



# **GÖMÜLÜ SİSTEM İLE BİR EVDE SMART GRİD UYGULAMASI**

**Ahmed Husham Fakhruldeen AL-DABBAGH**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ARALIK 2019**

Ahmed Husham Fakhuruldeen AL-DABBAGH tarafından hazırlanan “GÖMÜLÜ SİSTEM İLE BİR EVDE SMART GRİD UYGULAMASI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Bilgisayar mühendisliği Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Dr. Öğr. Üyesi Fecir DURAN

Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum. ....

**Başkan:** Prof. Dr. Nurettin TOPALOĞLU

Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum. ....

**Üye:** Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YENİAD

Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum. ....

Tez Savunma Tarihi: 18.12.2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....  
Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
  - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
  - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
  - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
  - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Ahmed Husham Fakhroldeen AL-DABBAGH

18.12.2019

GÖMÜLÜ SİSTEM İLE BİR BİNADA SMART GRID UYGULAMASI  
(Yüksek Lisans Tezi)

Ahmed Husham Fakhroldeen AL-DABBAGH

GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
Aralık 2019

ÖZET

Bu çalışmada mikro akıllı şebekelerde kullanılmak üzere düşük maliyetli elektrik enerjisi ölçme ve kaydetme gömülü sistemi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca gerçekleştirilen gömülü sistem üzerinde çalıştırılmak üzere bir denetim algoritması önerilmektedir. Bu çalışmanın amacı, düşük maliyetli faturalar ve daha temiz bir çevre için şebeke enerjisinin kullanımını en aza indirmektir. Çok küçük ölçekli işletme gücüne sahip olan bu sistem, bir evde veya binada enerji taleplerine göre şebeke enerjisinin ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını yönetebilmek için kullanılır. Bu gömülü sistem Arduino geliştirme kartı tarafından kontrol edilmektedir. Bu çalışmada, 65 m<sup>2</sup>'lik bir evden dört farklı cihazdan veri toplanmıştır. Ardından Matlab Simulink ile bir benzetim aracı tasarlanmıştır. Bu araç aygıtlardan toplanan verileri kullanarak enerjinin en uygun şekilde kullanılmasını önermektedir.

Bilim Kodu : 92417  
Anahtar Kelimeler : Yenilenebilir enerji, Mikro akıllı şebekeler, Şebeke enerjisi, Arduino  
Sayfa Adedi : 37  
Danışman : Dr. Öğrt. Üyesi Fecir DURAN

# SMART GRID APPLICATION IN A HOME WITH EMBEDDED SYSTEM

(M. Sc. Thesis)

Ahmed Husham Fakhruldeen AL-DABBAGH

GAZI UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

December 2017

## ABSTRACT

In this study, low cost electrical energy measuring and recording embedded system has been designed to be used in micro smart grids. In addition, a control algorithm is proposed to run on the embedded system. The aim of this study is to minimize the use of grid energy for low-cost invoices and a cleaner environment. This system, which has very small processing power, is used to manage the use of grid energy and renewable energy sources according to energy demands in a house or building. This embedded system is controlled by the Arduino development board. In this study, data was collected from four different devices from a 65 m<sup>2</sup> house. Then a simulation tool was designed with Matlab Simulink. This tool recommends the most appropriate use of energy using data collected from devices.

Science Code : 92417  
Key Words : Renewable energy, Grid energy, Smart grids, Simulation, Arduino  
Page Number : 37  
Supervisor : Assist. Prof. Dr. Fecir DURAN

## TEŞEKKÜR

Gazi Üniversitesinde lisansüstü eğitim fırsatı veren Türkiye Cumhuriyeti devletine, Gazi Üniversitesi kurucusu ulu önder Gazi Mustafa Atatürk' e ve Gazi Üniversitesi Öğretim Üyelerine minnettarım.

Öncelikle danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Fecir DURAN'a sabırlı, samimi ve destekleyici olduğu için şükranlarımı sunarım. Tezimin her aşamasında sürekli beni desteklemesi, Sabırlı olması, sürekli motive etmesi ve büyük bilgiye sahip olması beni çok şanslı hissettirdi. Saygıdeğer Hocamın Gömülü Sistemler AR-GE laboratuvarında rehberliği bana bu tezin araştırılması ve yazılması sırasında çok yardımcı oldu.

Babam, annem, kardeşlerim ve tüm arkadaşlarımın hayatımın her aşamasında her zaman sunmuş oldukları manevi destek için teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
RESİMLERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. MATERYALLER VE METOTLAR.....	7
2.1. Smart Grid (Akıllı Şebeke) .....	7
2.2. Gömülü Sistemler.....	7
2.2.1. Arduino mikroişlemci .....	8
2.2.2. ACS 712 akım sensörü.....	9
2.2.3. DS3231 gerçek zamanlı saat modülü.....	10
2.2.4. Esp8266 wi-fi mikroçip .....	10
2.3. Veri Toplama .....	11
2.4. Öncelik ve Güç Kaynağı Seçimi .....	12
2.5. Yazılım ve Tahmin.....	12
3. GÖMÜLÜ SİSTEM İLE SMART GRID UYGULAMASI.....	15
3.1. Veri Kaydı.....	17
3.2. Çoklu ve Bir Arada Toplanan Sistem .....	19
3.3. Deneysel Sonuçlar.....	20
3.4. Benzetim .....	24

