,267	10,316	31,6586	31,5200	48,0701	19,5827
	Mesken	21,343	21,204	37,754	9,267	10,067	31,4096	31,2710	47,8211	19,3337
	Tarımsal Sulama	19,496	19,369	34,487	8,465	8,461	27,9569	27,8303	42,9481	16,9259
	Aydınlatma	19,496				9,908	29,4036			
		Alçak Gerilim					Alçak Gerilim			
	Tek Terimli						Tek Terimli			
	Sanayi	20,522	20,389	36,302	8,910	8,548	29,0698	28,9366	44,8501	17,4583
	Ticarethane	21,343	21,204	37,754	9,267	12,134	33,4763	33,3377	49,8878	21,4004
	Mesken	21,343	21,204	37,754	9,267	11,841	33,1835	33,0449	49,5950	21,1076
	Şehit Aileleri ve Muharip Malul Gaziler	7,518				8,749	16,2674			
	Tarımsal Sulama	19,496	19,369	34,487	8,465	9,952	29,4478	29,3212	44,4390	18,4168
	Aydınlatma	19,496				11,654	31,1494			
	Genel Aydınlatma	18,172				11,654	29,8257			

Şekil 4.4. 2016 Türkiye tarifelerine göre elektrik enerjisi fiyatları

Tarifeler:

Gündüz: 06.00-17.00 arasındaki 11 saatlik süreyi kapsar. Birim fiyat tek zamanlı tarifeye çok yakındır. Tarifedeki en uzun zaman dilimidir.

Puant: 17.00-22.00 arasında 5 saatlik süreyi kapsar. Birim fiyat gündüze göre %50 daha pahalıdır. Tarifenin en kısa zaman dilimidir.

Gece: 22-00-06.00 arasında 8 saatlik süreyi kapsar. Birim fiyat gündüze göre %62 daha ucuzdur. En ucuz fiyatlı zaman dilimidir.

i. Giriş değişkeni: FV elektrik üretimi

Birbirine seri bağlı 5 adet 250 Wp'lık panelden oluşan çatı tipi güneş enerjisi sistemi kurulumu Şekil 4.5'te verilmiştir. Sistem şebeke bağlantılı olarak çalıştırılmıştır. Buradaki üretim değerleri şebeke bağlantılı çalışan inverterdeki veri depolama ünitesinden alınmıştır.

Bu değerler 18.04.2016 tarihinde inverterden alınmış üretim değerleridir. Veriler, her 15 dakikada bir alınan anlık değerlerdir. Bu değerler EK-3 te gösterilmiştir.

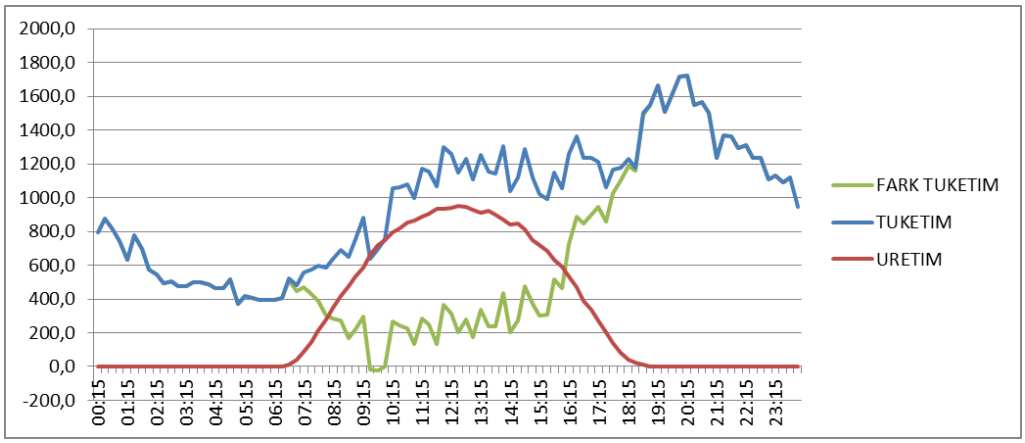


Şekil 4.5. Sistem için kullanılan güneş panelleri

ii. Giriş değişkeni: Tüketici talep gücü

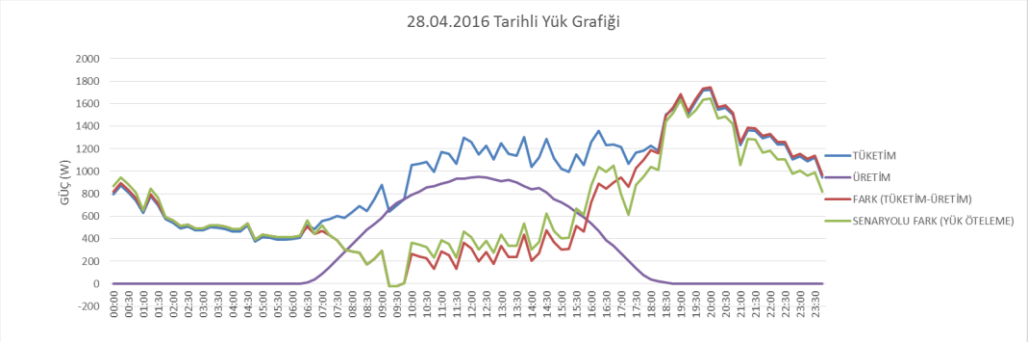
Tüketici talep gücü tüketimin ölçümü sonucu elde edilen değerlerden oluşmaktadır ve EK-4'te sunulmuştur.

Sistemde öncelikle öteleme olmadan önce FV sistemden dolayı Şekil 4.6'da görüldüğü gibi tepe güçte azalma gözlenmiştir. Tezde kullanılan yükler öteleme yapılarak tasarlanan sistemde Şekil 4.7(a)'daki fark senaryolu eğri, fark tüketimin daha da aşağıya çekilmesini sağlamıştır. Tezde kullanılan yükler düşük güçlü olduğundan bu kısımda maliyet ve tepe gücünde ortalama %6 azalma görülmüştür (Çizelge 4.1). Daha büyük güçlü yüklerde bu ortalamanın daha fazla olması ve yük kaydırma ile büyük güçle çalışan firmalarda gözle görülebilir bir tüketim azalması ve maliyet düşüşü öngörülmektedir.

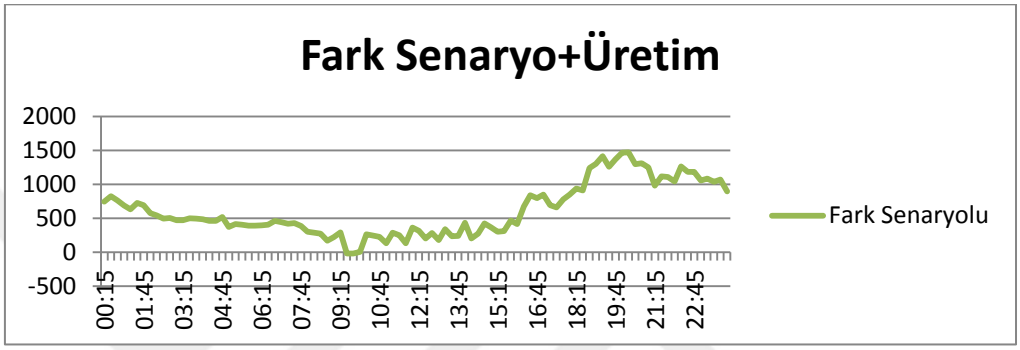


Şekil 4.6. Yük öteleme olmadan önceki durum

Öteleme olmadan önce sistem tasarımında elde edilen fark tüketimi gösteren yeşil renkle çizilen eğri 800W'dan başlayıp 1700W değerine çıkarken, öteleme olduktan sonra Şekil4.7(b)'de görüldüğü gibi yeşil renkli eğri 700 W'dan başlayıp 1500 W değerine düşürüldüğü görülmektedir. Böylelikle tepe gücünün azaltıldığı görülmüştür.



(a)



(b)

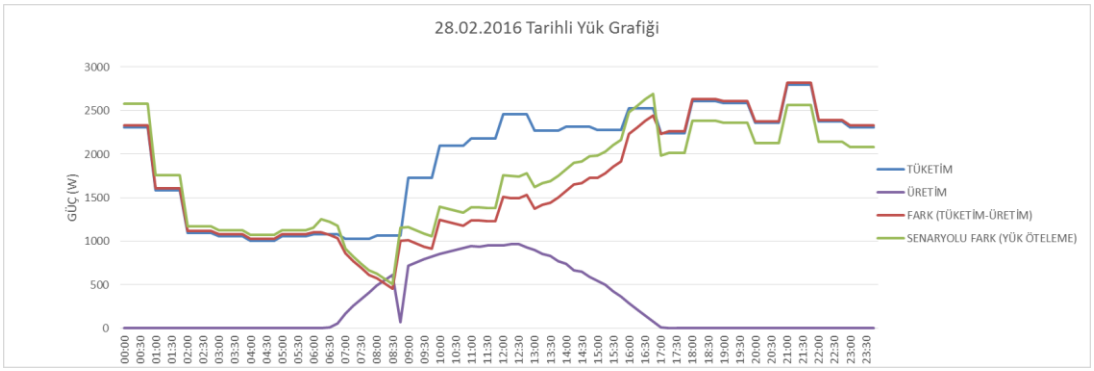
Şekil 4.7. (a) Yük öteleme olduktan sonraki durum (b) tek başına öteleme eğrisi