	<b>Sayfa</b>
4. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	33
KAYNAKLAR .....	35
ÖZGEÇMİŞ .....	37



## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 1.1. Yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları .....	2
Çizelge 3.1. Malzemelerin fiyat listesi .....	19
Çizelge 3.2. Kahve makinesinin hafta içi ve hafta sonu bir aylık enerji tüketimi .....	20
Çizelge 3.3. Çamaşır makinesinin hafta içi ve haftasonu bir aylık enerji tüketimi .....	21
Çizelge 3.4. Aydınlatmanın hafta içi ve hafta sonu bir aylık enerji tüketimi .....	21
Çizelge 3.5. İnternet modeminin hafta içi ve hafta sonu bir aylık enerji tüketimi .....	22
Çizelge 3.6. Tüm cihazların hafta içi ve hafta sonu bir aylık enerji tüketimi .....	22
Çizelge 3.7. Tüm cihazların hafta içi ve hafta sonu altı aylık enerji tüketimi .....	23

## RESİMLERİN LİSTESİ

<b>Resim</b>	<b>Sayfa</b>
Resim 2.1. Arduino nano geliştirme kartı .....	9
Resim 2.2. ACS 712 akım sensörü .....	10
Resim 2.3. DS3231 gerçek zamanlı modül.....	10
Resim 2.4. Esp8266 wi-fi modülü .....	11
Resim 3.1. Gömülü sistem kutusu .....	16
Resim 3.2. Ana UTÜ’de veri kaydı .....	17
Resim 3.3. Sistemde cihazın çalışmaya başladığı an.....	18
Resim 3.4. Sisteme bağlı olan bir cihazın bağlantısı kesildiği an.....	18
Resim 3.5. Cihazların kullanım süresi ve toplam gücü .....	19
Resim 3.6. Üç gömülü sistemin bir kutuda birleşmiş hali .....	20
Resim 3.7. Benzetim aracının açıklaması .....	25
Resim 3.8. Kahve makinesi açık konumda.....	26
Resim 3.9. Kahve makinesi ve çamaşır makinesi açık konumda .....	26
Resim 3.10. Algoritmanın iç yapısı (sadece kahve makinesi açık konumda) .....	27
Resim 3.11. Kahve makinesinin iç algoritmasına giriş.....	28
Resim 3.12. Algoritma kahve makinesinin çalıştırdığı an.....	28
Resim 3.13. Algoritma hesaplamaya devam etmesi .....	29
Resim 3.14. Algoritma sıradaki aygıtı ilerlemesi.....	29
Resim 3.15. Algoritmanın sıfır konumuna dönmesi .....	30
Resim 3.16. Algoritmanın tüm cihazları denetmesi.....	30
Resim 3.17. Algoritmanın tüm cihazlar kapalıyken ilerlemesi.....	31
Resim 3.18. Üç cihaz açık konumdayken her hangi bir cihazın iç algoritmasına girmemesi.....	31
Resim 3.19. Algoritmanın başlangıç konumuna dönmesi .....	32
Resim 3.20. İhtiyaç enerjisi yenilenebilir enerjiden daha yüksek olması.....	32

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Sistemde kullanılan modülerin şeması .....	7
Şekil 2.2. Sistemin yapılandırma şeması .....	12
Şekil 3.1. Gömülü sistemin devre şeması .....	15
Şekil 3.2. Aygıtların sisteme bağlantısı .....	16
Şekil 3.3. Benzetim algoritmasının aşamaları.....	24



## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

### Simgeler

<b>A</b>	Amper
<b>M<sup>2</sup></b>	Metre kare
<b>mm</b>	Milimetre
<b>V</b>	Volt
<b>VA</b>	Volt amper
<b>W</b>	Watt

### Kısaltmalar

<b>IDE</b>	Entegre Geliştirme Ortamı
<b>IC</b>	Entegre devre
<b>ICSP</b>	Devre Seri Programlama
<b>RMS</b>	Kareler Toplamının Ortalaması
<b>UTÜ</b>	Uzaktan terminal ünitesi

## 1. GİRİŞ

Enerji krizi, artan çevre sorunları, fosil yakıtların hızlı tükenme oranları ve güç kontrol teknolojisindeki modern gelişmeler, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını ve entegrasyonunu daha önemli hale getirmektedir. Bu alternatif enerji kaynakları günümüzdeki en büyük sorun olan iklim değişikliğiyle mücadelelerin en önemli parçası olabilir.

Yenilenebilir enerji, kendilerini doğal olarak yenileyen ve hiç tükenmeyen kaynaklardan üretilir. En yaygın kaynaklar güneş, rüzgâr, jeotermal ve biokütledir. İnsanlar tarafından tüketilen toplam enerjinin %80'inden fazlası fosil yakıttan türetilmektedir, ancak yenilenebilir enerji dünyadaki en hızlı büyüyen enerji kaynağıdır.

Yenilenebilir enerjinin birçok faydası vardır; ilk olarak iklim değişikliği ile mücadele edebilir, çünkü doğrudan sera gazı emisyonları yaratmaz ve minimum düzeyde olsalar bile ürettikleri tek emisyon, üretim aşamasında kurulum ve bakımı sonucu ortaya çıkar. Yenilenebilir enerji hava kirliliğini azaltabilir böylece de küresel ısınma tehditleri azalır. Rüzgâr, güneş ve hidroelektrik sistemleri hava kirliliği emisyonları yaratmaz ve jeotermal, biokütle enerji sistemleri emisyonları yenilenemeyen enerji kaynaklarından çok daha düşüktür. Yenilenebilir enerji güvenilir bir güç kaynağıdır, çünkü yenilenebilir enerji kaynakları asla tükenmez. Yenilenebilir enerji tesislerin maliyeti her geçen gün azalmaktadır.

Hem güneş hem de rüzgâr enerjisi kesintilidir, sadece güneş parlarken veya rüzgâr esiyor iken güç üretirler, piller daha sonra kullanmak için fazla enerji depolayabilir, ancak genellikle maliyetlidir. Yenilenebilir enerji bazı zorluklar doğurur, fakat sera gazı emisyonları ve fosil yakıtlara göre çevre dostu bir alternatif sunar. Ayrıca, teknolojideki ilerlemeler yenilenebilir enerjiyi daha erişilebilir ve ekonomik hale getirmektedir.

Yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakların günümüzde birçok teknoloji gibi üstünlükleri ve zayıflıkları vardır. Çizelge 1.1 farklı enerji kaynaklarının üstünlüklerini ve zayıflıklarını belirtmektedir.

Çizelge 1.1. Yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları

Enerji kaynağı	Üstünlük	Zayıflık
<b>Yenilenemez enerji kaynakları</b>		
Kömür	-Kömür nispeten ucuz bir enerji şeklidir. -Dünyanın birçok yerinde kömürün bulunabileceği yerler hala var. -Kömür, elektrik santrallerine kolayca taşınabilir.	-Kömür tedariki yaklaşık 100 yılda tükenecektir. -Yandığında, kömür çok sayıda sera gazı salmaktadır. -Kömür, yerdeki tehlikeli olabilecek ve kırsal bölgeyi etkileyen büyük deliklerden (madenlerden) çıkarılmaktadır.
Gaz ve Petrol	-Petrol ve doğal gaz dünyanın birçok yerinde bulunur. -Petrol ve gaz borular veya gemilerle kolayca taşınabilir. -Doğal gaz, fosil yakıtların en temizidir ve kömürün sera gazlarının yarısını serbest bırakır.	-Petrol ve doğal gaz kaynakları tükeniyor ve kalmayabilir -Petrol ve gaz kuleleri üzerinde çalışan insanlara Ve çevreye tehlikeli olabilir. -Petrol ve doğal gaz yakmak, küresel ısınmayı artıran kirliliği serbest bırakır.
Nükleer	-Nükleer yakıt, enerji üretirken sera gazı oluşturmaz. -Çok fazla enerji üretmek için sadece çok az miktarda nükleer yakıt gerekir.	-Nükleer yakıt arzı 50 yıl içinde tükenecek. -Nükleer enerjiden üretilen radyoaktif atıklar uzun süre çok tehlikelidir.
<b>Yenilenebilir enerji kaynakları</b>		
Güneş enerjisi	-Güneşten gelen enerji ücretsizdir. -Güneş enerjisi sera gazı oluşturmaz.	-Güneş enerjisi santrallerinin inşa edilmesi maliyetlidir. -Güneş enerjisi yalnızca belirli yerlerde kurulabilir. -Geceleri güneş enerjisi bulunmuyor
Rüzgâr	-Rüzgâr enerjisi sera gazı yaratmaz. -Büyük türbinlerden birini inşa etmek için kullanılan enerji 3-6 ay içinde geri elde edilebilir. -25 yıl dayanabilir. -Rüzgâr türbinleri çok güvenlidir.	-Elektrik üretmek için çok fazla türbine ihtiyacımız var. -Rüzgâr türbinleri yalnızca rüzgârlı yerlerde kullanılabilir. -Az rüzgârın olduğu günlerde daha az enerji üretilecektir
Hidroelektrik	-Hidroelektrik, sera gazı oluşturmaz.  -Sudan gelen enerji ücretsizdir ve bitmez.  -Hidroelektrik enerji, rüzgâr veya güneş enerjisinden daha güvenilirdir	-Hidroelektrik enerji, türbinleri döndürmek için yeterli suya ihtiyaç duyar. -Barajların inşa edilmesi pahalıdır. -Büyük barajlar inşa etmek insanları ve vahşi yaşamı etkileyen su yollarına zarar verebilir -Savaklardaki yerel binalar için küçük barajlar bu problemleri yaşamamaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynağının zayıflıkları kurulumundan önce doğru bir fizibilite yapılmasını zorunlu kılmaktadır, bir ev için enerji tüketimini dikkate alarak, doğru bir hesaplama yapılmalıdır. Örneğin, hesaplamalar konut alanını, evin yerini, mevcut bütçeleri,

enerji sağlayıcıların fiyatlarını içermektedir. Bu hesaplamalar, enerjinin optimum kullanımına ulaşmamızı sağlayacaktır.