Çizelge 4.1. Çalışma sonucunda elde edilen tüketimde ve maliyette azalma

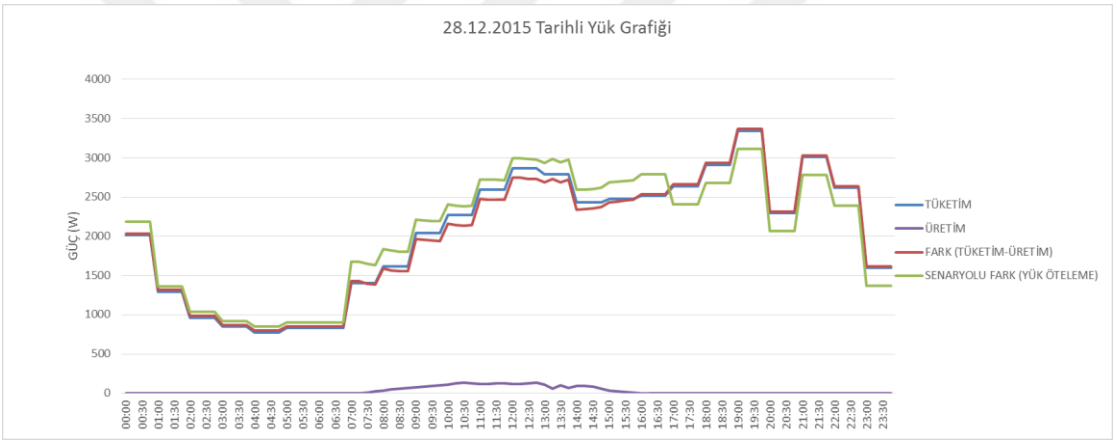
TARİH/SAAT	TUKETIM (W)	Fark*birim fiyat (kW/tl)	URETIM (W)	Fark (W)	Fark*birim fiyat(üretim+yük öteleme) (kW/tl)	06-17 Gündüz	17-22 Puant	22-06 Gece	
						senaryoların sonucunda ki yük (W)	senaryoların sonucunda ki yük*birim fiyat (kW/tl)		Yüzdelik
00:15	796,6	0,170	0	796,6	0,170	746,6	0,160		6%
00:30	873,3	0,187	0	873,3	0,187	823,3	0,176		6%
00:45	813,3	0,174	0	813,3	0,174	763,3	0,163		6%
01:00	740,0	0,158	0	740,0	0,158	690	0,148		7%

Sistem aynı şekilde üretim ve tüketim değerlerinin değiştiği diğer aylara göre uygulandığında ise Şekil 4.8'deki gibi kırmızı eğriler öteleme olmadan önce FV kullanarak başlangıçta fark tüketimi azaltılan eğrilerdir. Yeşil eğriler sistemde öteleme olduktan sonra yani yük kaydırma ile tepe yükün azaltıldığı, tepe güç değerinin azaltıldığı eğrilerdir. Şekil 4.8'deki farklı aylardaki üretim ve tüketim değerleri kullanılarak sistemde yaklaşık %15'lik maliyet ve tepe güçte azalma gözlenmiştir. Bu eğrinin daha aşağılara çekilmesi ve maliyetin ve tepe gücün daha fazla azaltılması için daha büyük

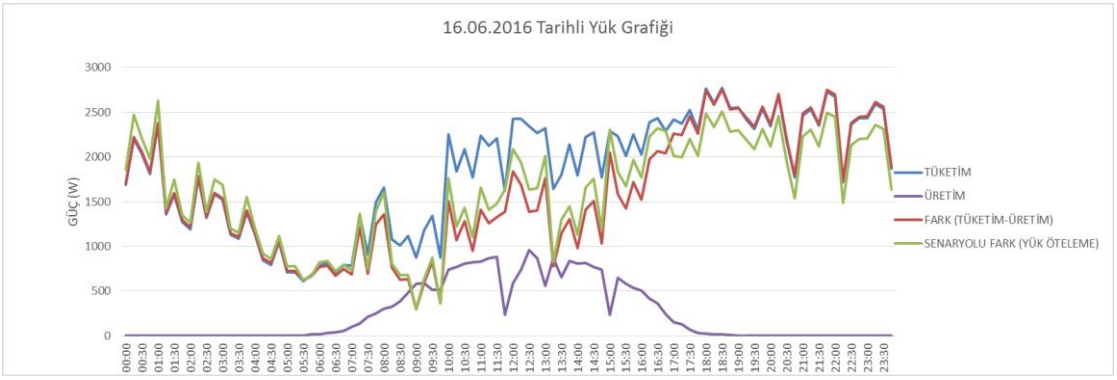
güçlü yükler kullanılarak farklı sonuçlar elde edilebilir. Sonuçta bu sistem büyük güçlü fabrikalar için maliyet, pik yük, tepe güç azaltılması gibi konularda çok önemli bir aşamaya gelebilir.



(a)



(b)



(c)

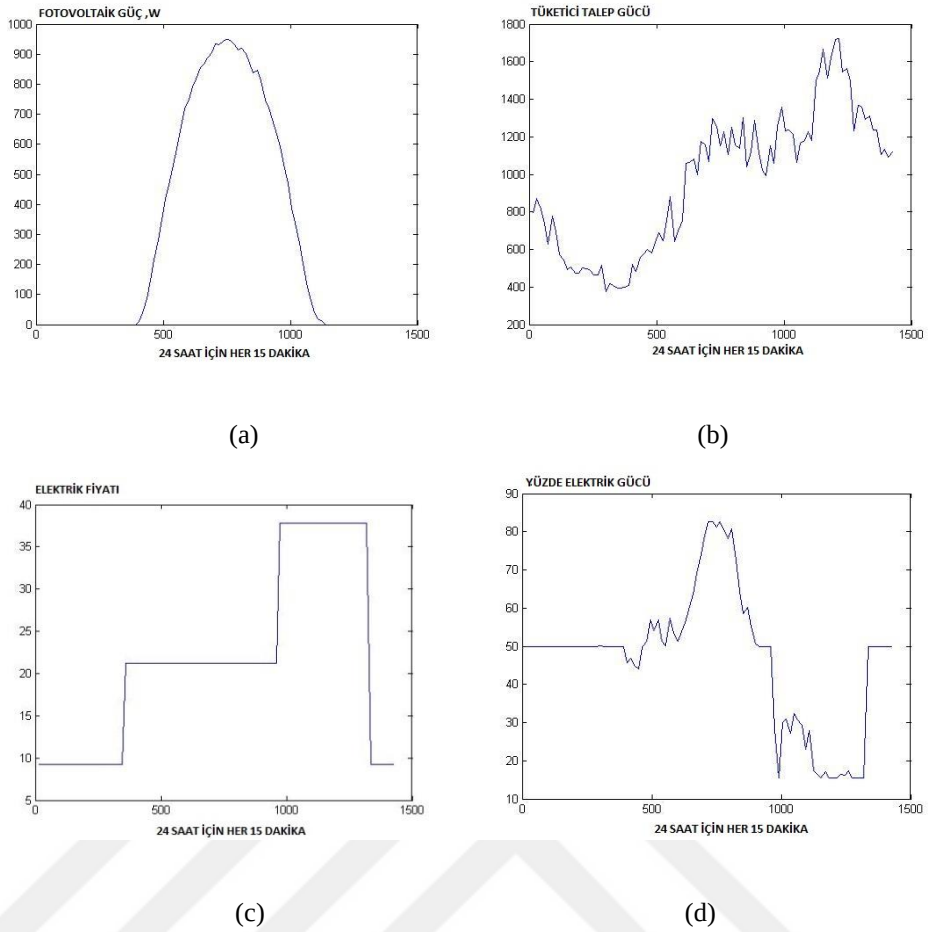
Şekil 4.8. Farklı aylarda öteleme olmadan ve öteleme olduktan sonra sistemde pik yük azalması, tepe gücün azalması ve maliyetteki azalmayı gösteren eğriler

Bu tez, belirtilen üç giriş değişkeninin 15 dk'lık periyotlarla dışarıdan alınması ve Arduino'da saklanması üzerine kurgulanmıştır. Ancak, akıllı şebeke altyapısının henüz ülkemizde uygulama bulmamış olmasından dolayı, tüketici talep gücü verileri için gerçek zamanlı veriler yerine daha önceden elde edilmiş olan değerler kullanılmış, FV sistemden elde edilen güç değerleri de aynı gün için elde edilen veriler olduğundan önerilen algoritmanın doğruluğu bu şekilde test edilmiştir. Bu değerler her 15 dakikada bir algoritma tarafından sorgulanmış ve buna göre gerekli aksiyonlar alınmıştır. Ancak algoritmanın işleyişine göre her 15 dakikalık sürede çıkışta değişikliğe gidilmesi şart değildir. Örneğin, yük olarak bir çamaşır makinası düşünüldüğünde en az 2 saatte bir aksiyon alınması mümkündür. Yani yükün cinsine veya çalışma biçimine göre de algoritmada gerekli düzenlemelerin yapılması ve kullanıcının konforunun da düşünülmesi gerekmektedir. Esnek yüklerin de çalışma gecikmesinin bir sınırı olmalı, kullanıcı konforundan fazla ödün verilmemesi böylece sağlanmalıdır.