### Tezin amacı

Bu tezin amacı düşük maliyetli gömülü sistem kullanarak yenilenebilir enerjiyi ve şebeke enerjisini yönetmektir. Bir evde günlük enerji tüketimini hesaplamak için bir izleme sistemi tasarlanmıştır. Elde edilen veriler bir benzetim aracına verileri en uygun tüketim şeklini tarafımıza sunar. İzleme sistemini tasarlamak için Arduino nano geliştirme kartı kullanılmıştır, benzetim aracı ise Matlab Simulink ile tasarlanmıştır. Bu yönetim sistemi yenilenebilir enerji kullanımını artırmak için ve fatura maliyetlerini en aza indirmek için kullanılmıştır, bu sistem standart şartlar dikkate alınarak sürdürülebilir. Ayrıca gerçekleştirilen sistem düşük güç tüketimine sahiptir.

### Yapılan çalışmalar

Vennelaganti ve arkadaşları, çalışmalarında Dağıtılmış Enerji Kaynaklarını tek fazlı bir hizmet programına entegre etmek için yeni bir uyarlanabilir gerilim kaynak invertörü önermiştir. Dağıtılmış enerji kaynaklarını, sürücünün sırasıyla şönt veya seri halinde görüldüğü şönt akım enjeksiyon modunda veya seri voltaj enjeksiyon modunda olma kabiliyetine sahip olması uyarlanabilir. Dağıtılmış enerji kaynaklarını olağan şekli olan dağıtım enjeksiyonunda, dağıtılmış enerji kaynaklarını güç kaynağından elektrik şebekesine aktarabilir ve ayrıca şönt aktif akım filtresi kapasitesine sahiptir [1].

Gayithri C. ve arkadaşları çalışmalarında modüler düzeyli dönüştürücü ile yenilenebilir bir enerji tabanlı mikro ızgara dönüşüm sistemi güç kalitesi konularında araştırmalar sunar. DC mikrogrid, güneşten gelen yenilenebilir enerji üretimi dikkate alınarak oluşturulmuştur. Yenilenebilir enerji mikro şebeke dönüşüm sisteminin çıktısı, güç kalitesi sorunları için analiz edilmektedir. Akım kontrolörü, aktif güç ve reaktif güç kontrolörleri faz yer değiştirme yöntemine göre geliştirilmiştir. Benzetim, çoklu seviye invertörlü aynı mikro ızgara sistemi için gerçekleştirilmiştir. MATLAB kullanarak çok seviyeli invertörü kontrol etmiştir [2].

Enrico F.ve arkadaşları, çalışmalarında gerçekleştirilen izleme ve yönetim sistemi bir tarımsal sanayi sitesinde bir mikro akıllı ağ üzerinde sunmaktadır. Bu çalışma yalnızca bir vaka çalışması olarak değil, aynı zamanda yönetim prosedürü ve genel sistem mimarisi ile ilgili literatüre bir katkı olarak da görülebilir. Sunulan uygulama örneği için, yük kapsamı faktörü periyodu %40'a eşittir, bu nedenle toplam enerji ihtiyacının yarısından daha azı sahadaki jeneratörler tarafından sağlanmıştır [3].

Daniel S. ve arkadaşları çalışmalarında, hanelerin yarısını voltaj, akım, yük ve faz açısı gibi şebeke bilgilerini toplayan akıllı ölçüm sistemleri ile donatmıştır. Bu bilgi küçük bantlı elektrik hattı iletişimi ile ikincil trafo merkezlerine aktarılır. Trafo merkezi içindeki ek donanım verileri toplar ve tanıtılan sisteme benzer bir yerel kontrol örneği görevi görür. Şebekeyi etkilemek için, böylece fotovoltaiik sistemlerden üretilen enerji miktarını kontrol etmek mümkün olacaktır [4].

Tziritas T. ve arkadaşları çalışmalarında kablosuz gömülü sistem ile bir algoritma tasarlamıştır. İki farklı bileşene sahip enerji tüketicisinin yerleştirme problemini ortaya koymuştur: (1) bulma / oluşturma bir enerji tüketen kesimi barındırmak için yeterli alan ve (2) acentenin iletişimi ve göçü nedeniyle enerji tüketimini optimize etmek. İki performans yönünün hem bağımsız hem de eşzamanlı olarak ele alınması için sezgisel buluş önermiştir [5].

Zulati L.ve arkadaşları Qira'da var olan sorunları karşılamak için, yenilenebilir enerji ağı geliştirmek ve güçlü bir yapı oluşturmak için bir çalışma sistemi yapmıştır. Çalışmalarında operasyonel yöntem altında enerji arzının beş tipik durumunu karşılamayı başarmıştır. Akıllı şebeke kontrol sistemi otomatik olarak tamamen yenilenebilir enerji kullanımı sağlamak için ve sistemin performansını kontrol etmek için tasarlanmış, bu çalışmada işgücünün tasarrufunda çok iyi işlev gösteren veri artışı göstermiştir [6].

P. Lombardi ve arkadaşları çalışmalarında yenilenebilir enerji kaynağı tabanlı teknolojiler kullanılarak üretilen enerji ile optimum depolama kapasitesi arasındaki etkileri özerk bir mikro akıllı şebeke yapısı içinde analiz etmiştir. Analiz, optimum depolama kapasitesinin temel olarak üç faktöre bağlı olduğunu göstermektedir. Bunlar; yenilenebilir enerji kaynağı tarafından üretilen enerji miktarı, yenilenebilir enerji kaynağı teknolojisinin türü, kayıp yük değeridir [7].

Umer A. ve arkadaşları çalışmalarında şebekeye bağlı bir mikro şebekede yenilenebilir kaynakların en uygun şekilde boyutlandırılması ve pillerde enerji depolanması için kısıtlamaya dayalı bir yinelemeli araştırma metodolojisi önermiştir. Önerilen teknik, Dammam bölgesindeki yenilenebilir enerji ve talep verileri kullanılarak doğrulanmıştır. Optimal çözüm esas alınarak güvenilirlik maliyet oranı belirlenmiştir [8].

Akshay D. ve arkadaşları yenilenebilir enerji bazlı akıllı mikro şebekeler örneğini alarak, ters buluş kavramının kırsal alanlardan kentsel alanlara uygulanmak üzere çalışmıştır. Çalışmalarında Hindistan hükümetinin Hindistan'da 100 akıllı şehir kurma hedefi, akıllı işbirliği ve yönetim ile başarılabilirliğini ifade etmiştir. Akıllı şehirler ve akıllı şebekeler yavaş yavaş gelişecektir. Yenilenebilir kaynakların şeffaflığı ve sürdürülebilirliği sağlamada belirleyici faktör olacağını ve dünyayı daha iyi bir yer haline getireceğini ifade etmektedir [9].

Aurora G. ve arkadaşları akıllı binalarda enerji tüketimi analizinin ilk aşamalarında kullanılabilecek temel ve başarılı bir prosedür oluşturmuşlardır. Bu işlem, farklı enerji tüketim modelleri oluşturulan bir referans binada gerçekleştirilmiştir. Daha fazla veri kaynağının eklenmesiyle bu prosedür aşamalı olarak zenginleştirilecektir [10].

Yao L. ve arkadaşları çalışmalarında geniş kapsamlı deneyler, ev aletlerine farklı zaman dilimlerinde güç sağlamada farklı enerji kaynaklarının baskın olduğunu göstermiştir. Enerji depolama sisteminin enerji depolama kapasitesini kullanarak, kendi kendine öğrenen bulanık bir denetleyici geliştirmişlerdir. Yük taleplerini pil ömründen önemli ölçüde ödün vermeden minimum elektrik faturası ile karşılayabilmektedir [11].

Meng W. ve arkadaşları rüzgâr enerjisi ve geçici olarak bağlanmış talepleri dikkate alarak akıllı şebeke için dağıtık bir enerji yönetimi algoritması sunmaktadır. Formasyonunda, hem mekânsal hem de geçici olarak eşleşmiş kısıtlamaların söz konusu olduğu daha pratik bir senaryo olarak değerlendirmektedir. Geçici olarak bağlanmış kısıtlama, bir talebin birikmiş güç tüketiminin, bir görevi bitirmek için verilen son tarihe kadar bir eşiği geçmesi gerektiği anlamına geldiğini kanıtlamıştır [12].

Li H. ve arkadaşları, çalışmalarında Mikro şebekede voltaj kontrolü için dağıtılmış zamanlamayı incelemiştir. Merkezi programlama, bir tamsayı programlama problemi