Bu tez çalışmasında, evde elektrikli cihazların çalışması için bulanık mantık yöntemi, herhangi bir zamanda tüketici talebine bağlı olarak cihazlar tarafından tüketilmek üzere yüzde toplam gücün belirlenmesi için kullanılmıştır. Bu her tüketicinin seçilen esnek yüklerin çalışmasını geciktirerek kendi stratejisini uygulayıp mevcut yük talebini azaltması için yapılır.

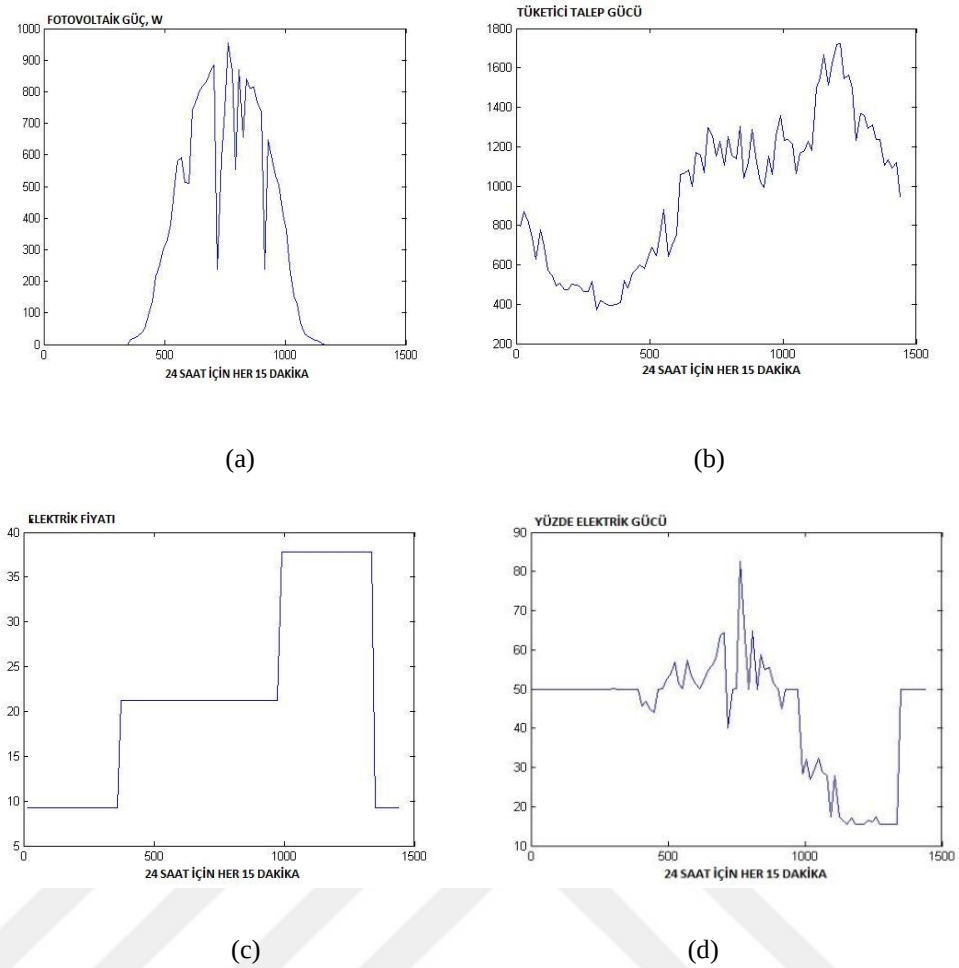
Aynı sistem, aynı giriş değerleri 15 dakika arayla bulanık mantık denetleyiciye uygulandığında elde edilen sonuçlar çalışmanın etkinliğini kanıtlamaktadır. Sonuçlara bakıldığında pik yükünün azaldığı ve tasarruf sağlandığı görülmektedir.

Şekil 4.9'daki güneşli bir gün için sonuçlar çıkış değeri ile giriş değerleri arasında mantıklı bir bağlantı olduğunu göstermiştir. Örneğin, sonuçlar incelendiğinde sabah erken saatlerde elde edilen yüzde güç çıkışının yaklaşık %25 olduğu görülmüştür. FV güç üretimi bu sürede düşük olduğu için sonucun mantıklı olduğu görülebilir. Puant saatlere doğru elektrik fiyatı yüksek olduğu için sonuç en düşük değerini alarak yüklerin ötelenmesi şeklinde algoritmada karar alınmaktadır. Çünkü FV gücü de düşük ve müşteri talep gücü yüksektir. Bu sebeple, pik yüklerin azaltılması, FV gücün daha etkili şekilde kullanılması ve tüketicinin elektrik faturasında tasarruf sağlanması gibi sonuçlara ulaşıldığı görülmüştür.



Şekil 4.9. Güneşli bir gün için (a) FV güç profilleri, (b) müşteri talep gücü, (c) elektrik fiyatı, (d) 24 saat boyunca elde edilen elektrikli ev aletleri yüzde gücü

Şekil 4.10'da ise bulutlu bir gün için giriş değerlerine göre elde edilen çıkış değerlerinin mantıklı sonuçlar verdiği görülmüştür. Güneşin en yüksek olduğu saatlerde yüzde elektrik gücü en fazla yüzdeye sahipken, puant tarifenin olduğu zamanlarda yüzde gücü %10'a yaklaşan değerler almaktadır. Güneşin en yüksek olduğu saatlerde güneşli bir güne göre bulutlu günlerde çıkıştaki yüzde elektrik gücünün daha az olduğu görülmektedir.



Şekil 4.10. Bulutlu bir gün için (a) FV güç profilleri, (b) müşteri talep gücü, (c) elektrik fiyatı, (d) 24 saat boyunca elde edilen elektrikli ev aletleri yüzde gücü

5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Arduino ile yönetim sağlanarak ZigBee kablosuz algılayıcı ağı ile 2 km uzaklıktan yük kontrolü gerçekleştirilmiştir. Üç giriş değişkenine göre, çatıya monte edilen güneş panellerinden Konya ilinde alınan güç değerleri, gene Konya ilinde belirlenmiş olan bir transformatörden alınan tüketim değerleri ve 2016 EPDK'dan alınan elektrik fiyat girişi kullanılarak, çıkış değeri elde edilmiştir. Belirlenen eşik değerlere göre gerçekleştirilen algoritma sonucunda program, yük öteleme ve devreye alma işlemlerine karar vermiştir. Sistemde kullanılan tüm sonuçlar LCD ekran üzerinde yazdırılarak izleme işlemi gerçekleştirilmektedir. Ayrıca kullanılan inverter vasıtasıyla güneş panellerinden elde edilen güç değeri anlık olarak internet üzerinden izlenebilmekte ve hafıza kartına kayıt gerçekleştirilmektedir.

Sistem tasarımı gerçekleştirilip gerekli testler yapıldığında, sistemde yük ötelemesine bağlı olarak Çizelge 4.1'de açıklandığı gibi maliyetin ve tüketimin yüzde 6 oranında azaltıldığı gözlenmiştir. Sistemi test etmek için kullanılan yükler (lamba gibi) düşük güçlü olduğundan bu kısımda maliyet ve tepe güçte azalma az miktarda olmuştur. Sistemde diğer aylardaki üretim ve tüketim verileri kullanılarak, sonuçta yaklaşık olarak maliyette ve tepe güçte %15'lik bir azalma gözlenmiştir. Eğer sistemde büyük güçlü yükler (soğutucu, klima vs.) kullanılırsa, bu ortalamanın yüzde olarak daha fazla olması ve yük kaydırma ile büyük güçte yüklere sahip tesislerde gözle görülebilir bir tepe güç azalması ve maliyet düşüşü görülmesi beklenmektedir.

Sonuçta tezde hedeflendiği gibi, tüketicinin aktif rol almasıyla istendiği zaman yükün devreye alınıp devreden çıkarılması ile enerji tasarrufu sağlanmış, pik yük azaltılmış ve verimli, akıllı bir ev enerji yönetim sistemi gerçekleştirilmiştir.

Bulanık mantık denetleyici ile üç girişe göre bir çıkış üreten sistem tasarlanmış, sistem elektrik fiyatına, tüketici talebine ve FV panellerinden üretilen üretime bakarak çıkışta elektriksel uygulamalar için yüzde güç değeri belirlenmiş ve fark tüketiminde azaltma yapılmıştır. Sistemde YEK kullanıldığı için FV üretim yüksek olduğunda bulanık mantık kontrolü sayesinde elektrikli ev aletleri yüzde gücünün çıkışta yüksek olmasını sağlamıştır. Çıkış gücünün yüzde olarak belirlenmesi farklı güçlerdeki uygulamalar için de önerilen yöntemin kolayca kullanılabilmesini mümkün kılmaktadır.

5.2 Öneriler

Bu çalışmada pik yükü azaltmak için bir ev enerji yönetim sistemi tasarlanmış ve yük kaydırma ile maliyette ve tepe güçte belirli bir azalma görülmüştür. Kullanılan bulanık mantık denetleyici ile önerilen algoritma ispatlanmıştır. Hem sistem tasarımı ile sonuçlar elde edilmiş, hem de BMD ile sistem çıkışının benzerlik gösterdiğine ilişkin sonuçlar verilmiştir.