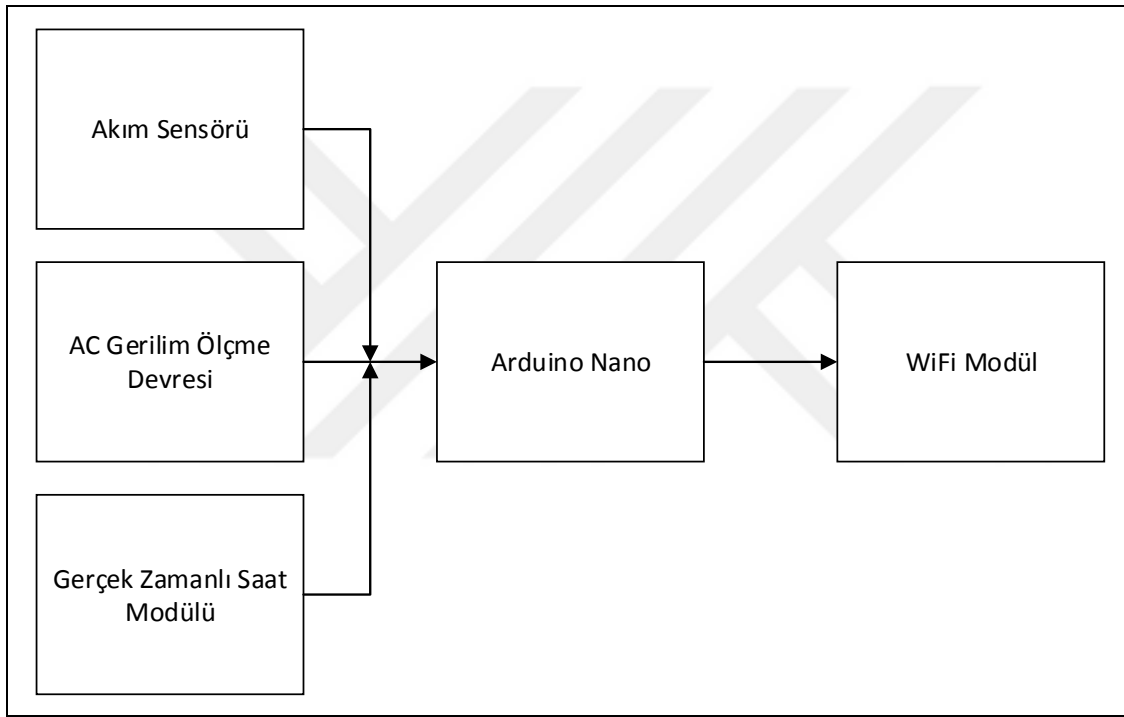
olarak formüle edilmiştir. Problemleri çözmek için Lagrange gevşeme yaklaşımının kullanılması önerilmiştir. Üç dağıtımli enerji jeneratör sistemi üzerindeki sayısal benzetimleri, önerilen programlama algoritması ile performansını göstermiştir [13].

### Tezin organizasyonu

Tez ikinci bölümde kullanılan materyaller, mikro akıllı şebekeler ve tasarlanan gömülü sistem verilmektedir, ayrıca uygulanan metotlar sunulmaktadır. Tezin üçüncü bölümünde ise gerçekleştirilen gömülü sistemin bir evde uygulaması, deneysel sonuçlardan elde edilen verileri ve bu verileri kullanarak yapılan benzetim aracı anlatılmaktadır. Son bölümünde ise çalışma elde edilen sonuçlar ve sistemi geliştirmek için sonradan yapılabilecek çalışma planları sunulmuştur.

## 2. MATERYALLER VE METOTLAR

Bu çalışmada gömülü sistem olarak Arduino nano geliştirme kartı kullanılmıştır. Arduino nano geliştirme kartını tercih etme sebepleri kurulumunun kolay, diğer gömülü sistemlere göre daha ekonomik, açık kaynak kodlamaya sahip, güvenilir, fiziksel boyutunun küçük ve programlanmasının kolay olmasıdır. Gerçekleştirilmiş gömülü sisteme ait blok şeması şekil 2.1. de gösterilmiştir. Gömülü sistemden elde edilen verileri Matlab Simulink ile tasarlanmış olan araca girilerek en uygun enerji tüketimi sunulmaktadır.



Şekil 2.1. Sistemde kullanılan modülerin şeması

### 2.1. Smart Grid (Akıllı Şebeke)

Smart grid farklı platformlarda farklı anlamları vardır. Smart grid şebeke ve elektrik tüketicisi arasında elektrik ve bilgi alışverişinin yapılabileceği iki yönlü diyalog sunmaktadır. Mikro akıllı şebekeler, enerji kaynakları ile ona bağlı olan yüklerin arasındaki bir ara birimdir, bu ara birim senkronize bir şekilde bağlantısını sağlar, ancak bu bağlantı fiziki şartlara göre kesilebilir. Tasarlanan sistemde ara birim olarak Uzak Terminal Ünitesi (UTÜ) kullanılmıştır. UTÜ bir ağ bağlantısı ile birbirine bağlı olup ana işlemciye bağlantı sağlamaktadır. UTÜ ile evde kullanılan cihazlara bağlanılmakta ve bağlı olan her bir

cihazdan watt saat biriminde alınan veri ana işlemciye gönderilmektedir. Ana işlemci sadece iki enerji kaynağına bağlıdır. Sistem enerji talebini ve mevcut gücü gerçek zamanlı olarak hesaplayarak, mevcut güç kaynaklarının hangi cihazda kullanılacağı önceliğini enerji tüketimini dikkate alarak önerilmektedir.

Çoklu mikro akıllı şebeke işleminin temel amacı, yük gereksinimlerini karşılamak için çoklu mikro akıllı şebeke arasında aktif ve reaktif gücü paylaşmaktır. Ancak bu Konvansiyonel sarkıklık, aktif ve reaktif güç paylaşım doğruluğu ile frekans ve voltaj düzenlemeleri arasında içsel bir dengeye sahiptir [13].

## **2.2. Gömülü Sistemler**

Gömülü sistem, bir veya daha fazla görevi yerine getirmek üzere içerisinde yazılım ve donanım barındıran sistemdir. Genellikle gerçek zamanlı bilgi işlem hesaplamaları ile donanım ve mekanik parçalar dâhil olmak üzere bir sistemin denetim parçası olarak kullanılır. Gömülü sistemler, günümüzde yaygın olarak kullanılan birçok cihazı kontrol etmektedir. Mikroişlemcilerin %98'i, gömülü sistemlerin bileşenleri olarak üretilmektedir. Bir sistemde kullanılmak üzere geliştirilen gömülü sistemler, küçük boyuta, düşük güç tüketimi, çevresel gürültüye dirençli, daha ekonomik olması gibi üstünlükleri bulunmaktadır. Bu çalışmada, Arduino nano geliştirme kartı, ACS 712 akım sensörü, DS3231 gerçek zamanlı saat modülü ve ESP8266 Wi-Fi modülü kullanılmıştır ve materyalleri çalıştırmak için iki adet 0.35-1.2 W transformatör kullanılmıştır ve ölçüleri 75 \* 110 \* 35 mm olan bir kutuda toplanmıştır

### **2.2.1. Arduino mikroişlemci**

Arduino, kullanımı kolay, donanım ve yazılıma dayalı, açık kaynaklı bir elektronik platformdur. Arduino nano girdileri okuyabilir, bir düğmeyi tuşlayarak veya bir mesaj göndererek bir çıkışa dönüşebilir. Bir motoru çalıştırmak, bir LED'i yakmak, çevrimiçi bir şey yayınlamak gibi amaçlara günümüzde birçok projede kullanılmaktadır. Bunu yapmak için, işleme dayalı Arduino programlama dilini ve Arduino yazılımını (IDE) kullanmamız yeterlidir. Bu geliştirme kartı 14 dijital giriş / çıkış pinine sahiptir, 6 analog giriş, 16 MHz çalışma frekansı, bir USB bağlantısı (Resim 2.1'de geliştirilen gömülü sistemde kullanılan

Arduino nano görülmektedir), bir güç girişi, bir ICSP bağlantı noktası ve bir sıfırlama butonu vardır.

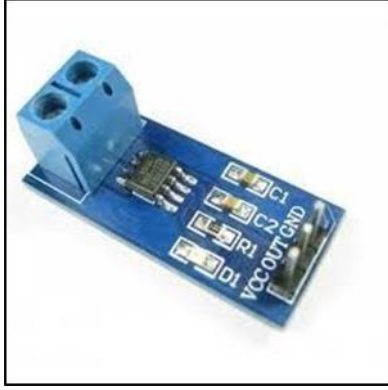


Resim 2.1. Arduino nano geliştirme kartı

### 2.2.2. ACS 712 akım sensörü

ACS712 Akım sensörü, sistemin performansını etkilemeden üzerinden geçen akım değerini ölçmek ve hesaplamak için kullanılır. Akım ve gerilim arasındaki ilişki Ohm kanunu ile ifade edilmektedir. Elektronik cihazlarda, nominal akım değerinin üzerine çıkılması aşırı yüklenmeye neden olur ve cihaza zarar verebilir.

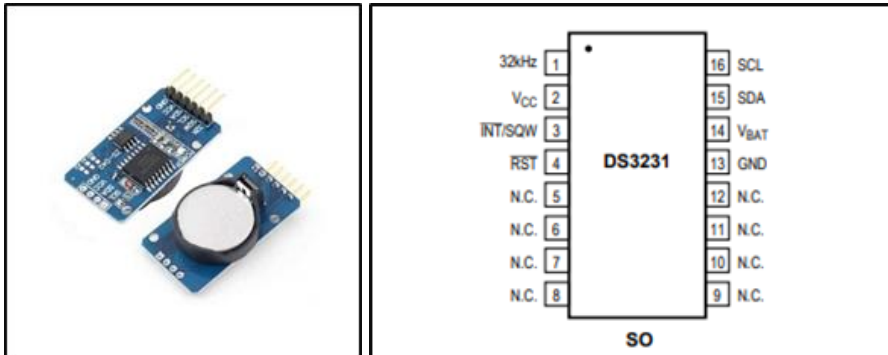
Tasarlanan sistemin çalışması için öncelikle devreden geçen akım miktarının ölçülmesi gerekir. Devre üzerinde gerilim ölçümü yapmak pasif bir işlemdir ve sistemi etkilemeden yapılabilir. ACS712 Akım sensörü, tamamen entegre, Hall etkisi temelli çalışan doğrusal entegre devre sensörüdür. Bu bütünleşmiş devrenin, düşük dirençli bir akım iletkeni ile birlikte 2.1kV RMS gerilim izolasyonu vardır. Akım sensörü, bir kabloda veya iletkende gerilimi algılar ve algılanan akımla orantılı olarak analog ya da dijital çıkış verir. Bu işlem doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki şekilde yapılabilir. Ohm kanunu ise, akım içinden geçtiğinde bir kabloda meydana gelen gerilim değerini ölçmek için kullanılır. Tez çalışmasında kullanılan akım sensörü Resim 2.2’de görülmektedir.