Tez çalışmasında FV gücün yüksek, tüketici talebinin düşük, elektrik fiyatının düşük olduğu zamanlarda çıkışta daha fazla yükün devreye alınması imkânı sağlanmıştır. Tam tersi durumda ise, örneğin FV güç düşükken ve diğer girdiler yüksek iken daha az yükün devreye alınması imkânının sağlandığı görülmüştür.

Gerçekleştirilen sistem, akıllı dağıtım sistemlerinin yaygınlaşması ve tüketici talep gücünün ve elektrik fiyatlamasının gerçek zamanlı olarak tüketicinin erişimine sunulmasıyla birlikte, tam anlamıyla uygulanabilir olacak ve büyük çaplı enerji tasarrufu ve tepe gücü azaltma özelliklerinin elde edilmesi sağlanabilecektir.

Buna ek olarak sistem yapay sinir ağları (YSA) kullanılarak da farklı bir çalışma imkânı sunabilir ve gelecekte sisteme çeşitli depolama yöntemleri ve elektrikli araçların da dâhil edilmesiyle daha kapsamlı bir projenin ortaya çıkarılması mümkün olabilir.

6.KAYNAKLAR

Academy, S. (2010, 10.02.2016). http://www.solar-academy.com/menuis/fotovoltaik-teknolojisi-T%C3%BCrkiye-d%C3%BCnya025044.pdf.

Ajgaonkar, P., Wang, L., & Alam, M. (2010). Simulation studies on ZigBee communications for home automation and networking. Paper presented at the AUTOTESTCON (Proceedings).

Akdemir, M. (2001). Indirect Adaptive Fuzzy Control For A Tank Using Gradient And RLS Methods. (Lisans Tezi), *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi*.

Alagoz, B. B., Kaygusuz, A., & Karabiber, A. (2012). A user-mode distributed energy management architecture for smart grid applications. *Energy, 44*(1), 167-177. doi: 10.1016/j.energy.2012.06.051.

Alkar, A. Z., Selçuk-Geçim, H., & Güney, M. (2010). Web based ZigBee enabled home automation system, Paper presented at the Proceedings - *13th International Conference on Network-Based Information Systems*, NBiS 2010.

Amin, S. M., & Wollenberg, B. F. (2008). Toward a smart grid. *Ieee Power & Energy Magazine*, 114-122.

Arslan, O., Yalçın, E.,M.,. (2009). ZIGBEE ile Bina İçi Güvenlik Otomasyon Sistemi,Bitirme ödevi.

Batista, N. C., Melicio, R., Matias, J. C. O., & Catalao, J. P. S. (2013). Photovoltaic and wind energy systems monitoring and building/home energy management using ZigBee devices within a smart grid. *Energy, 49*, 306-315. doi: 10.1016/j.energy.2012.11.002

Batista, N. C., Melicio, R., & Mendes, V. M. F. (2014). Layered Smart Grid architecture approach and field tests by ZigBee technology. *Energy Conversion and Management, 88*, 49-59. doi: 10.1016/j.enconman.2014.08.020

Baysal, M., Karakaş, A.,Uzunoğlu, M., . (2013). Akıllı Şebekelere Yönelik Akıllı Ev Modeli: YTÜ Davutpaşa Yerleşkesi Uygulaması.

Bedeloğlu, A., Demir, A. & Bozkurt, Y., . (2010). Fotovoltaik Teknolojisi: Türkiye ve Dünyadaki Durumu, Genel Uygulama Alanları ve Fotovoltaik Tekstiller. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*,. 43-58.

Besvolt.wordpress. (2015). Real-Time Clock RTC (Gerçek Zamanlı Saat) DS1307 DS3231, https://besvolt.wordpress.com/2015/09/13/real-time-clock-rtc-gercek-zamanli-saat-ds1307-ds3231-nedir-nasil-kullanilir-nerelerde-kullanilir/.

Byun, J., Park, S., Kang, B., Hong, I., & Park, S. (2013). Design and Implementation of an Intelligent Energy Saving System based on Standby Power Reduction for a Future Zero-Energy Home Environment. *Ieee Transactions on Consumer Electronics, 59*(3), 507-514.

Çiftçi, H., Lisans Tezi, . (2002). Fuzzy Logic Approximation For Some Mathematical Function. Eskişehir osmangazi üniversitesi.

Datasheet. (2015). datasheet of real time clock

Datasheet. (2016). CC2530 ZigBee Development Kit User's Guide. Texas instrument http://www.ti.com/tool/cc2530zdk.

De Ridder, F., D'Hulst, R., Knapen, L., & Janssens, D. (2013). Applying an Activity Based Model to Explore the Potential of Electrical Vehicles in the Smart Grid. *4th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies (Ant 2013), the 3rd International Conference on Sustainable Energy Information Technology (Seit-2013), 19*, 847-853. doi: 10.1016/j.procs.2013.06.113

Demircan, N., & Alakavuk, Z. (2008). Fotovoltaik prensibiyle güneş enerjisinden elektrik üretimi. *VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul, 415*.

Depuru, S. S. S. R., Wang, L. F., & Devabhaktuni, V. (2011). Smart meters for power grid: Challenges, issues, advantages and status. *Renewable & Sustainable Energy Reviews, 15*(6), 2736-2742. doi: 10.1016/j.rser.2011.02.039

Ekanayake, J., Liyanage, K., Wu, J., Yokoyama, A., Jenkins, N.,. (2012). *Smart Grid,Technology and Applications* (pp. 293).

Elektrikport. (2016). http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/fotovoltaik-sistemlerde-kullanilan-invertorler-(eviriciler)/11457#ad-image-0.

Elma, O., Selamoğulları, U.,S., Uzunoğlu M.,. (2014). Türkiye'de Akıllı Şebekeler Alt Yapısına Uygun Akıllı Ev Laboratuvarı.

Entes. (2016). Şebeke analizörleri http://www.entes.com.tr/sebeke_analizorleri2_ud.asp?livecatID=2&livecataltID=17&urunID=7.

Erol-Kantarci, M., & Mouftah, H. T. (2010a). The impact of smart grid residential energy management schemes on the carbon footprint of the household electricity consumption. Paper presented at the EPEC 2010 - *IEEE Electrical Power and Energy Conference*: "Sustainable Energy for an Intelligent Grid".

Erol-Kantarci, M., & Mouftah, H. T. (2010b). TOU-Aware Energy Management and Wireless Sensor Networks for Reducing Peak Load in Smart Grids. *2010 Ieee 72nd Vehicular Technology Conference Fall*.

Fanchi & John R. (Ed.). (2005). *Energy in the 21st century. USA: Ebsco.* (3 ed.): World Scientific.

Feng, G. (2006). A survey on analysis and design of model-based fuzzy control systems. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 14*(5), 676-697. doi: 10.1109/TFUZZ.2006.883415

Fronius. (2016). Fronius galvo, http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-016D06FA-714603AB/fronius_usa/hs.xsl/2714_10782.htm#.VrxGXvmLTDc [27.06.2016].

Gill, S. P. S., Suryadevara, N. K., & Mukhopadhyay, S. C. (2012). Smart Power Monitoring System Using Wireless Sensor Networks. *2012 Sixth International Conference on Sensing Technology (Icst)*, 444-449.

Giordano, V., & Fulli, G. (2012). A business case for Smart Grid technologies: A systemic perspective. *Energy Policy, 40*, 252-259. doi: 10.1016/j.enpol.2011.09.066

Graf, R. F. (Ed.) (1999) (7. ed.). Butterworth-Heinemann, A.B.D.
Gupta and Sinha (Ed.). (1996). “Intelligent Control Systems": IEEE.

Huang, L. C., Chang, H. C., Chen, C. C., & Kuo, C. C. (2011). A ZigBee-based monitoring and protection system for building electrical safety. *Energy and Buildings, 43*(6), 1418-1426. doi: 10.1016/j.enbuild.2011.02.001

İnönü. (2015). Akıllı Şebekeler. https://www.inonu.edu.tr/tr/cms/eemuh/icerik/3642.

Jang, J. S. R., Sun, C.T. and Mizutani, E., . (1996). “Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Itelligence": Prentice Hall.

Jarventausta, P., Repo, S., Rautiainen, A., & Partanen, J. (2010). Smart grid power system control in distributed generation environment. *Annual Reviews in Control, 34*(2), 277-286. doi: 10.1016/j.arcontrol.2010.08.005

Kalogirou, S. (2009). Solar Energy Engineering: Processes and Systems, *ISBN-13: 978-0-12-374501-9, Academic Pres.* (pp. 469-519).

Keskin, A., O., Özgün, H., Verdioğlu, S., . (2011). Fotovoltaik hakkında temel bilgiler semineri İzmir,.

Kıyak, E., Kahvecioğlu, A., . (2003). “Bulanık Mantık ve Uçuş Kontrol Problemine Uygulanması”. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, 1*, 63-72.

Kumar, R., Alzwar, S., and Palraj , P., . (2014). A Novel Energy Management of Smart Home with Multi Knapsack Load Monitoring Analysis. *Internatıonal Journal of Innovatıve Research & Development,, 3*(5).

Lansyenerji. (2015). Şebeke bağlantılı fotovoltaik sistemler, http://www.lansyenerji.com.tr/teknoloji/gunes-enerji-santrali-ges.html [27.06.2016].

Lee, C. C. (1990). Fuzzy Logic in Control Systems: Fuzzy Logic Controller—Part I. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 20*(2), 404-418. doi: 10.1109/21.52551

Lopes, A. J., Lezama, R., & Pineda, R. (2011). Model Based Systems Engineering for Smart Grids as Systems of Systems. *Complex Adaptive Systems, 6*. doi: 10.1016/j.procs.2011.08.083

Ma, S. G. (2011). Construction of wireless fire alarm system based on ZigBee technology. Paper presented at the Procedia Engineering.

Macedo, M. N. Q., Galo, J. J. M., de Almeida, L. A. L., & Lima, A. C. D. (2015). Demand side management using artificial neural networks in a smart grid environment. *Renewable & Sustainable Energy Reviews, 41*, 128-133. doi: 10.1016/j.rser.2014.08.035

Mahmood, A., Khan, I., Razzaq, S., Najam, Z., Khan, N. A., Rehman, M. A., & Javaid, N. (2014). Home Appliances Coordination Scheme for Energy Management (HACS4EM) using Wireless Sensor Networks in Smart Grids. *5th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies (Ant-2014), the 4th International Conference on Sustainable Energy Information Technology (Seit-2014), 32*, 469-476. doi: 10.1016/j.procs.2014.05.449

Megep. (2007). MEGEP (meslekî eğitim ve öğretim sisteminin güçlendirilmesi projesi) elektrik teknolojisi kontaktör, röle, koruma elemanları ve montajı.

Messenger, R. A., (2003). Photovoltaic systems engineering, Taylor & Francis, Florida (pp. 46-48).

Mohanapriya, S., Banthika, A.,, & (2014). Energy Controlling System Using Wireless Sensor Network. *International Journal of Advance Research in Computer Science and Management Studies, 2*(4).

Momoh, J., A,. (2012). Smart Grid:Fundamentals of Design and Analysis (M. E. El-Howary Ed.). Canada: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

Moon, S., Kim, S. J., Seo, J. W., Park, J. H., Park, C., & Chung, C. S. (2014). Maximum power point tracking without current sensor for photovoltaic module integrated converter using Zigbee wireless network. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 56*, 286-297. doi: 10.1016/j.ijepes.2013.11.020

Pipattanasomporn, M., Kuzlu, M., & Rahman, S. (2012). An Algorithm for Intelligent Home Energy Management and Demand Response Analysis. *Ieee Transactions on Smart Grid, 3*(4), 2166-2173. doi: 10.1109/Tsg.2012.2201182

Qudaih, Y. S., & Mitani, Y. (2011). Power Distribution System planning for Smart Grid Applications Using ANN. *Proceedings of International Conference on Smart Grid and Clean Energy Technologies (Icsgce 2011), 12*. doi: 10.1016/j.egypro.2011.10.003

Reznik, L. (1997). Evolution of fuzzy controller design. Paper presented at the IEEE International Conference on Fuzzy Systems.

Robotiksistem. (2016). Arduino Mega, http://www.robotiksistem.com/arduino_nedir_arduino_ozellikleri.html.

Sainsmart. (2015). Arduino Mega. http://www.sainsmart.com/sainsmart-mega2560-development-board-for-arduino.html.

Samad, T., & Kiliccote, S. (2012). Smart grid technologies and applications for the industrial sector. *Computers & Chemical Engineering, 47*, 76-84. doi: 10.1016/j.compchemeng.2012.07.006

Shao, S. N., Pipattanasomporn, M., & Rahman, S. (2011). An Approach for Demand Response to Alleviate Power System Stress Conditions. *2011 Ieee Power and Energy Society General Meeting*.

Solarpower. (2010). http://www.solarpowerworldonline.com/2010/05/solar-alternatives-for-energy-generation-2/.

Sultan, S., Rana, U.,Ahmed, I., Rabbani, S., (2013). A New Technology of Online-Condition Monitoring of Energy Conservation Generation. *Smart Grid and Renewable Energy, 4*, 18-22.

Şen, Z. (2001). Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri, : Bilge Sanat Yapım Yayınevi.

Şenol, F. (2000). Bulanık Mantık Kontrolcüsü, Lisans Tezi, . Gazi Üniversitesi

Taner, Y. (2011). Devlet Planlama Teşkilatı, 2011-2015 Stratejik Plan Raporu.

Taşkın, H., Gümüştaş, R., . (1996). Trafik Akış sistemlerinde Bulanık Denetim ve Bir Uygulama.

Tejani, D., Al-Kuwari, A. M. A. H., & Potdar, V. (2011). Energy conservation in a smart home. Paper presented at the IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies.

Turan, O. (2015). Fotovoltaik Teknoloji Makine ve İmalat Mühendisliği Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bölüm 7: Fotovoltaik Sistem Tasarımı.

Uğuz, S., Kılıç, B., Şişeci, M., . (2013). Akıllı Ev Otomasyonu Sistemlerinde Zigbee Tabanlı Ağ Uygulamaları, III.Elektrik Tesisat Ulusal Kongresi kapsamında 6. Kontrol Otomasyon ve Yapı Elektronik Sistemleri Sempozyumu.

Wade, N. S., Taylor, P. C., Lang, P. D., & Jones, P. R. (2010). Evaluating the benefits of an electrical energy storage system in a future smart grid. *Energy Policy, 38*(11), 7180-7188. doi: 10.1016/j.enpol.2010.07.045

Wang, J., Sun, Z., Zhou, Y., & Dai, J. (2012). Optimal dispatching model of smart home energy management system, Paper presented at the 2012 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia, ISGT Asia 2012.

Yerebakan, M. (2010). Güneş kolektörü uygulamaları, İstanbul: İstanbul Ticaret Odası Yayınları.

Zadeh, L. A. (1988). "Fuzzy Logic" (Vol. 21): IEEE Computer Society.

Zhang, T. F., Li, Q. X., & Ma, F. M. (2013). Remote Control System of Smart Appliances Based on Wireless Sensor Network. *2013 25th Chinese Control and Decision Conference (Ccdc)*, 3704-3709.

Zhou, S. Y., Wu, Z., Li, J. N., & Zhang, X. P. (2014). Real-time Energy Control Approach for Smart Home Energy Management System. *Electric Power Components and Systems, 42*(3-4), 315-326. doi: 10.1080/15325008.2013.862322

Zou, Z. Y., Li, K. J., Li, R. Z., & Wu, S. F. (2011). Smart Home System Based on IPV6 and ZIGBEE Technology. *Ceis 2011, 15*. doi: 10.1016/j.proeng.2011.08.284

7.EKLER

EK-1 Tez İçin Yazılmış Arduino Programı

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#include <DS1302RTC.h>
#include <Time.h>
// initialize the library with the numbers of the interface pins
//           lcd(RS-4,E-6, d4-11,d5-12,d6-13,d7-14, bl, polarity)
LiquidCrystal lcd( 12, 11, 6, 5, 4, 3);
// Init the DS1302
// Set pins:  CE, IO,CLK
DS1302RTC RTC(27, 29, 31);
// Optional connection for RTC module.
// biz bunun yerine direk 5 V ve 0 V veriyoruz. #define DS1302_GND_PIN 33
// biz bunun yerine direk 5 V ve 0 V veriyoruz. #define DS1302_VCC_PIN 35
float uretimdegeri[100];
float tuketimdegeri[100];
float urtm;
float tktm;
int senaryo=0;
int bak;
int dk;
int sa;
int dakika;
int saat;
char tarife[8];
int yuk1 = 41;
int yuk2 = 42;
int yuk3 = 43;
int yuk4 = 44;
int RTC5V = 35;
int RTCGND = 33;
int userizin1=50;
int izin1=0;
int izin2=0;
int userizin2=51;
float tarifebrm;
float esikdeger;
float hesap;
int puant;
/******************DEĞİŞKEN TANIMLAMALARI VE KÜTÜPHANELERİN EKLENMESİ BİTTİ.*********************/
void setup() {
pinMode(userizin1, INPUT);
pinMode(userizin2, INPUT);
pinMode(yuk1, OUTPUT);
```

```
pinMode(yuk2, OUTPUT);
pinMode(yuk3, OUTPUT);
pinMode(yuk4, OUTPUT);
pinMode(RTCGND, OUTPUT);
digitalWrite(RTC5V, HIGH);
digitalWrite(RTCGND, LOW);
lcd.begin(16, 2);
setSyncProvider(RTC.get);
//rtc den zaman bilgisini senkronluyoruz.
tuketimdegeri[0] = 796.6;
tuketimdegeri[1] = 873.3;
tuketimdegeri[2] = 813.3;
tuketimdegeri[3] = 740;
tuketimdegeri[4] = 630;
tuketimdegeri[5] = 776.6;
tuketimdegeri[6] = 693.3;
tuketimdegeri[7] = 573.3;
tuketimdegeri[8] = 543.3;
tuketimdegeri[9] = 493.3;
tuketimdegeri[10] = 506.6;
tuketimdegeri[11] = 473.3;
tuketimdegeri[12] = 473.3;
tuketimdegeri[13] = 500;
tuketimdegeri[14] = 496.6;
tuketimdegeri[15] = 486.6;
tuketimdegeri[16] = 463.3;
tuketimdegeri[17] = 463.3;
tuketimdegeri[18] = 516.6;
tuketimdegeri[19] = 373.3;
tuketimdegeri[20] = 416.6;
tuketimdegeri[21] = 406.6;
tuketimdegeri[22] = 393.3;
tuketimdegeri[23] = 393.3;
tuketimdegeri[24] = 396.6;
tuketimdegeri[25] = 406.6;
tuketimdegeri[26] = 520;
tuketimdegeri[27] = 483.3;
tuketimdegeri[28] = 556.6;
tuketimdegeri[29] = 576.6;
tuketimdegeri[30] = 600;
tuketimdegeri[31] = 583.3;
tuketimdegeri[32] = 636.6;
tuketimdegeri[33] = 690;
tuketimdegeri[34] = 646.6;
tuketimdegeri[35] = 753.3;
tuketimdegeri[36] = 880;
tuketimdegeri[37] = 640;
tuketimdegeri[38] = 696.6;
tuketimdegeri[39] = 753.3;
tuketimdegeri[40] = 1056.6;
```

```
tuketimdegeri[41] = 1063.3;
tuketimdegeri[42] = 1080;
tuketimdegeri[43] = 996.6;
tuketimdegeri[44] = 1173.3;
tuketimdegeri[45] = 1156.6;
tuketimdegeri[46] = 1066.6;
tuketimdegeri[47] = 1296.6;
tuketimdegeri[48] = 1256.6;
tuketimdegeri[49] = 1150;
tuketimdegeri[50] = 1226.6;
tuketimdegeri[51] = 1106.6;
tuketimdegeri[52] = 1250;
tuketimdegeri[53] = 1156.6;
tuketimdegeri[54] = 1140;
tuketimdegeri[55] = 1303.3;
tuketimdegeri[56] = 1040;
tuketimdegeri[57] = 1120;
tuketimdegeri[58] = 1286.6;
tuketimdegeri[59] = 1116.6;
tuketimdegeri[60] = 1023.3;
tuketimdegeri[61] = 993.3;
tuketimdegeri[62] = 1150;
tuketimdegeri[63] = 1056.6;
tuketimdegeri[64] = 1256.6;
tuketimdegeri[65] = 1360;
tuketimdegeri[66] = 1233.3;
tuketimdegeri[67] = 1236.6;
tuketimdegeri[68] = 1213.3;
tuketimdegeri[69] = 1063.3;
tuketimdegeri[70] = 1166.6;
tuketimdegeri[71] = 1180;
tuketimdegeri[72] = 1226.6;
tuketimdegeri[73] = 1180;
tuketimdegeri[74] = 1500;
tuketimdegeri[75] = 1550;
tuketimdegeri[76] = 1666.6;
tuketimdegeri[77] = 1510;
tuketimdegeri[78] = 1620;
tuketimdegeri[79] = 1716.6;
tuketimdegeri[80] = 1723.3;
tuketimdegeri[81] = 1546.6;
tuketimdegeri[82] = 1563.3;
tuketimdegeri[83] = 1500;
tuketimdegeri[84] = 1233.3;
tuketimdegeri[85] = 1366.6;
tuketimdegeri[86] = 1360;
tuketimdegeri[87] = 1293.3;
tuketimdegeri[88] = 1313.3;
tuketimdegeri[89] = 1236.6;
tuketimdegeri[90] = 1236.6;
```

```
tuketimdegeri[91] = 1106.6;
tuketimdegeri[92] = 1133.3;
tuketimdegeri[93] = 1090;
tuketimdegeri[94] = 1120;
tuketimdegeri[95] = 946.6;
// tuketim degerleri bitti, uretim degerlerini dizimize yazıyoruz.
uretimdegeri[0] = 0.0;
uretimdegeri[1] = 0.0 ;
uretimdegeri[2] = 0.0 ;
uretimdegeri[3] = 0.0 ;
uretimdegeri[4] = 0.0 ;
uretimdegeri[5] = 0.0 ;
uretimdegeri[6] = 0.0;
uretimdegeri[7] = 0.0;
uretimdegeri[8] = 0.0 ;
uretimdegeri[9] = 0.0 ;
uretimdegeri[10] = 0.0 ;
uretimdegeri[11] = 0.0 ;
uretimdegeri[12] = 0.0  ;
uretimdegeri[13] = 0.0 ;
uretimdegeri[14] = 0.0 ;
uretimdegeri[15] = 0.0 ;
uretimdegeri[16] = 0.0 ;
uretimdegeri[17] = 0.0 ;
uretimdegeri[18] = 0.0 ;
uretimdegeri[19] = 0.0 ;
uretimdegeri[20] = 0.0 ;
uretimdegeri[21] = 0.0 ;
uretimdegeri[22] = 0.0 ;
uretimdegeri[23] = 0.0 ;
uretimdegeri[24] = 0.0 ;
uretimdegeri[25] = 0.0 ;
uretimdegeri[26] = 9.3;
uretimdegeri[27] = 39.2;
uretimdegeri[28] = 86.6;
uretimdegeri[29] = 146.7 ;
uretimdegeri[30] = 213.7;
uretimdegeri[31] = 281.1;
uretimdegeri[32] = 349.7;
uretimdegeri[33] = 415.6;
uretimdegeri[34] = 478.1;
uretimdegeri[35] = 531.0;
uretimdegeri[36] = 586.7;
uretimdegeri[37] = 660.0;
uretimdegeri[38] = 717.3;
uretimdegeri[39] = 750.6;
uretimdegeri[40] = 792.1;
uretimdegeri[41] = 818.1;
uretimdegeri[42] = 854.2;
uretimdegeri[43] = 866.2;
```

```
uretimdegeri[44] = 887.1;
uretimdegeri[45] = 904.8;
uretimdegeri[46] = 933.2;
uretimdegeri[47] = 932.1;
uretimdegeri[48] = 942.0;
uretimdegeri[49] = 949.0;
uretimdegeri[50] = 946.2;
uretimdegeri[51] = 930.1;
uretimdegeri[52] = 912.7;
uretimdegeri[53] = 920.2;
uretimdegeri[54] = 901.6;
uretimdegeri[55] = 869.7;
uretimdegeri[56] = 838.5;
uretimdegeri[57] = 847.8;
uretimdegeri[58] = 811.2;
uretimdegeri[59] = 748.4;
uretimdegeri[60] = 721.8;
uretimdegeri[61] = 683.8;
uretimdegeri[62] = 634.1;
uretimdegeri[63] = 592.2;
uretimdegeri[64] = 534.1;
uretimdegeri[65] = 470.2;
uretimdegeri[66] = 387.9;
uretimdegeri[67] = 338.0;
uretimdegeri[68] = 269.7;
uretimdegeri[69] = 202.2;
uretimdegeri[70] = 139.4;
uretimdegeri[71] = 79.6;
uretimdegeri[72] = 38.9;
uretimdegeri[73] = 20.3;
uretimdegeri[74] = 10.0;
uretimdegeri[75] = 0;
uretimdegeri[76] = 0;
uretimdegeri[77] = 0;
uretimdegeri[78] = 0;
uretimdegeri[79] = 0;
uretimdegeri[80] = 0;
uretimdegeri[81] = 0;
uretimdegeri[82] = 0;
uretimdegeri[83] = 0;
uretimdegeri[84] = 0;
uretimdegeri[85] = 0;
uretimdegeri[86] = 0;
uretimdegeri[87] = 0;
uretimdegeri[88] = 0;
uretimdegeri[89] = 0;
uretimdegeri[90] = 0;
uretimdegeri[91] = 0;
uretimdegeri[92] = 0;
uretimdegeri[93] = 0;
```

```
uretimdegeri[94] = 0;
uretimdegeri[95] = 0;
lcd.clear();
if (RTC.haltRTC())
lcd.print("Clock stopped!");
else
lcd.print("Clock working.");
lcd.setCursor(0, 1);
if (RTC.writeEN())
lcd.print("Write allowed.");
else
lcd.print("Write protected.");
delay ( 5000 );
}
/*********BİR DEFA ÇALIŞACAK AYARLAR "VOİD SETUP()" MENÜSÜ BİTTİ***************/
/******************SÜREKLİ ÇALIŞACAK DÖNGÜ BAŞLIYOR*********************/
void loop() {
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("U:");
lcd.print(urtm);
lcd.print("  ");
lcd.print("T:");
lcd.print(tktm);
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(hour());
lcd.print(":");
lcd.print(minute());
lcd.print(":");
lcd.print(second());
lcd.setCursor(9, 1);
lcd.print("SVY:");
lcd.print(senaryo);
delay(800);
/******* LCD YAZMA İŞLEMLERİNİ BİTİRİYORUZ ****************************/
dakika = minute();       //dakika değerine rtc den okuduğumuz minute değerini yazıyorum,
saat = hour();           //saat değerine rtc den okuduğumuz hour değerini yazıyorum,
// lcd.setCursor(9, 1);
//  lcd.print(esikdeger);
//lcd.write(tarife[6]);
//delay(800);
// 0,15,30 ve 45 dk lık periyotlardaki dk değerine belirtmek için if (eğer) kullanıyorum,
if (dakika >= 0 || dakika >= 15 || dakika >= 30 || dakika >= 45)
{
if (dakika >= 0 & dakika < 15)
{
dk = 0;
```

```
}
else if (dakika >= 15 & dakika < 30)
{
dk = 1;
}
else if (dakika >= 30 & dakika < 45)
{
dk = 2;
}
else if (dakika >= 45 & dakika <= 59)
{
dk = 3; //dakika nin kac olduguna bakiyoruz, sebebi her 15 dk bir donguyu calistirmak.
}
else;
//saatin kac olduguna bakiyoruz, sebebi her 15 dk bir donguyu calistirmak.
bak = ((saat * 4) + dk);
urtm = uretimdegeri[bak];
tktm = tuketimdegeri[bak];
//guncel saat ve dakikada ki degerin ne oldugunu bulmak icin boyle bir yontem belirledim.
// mesela saat, 05:30 da ki  tablo degerimiz; 5*4+2=22 olacak. tablodaki 22. deger bizim 05:30 daki degerimize karsilik gelmektedir.
/*----------------TARİFE SECİMİ VE AYARLARI BAŞLANGICI-------------------------*/
/*----------------TARİFE SECİMİ VE AYARLARI BAŞLANGICI-------------------------*/
/*
* Tarifelerin hangi zaman aralıklarında olduğunu ve bu zaman aralıklarının hangi tarifelere karşılık geldiğini yazıyorum.
* Ayrıca tarfilerin birim fiyatlarını da belirtiyorum
* Tarife zamanları; Gündüz (06.00-17.00), Puant (17.00-22.00), Gece (22.00-06.00)
* Tarife birim fiyatları; Gündüz;0.3334     , Puant;     0.4989       , Gece; 0.2140
*/
if ((bak>=24)&&(bak<68))
{

tarifebrm = 0.3334;
char tarife[8] = "Gunduz";
}
else if ((bak>=88)||(bak<24))
{
tarifebrm = 0.214;
char tarife[8] = "Gece" ;
}
else if ((bak>=68)&&(bak<88))
{
tarifebrm = 0.4989;
char tarife[8] = "Puant" ;
}   else ;
}
```

```
/* ------------------***Senaryo sorgulama veya değiştirme Başlangıcı****------------------
- */
//kullanıcı izinlerine ait durumları arduinoda ki ilgili pinlerden alıyoruz.
izin1 = digitalRead(userizin1);
izin2 = digitalRead(userizin2);
// SENARYO 4.....
//tüm yüklerin devrede olma durumu
if ((esikdeger < 0.15)&&(izin1==LOW)&&(izin2==LOW))
{
if (senaryo == 1) {
digitalWrite(yuk1, HIGH);
digitalWrite(yuk2, HIGH);
delay(1000);
digitalWrite(yuk1, LOW);
digitalWrite(yuk2, LOW);
}
if (senaryo == 2) {
digitalWrite(yuk1, HIGH);
delay(1000);
digitalWrite(yuk1, LOW);
}
if (senaryo == 3) {
digitalWrite(yuk2, HIGH);
delay(1000);
digitalWrite(yuk2, LOW);
}
if (senaryo == 0) {
digitalWrite(yuk1, HIGH);
digitalWrite(yuk2, HIGH);
delay(1000);
digitalWrite(yuk1, LOW);
digitalWrite(yuk2, LOW);
}
senaryo=4;
}
// SENARYO 3.....
//Yük1 'in devrede olma durumu
if ((esikdeger >= 0.15) && (esikdeger < 0.30) && (senaryo != 3)&&(izin1==LOW)) {
if (senaryo == 0) {
digitalWrite(yuk1, HIGH);
delay (1000);
digitalWrite(yuk1, LOW);
}
if (senaryo == 1) {
digitalWrite(yuk1, HIGH);
delay (1000);
digitalWrite(yuk1, LOW);
}
if (senaryo == 2) {
digitalWrite(yuk2, HIGH);
```

```
digitalWrite(yuk1, HIGH);
delay (1000);
digitalWrite(yuk2, LOW);
digitalWrite(yuk1, LOW);
}
if (senaryo == 4) {
digitalWrite(yuk2, HIGH);
delay (1000);
digitalWrite(yuk2, LOW);
}
senaryo = 3;
}
// SENARYO 2.....
//Yük2 'in devrede olma durumu
else if ((esikdeger >= 0.30) && (esikdeger < 0.45) && (senaryo != 2)&&(izin2==LOW))
{
if (senaryo == 0) {
digitalWrite(yuk2, HIGH);
delay (1000);
digitalWrite(yuk2, LOW);
}
if (senaryo == 1) {
digitalWrite(yuk2, HIGH);
delay (1000);
digitalWrite(yuk2, LOW);
}
if (senaryo == 3) {
digitalWrite(yuk2, HIGH);
digitalWrite(yuk1, HIGH);
delay (1000);
digitalWrite(yuk2, LOW);
digitalWrite(yuk1, LOW);
}
if (senaryo == 4) {
digitalWrite(yuk1, HIGH);
delay (1000);
digitalWrite(yuk1, LOW);
}
senaryo = 2;
}
// SENARYO 1.....
//Tüm yüklerin  devrede dışı olma durumu
else if ((esikdeger >= 0.45) && (senaryo != 1)&&(izin2==LOW)&&(izin1==LOW)) {
if (senaryo == 0) {
}
if (senaryo == 2) {
digitalWrite(yuk2, HIGH);
delay (1000);
digitalWrite(yuk2, LOW);
}
```

```
if (senaryo == 3) {
digitalWrite(yuk1, HIGH);
delay (1000);
digitalWrite(yuk1, LOW);
}
if (senaryo == 4) {
digitalWrite(yuk1, HIGH);
digitalWrite(yuk2, HIGH);
delay (1000);
digitalWrite(yuk1, LOW);
digitalWrite(yuk2, LOW);
}
senaryo = 1;
}
else ;
// senaryo sorgulama veya değiştirme Bitimi//
}
```

EK-2 ZigBee-Protokolü ile Yazılmış Program

```
/* Filename; light_switch.c

  Description:  This application function either as a light or a
  switch toggling the ligh. The role of the
  application is chosen in the menu with the joystick at initialisation.

  Push S1 to enter the menu. Choose either switch or
  light and confirm choice with S1.
  Joystick Up: Sends data from switch to light

**********************************************************************/

/**********************************************************************
* INCLUDES
*/
#include <hal_lcd.h>
#include <hal_led.h>
#include <hal_joystick.h>
#include <hal_assert.h>
#include <hal_board.h>
#include <hal_int.h>
#include "hal_mcu.h"
#include "hal_button.h"
#include "hal_rf.h"
#include "util_lcd.h"
#include "basic_rf.h"


/**********************************************************************
* CONSTANTS
*/
// Application parameters
#define RF_CHANNEL              25      // 2.4 GHz RF channel

// BasicRF address definitions
#define PAN_ID              0x2007
#define SWITCH_ADDR         0x2520
#define LIGHT_ADDR          0xBEEF
#define APP_PAYLOAD_LENGTH        1

// Application states
#define IDLE                0
#define SEND_CMD            1

// Application role
#define NONE                0
#define SWITCH              1
#define LIGHT               2
#define APP_MODES           2
#define Role1               1
```

```
#define Role2              2
#define Role3              3

/*********************************************************************
* LOCAL VARIABLES
*/
static uint8 pTxData[APP_PAYLOAD_LENGTH];
static uint8 pRxData[APP_PAYLOAD_LENGTH];
static basicRfCfg_t basicRfConfig;

// Mode menu
static menuItem_t pMenuItems[] =
{
#ifdef ASSY_EXP4618_CC2420
  // Using Softbaugh 7-seg display
  " L S    ", SWITCH,
  " LIGHT  ", LIGHT
#else
  // SRF04EB and SRF05EB
  "Switch",   SWITCH,
  "Light",    LIGHT
#endif
};

static menu_t pMenu =
{
  pMenuItems,
  N_ITEMS(pMenuItems)
};


#ifdef SECURITY_CCM
// Security key
static uint8 key[]= {
    0xc0, 0xc1, 0xc2, 0xc3, 0xc4, 0xc5, 0xc6, 0xc7,
    0xc8, 0xc9, 0xca, 0xcb, 0xcc, 0xcd, 0xce, 0xcf,
};
#endif

/*********************************************************************
* LOCAL FUNCTIONS
*/
static void appLight();
static void appSwitch();
static uint8 appSelectMode(void);


/*********************************************************************
* @fn          appLight,output olacak kısım. yani röleleri kontrol edeceğimiz Evulation Module+Battery Board
```

```
*
* @brief       Application code for light application. Puts MCU in endless
*              loop waiting for user input from joystick.
*
* @param       basicRfConfig - file scope variable. Basic RF configuration data
*              pRxData - file scope variable. Pointer to buffer for RX data
*
* @return      none
*/
static void appLight()
{
  halLcdWriteLine(HAL_LCD_LINE_1, "Arduino &Zigbee");
  halLcdWriteLine(HAL_LCD_LINE_2, "Demand Side");
  halLcdWriteLine(HAL_LCD_LINE_3, "Management");
#ifdef ASSY_EXP4618_CC2420
    halLcdClearLine(1);
    halLcdWriteSymbol(HAL_LCD_SYMBOL_RX, 1);
#endif

    // Initialize BasicRF
    basicRfConfig.myAddr = LIGHT_ADDR;
    if(basicRfInit(&basicRfConfig)==FAILED) {
      HAL_ASSERT(FALSE);
    }
    basicRfReceiveOn();

    // Main loop
    while (TRUE) {
       while(!basicRfPacketIsReady());

       if(basicRfReceive(pRxData, APP_PAYLOAD_LENGTH, NULL)>0) {
         /*
        if(pRxData[0] == Role1) {
            halLedToggle(1); // Led1 e ait çıkışı 1 yapacak.
          }
        */

        if(pRxData[0] == Role2) {
            halLedToggle(2); // Led2 e ait çıkışı 1 yapacak.
          }



       }}
}



/*****************************************************************
```

```
        * @fn          appSwitch,input olacak kısım. yani ardunio dan cc2530dk e gidecek
input için olan kısım.
        *
        * @brief       Application code for switch application. Puts MCU in
        *              endless loop to wait for commands from from switch
        *
        * @param       basicRfConfig - file scope variable. Basic RF configuration data
        *              pTxData - file scope variable. Pointer to buffer for TX
        *              payload
        *              appState - file scope variable. Holds application state
        *
        * @return      none
        */
        static void appSwitch()
        {
          halLcdWriteLine(HAL_LCD_LINE_1, "Arduino&Zigbee");
          halLcdWriteLine(HAL_LCD_LINE_2, "Demand Side");
          halLcdWriteLine(HAL_LCD_LINE_3, "Management");
        #ifdef ASSY_EXP4618_CC2420
            halLcdClearLine(1);
            halLcdWriteSymbol(HAL_LCD_SYMBOL_TX, 1);
        #endif



            // Initialize BasicRF
            basicRfConfig.myAddr = SWITCH_ADDR;
            if(basicRfInit(&basicRfConfig)==FAILED) {
              HAL_ASSERT(FALSE);
            }

            // Keep Receiver off when not needed to save power
            basicRfReceiveOff();

            // Main loop
            while (TRUE) {
               if( halJoystickPushed() ) {
                  pTxData[0] = Role1 ;
                  basicRfSendPacket(LIGHT_ADDR,                                pTxData,
APP_PAYLOAD_LENGTH);

                  // Put MCU to sleep. It will wake up on joystick interrupt
                  halIntOff();
                  halMcuSetLowPowerMode(HAL_MCU_LPM_3); // Will turn on global
                  // interrupt enable
                  halIntOn();

               }
               if(   halButtonPushed()==HAL_BUTTON_1    )   {   //==HAL_BUTTON_1
sildim, bakılcak
```

```
            pTxData[0] = Role2 ;
            basicRfSendPacket(LIGHT_ADDR,                    pTxData,
APP_PAYLOAD_LENGTH);

            // Put MCU to sleep. It will wake up on joystick interrupt
            halIntOff();
            halMcuSetLowPowerMode(HAL_MCU_LPM_3); // Will turn on global
            // interrupt enable
            halIntOn();

          }
          /*
          if(  halButtonPushed()==HAL_BUTTON_2  )  {//==HAL_BUTTON_2
sildim, bakılcak
            pTxData[0] = Role3 ;
            basicRfSendPacket(LIGHT_ADDR,                    pTxData,
APP_PAYLOAD_LENGTH);

            // Put MCU to sleep. It will wake up on joystick interrupt
            halIntOff();
            halMcuSetLowPowerMode(HAL_MCU_LPM_3); // Will turn on global
            // interrupt enable
            halIntOn();


          }*/
        }
      }


      /**************************************************************
      * @fn          main
      *
      * @brief       This is the main entry of the "Light Switch" application.
      *              After the application modes are chosen the switch can
      *              send toggle commands to a light device.
      *
      * @param       basicRfConfig - file scope variable. Basic RF configuration
      *              data
      *              appState - file scope variable. Holds application state
      *
      * @return      none
      */
      void main(void)
      {
        uint8 appMode = NONE;

        // Config basicRF
        basicRfConfig.panId = PAN_ID;
        basicRfConfig.channel = RF_CHANNEL;
```

```
   basicRfConfig.ackRequest = TRUE;
#ifdef SECURITY_CCM
   basicRfConfig.securityKey = key;
#endif

   // Initalise board peripherals
   halBoardInit();
   halJoystickInit();

   // Initalise hal_rf
   if(halRfInit()==FAILED) {
     HAL_ASSERT(FALSE);
   }

   // Indicate that device is powered
   halLedSet(1);

   // Print Logo and splash screen on LCD
   utilPrintLogo("Light Switch");

   // Wait for user to press S1 to enter menu
   while (halButtonPushed()!=HAL_BUTTON_1);
   halMcuWaitMs(350);
   halLcdClear();

   // Set application role
   appMode = appSelectMode();
   halLcdClear();

   // Transmitter application
   if(appMode == SWITCH) {
      // No return from here
      appSwitch();
   }
   // Receiver application
   else if(appMode == LIGHT) {
      // No return from here
      appLight();
   }
   // Role is undefined. This code should not be reached
   HAL_ASSERT(FALSE);
}


/******************************************************************
* @fn          appSelectMode
*
* @brief       Select application mode
*
* @param       none
```

```
*
* @return      uint8 - Application mode chosen
*/
static uint8 appSelectMode(void)
{
   halLcdWriteLine(1, "Device Mode: ");

   return utilMenuSelect(&pMenu);
}
```

EK-3 Kullanılan Üretim ve Tüketim Değerleri

SAAT	TÜKETİM (W)	ÜRETİM (W)	SAAT	TÜKETİM (W)	ÜRETİM (W)
00:15	796,6	0	**12:15**	1256,6	942
00:30	873,3	0	**12:30**	1150,0	949
00:45	813,3	0	**12:45**	1226,6	946,2
01:00	740,0	0	**13:00**	1106,6	930,1
01:15	630,0	0	**13:15**	1250,0	912,7
01:30	776,6	0	**13:30**	1156,6	920,2
01:45	693,3	0	**13:45**	1140,0	901,6
02:00	573,3	0	**14:00**	1303,3	869,7
02:15	543,3	0	**14:15**	1040,0	838,5
02:30	493,3	0	**14:30**	1120,0	847,8
02:45	506,6	0	**14:45**	1286,6	811,2
03:00	473,3	0	**15:00**	1116,6	748,4
03:15	473,3	0	**15:15**	1023,3	721,8
03:30	500,0	0	**15:30**	993,3	683,8
03:45	496,6	0	**15:45**	1150,0	634,1
04:00	486,6	0	**16:00**	1056,6	592,2
04:15	463,3	0	**16:15**	1256,6	534,1
04:30	463,3	0	**16:30**	1360,0	470,2
04:45	516,6	0	**16:45**	1233,3	387,9
05:00	373,3	0	**17:00**	1236,6	338
05:15	416,6	0	**17:15**	1213,3	269,7
05:30	406,6	0	**17:30**	1063,3	202,2
05:45	393,3	0	**17:45**	1166,6	139,4
06:00	393,3	0	**18:00**	1180,0	79,6
06:15	396,6	0	**18:15**	1226,6	38,9
06:30	406,6	0	**18:30**	1180,0	20,3
06:45	520,0	9,30	**18:45**	1500,0	10,00
07:00	483,3	39,2	**19:00**	1550,0	0
07:15	556,6	86,6	**19:15**	1666,6	0
07:30	576,6	146,7	**19:30**	1510,0	0
07:45	600,0	213,7	**19:45**	1620,0	0
08:00	583,3	281,1	**20:00**	1716,6	0
08:15	636,6	349,7	**20:15**	1723,3	0
08:30	690,0	415,6	**20:30**	1546,6	0
08:45	646,6	478,1	**20:45**	1563,3	0
09:00	753,3	531	**21:00**	1500,0	0
09:15	880,0	586,7	**21:15**	1233,3	0
09:30	640,0	660	**21:30**	1366,6	0
09:45	696,6	717,3	**21:45**	1360,0	0
10:00	753,3	750,6	**22:00**	1293,3	0

10:15	1056,6	792,1	**22:15**	1313,3	0
10:30	1063,3	818,1	**22:30**	1236,6	0
10:45	1080,0	854,2	**22:45**	1236,6	0
11:00	996,6	866,2	**23:00**	1106,6	0
11:15	1173,3	887,1	**23:15**	1133,3	0
11:30	1156,6	904,8	**23:30**	1090,0	0
11:45	1066,6	933,2	**23:45**	1120,0	0
12:00	1296,6	932,1	**00:00**	946,6	0

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Hale BAKIR
Uyruğu	**:**	T.C
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	Niğde / 13.12.1988
Telefon	**:**	0332-223 2031-0551 233 83 93
Faks	**:**	---
e-mail	**:**	haleb@selcuk.edu.tr

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	**2000 Evler Süper Lisesi/Merkez/Nevşehir**	**2007**
Üniversite	:	**Fırat Üniversitesi/Merkez/Elazığ**	**2012**
Yüksek Lisans	:	**Selçuk Üniversitesi/Selçuklu/Konya**	**--**

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2013	**Sivas Üniversitesi**	**Araştırma Görevlisi**
2014	**Selçuk Üniversitesi**	**Araştırma Görevlisi**

UZMANLIK ALANI

Güç Elektroniği, Elektrik Makinaları

YABANCI DİLLER

İngilizce

YAYINLAR

Kulaksız, A.A., Akdemir, B., Bakır H., ANN-Based Sizing of Battery Storage in a Stand-Alone PV System, Journal of Automation and Control Engineering, Vol. 4, No. 1, pp. 8-12, February, 2016. doi: 10.12720/joace.4.1.8-12.

Bakır, H. ve Kulaksız, A.A., Energy Management Application to Reduce Peak Load in a Photovoltaic Power Integrated Grid, 8.Ege Energy Symposium-2016, Afyonkarahisar, 11-13 Mayıs (Yüksek Lisans tezinden yapılmıştır.)