Resim 2.2. ACS 712 akım sensörü

### 2.2.3. DS3231 gerçek zamanlı saat modülü

DS3231, 3V tipik bir CR2032 pil ile beslenen saat, dakika ve saniyenin yanı sıra gün, ay ve yıl bilgilerini saklayabilen düşük maliyetli, son derece hassas bir gerçek zaman saat entegresidir. Ayrıca, artık yıllar ve 31 günden daha az aylar için otomatik telafisi vardır. Modül, 3.3V veya 5 V ile çalışabilir ve bu da birçok geliştirme platformu veya mikrodenetleyici için uygun olmasını sağlar, beslendiği pil ile bilgileri bir yıldan daha uzun süre tutabilir. Elektrik enerjisinin zaman düzlemini ölçmek için tezde kullanılan gerçek zamanlı saat devresi ve entegresi Resim 2.3'de gösterilmektedir

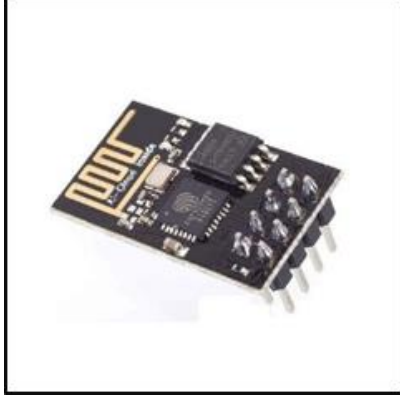


Resim 2.3. DS3231 gerçek zamanlı modül

### 2.2.4. Esp8266 wi-fi mikroçip

Bu Wi-Fi seri alıcı modül, bütünleşmiş bir TCP / IP protokol yığını ile ESP8266 çip üzerindeki sisteme kurulmuştur. Bir uygulamayı barındırmak veya işlevleri başka bir uygulama işlemcisinden almak için eksiksiz ve kendi kendine yeten bir Wi-Fi ağ çözümü

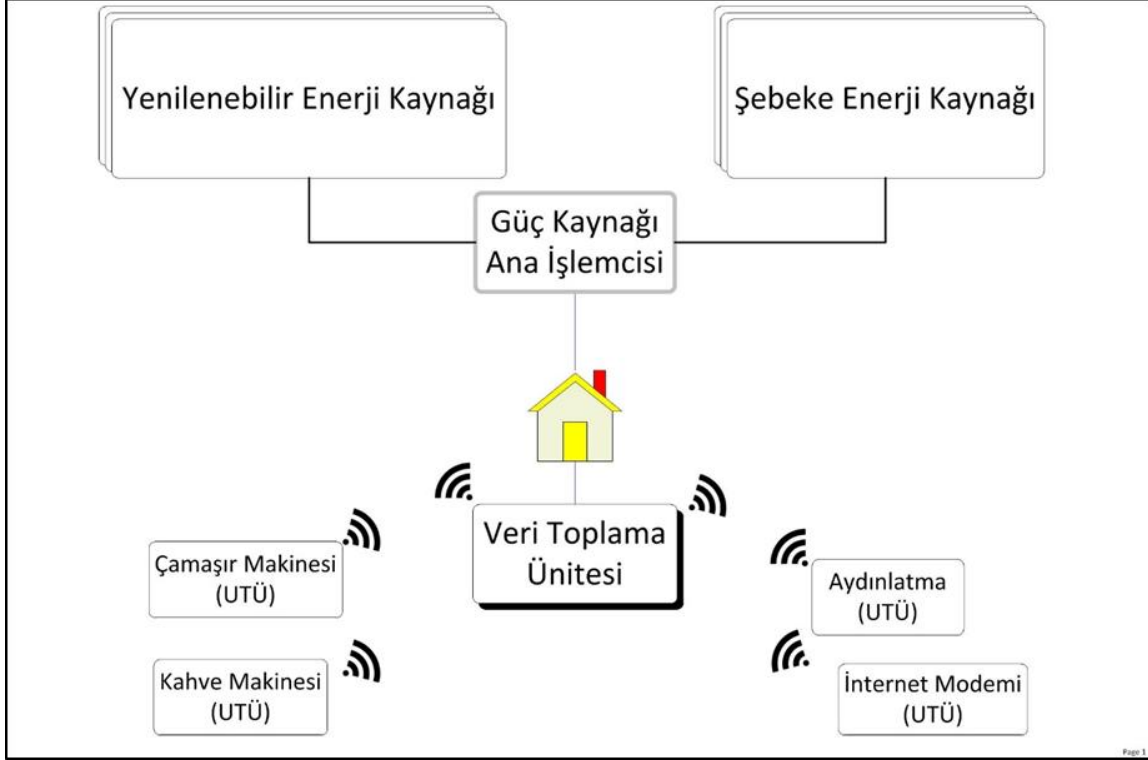
sunmaktadır. Gerçekleştirilen çalışmada gömülü sistem tarafından ölçenen değerler Resim 2.4'te gösterilen Esp8266 modülü ile merkez üniteye gönderilmektedir.



Resim 2.4. Esp8266 wi-fi modülü

### 2.3. Veri Toplama

Tez Çalışma stratejisi iki aşamadan oluşmaktadır, birinci aşaması güç talebini ölçmek ikinci aşaması ise öncelik ve güç kaynağını önermektir. Birinci aşama enerji talebini ölçmek ve mevcut depolanan yenilenebilir enerji kaynağından veri toplamaktır. Tasarlanan sisteme bağlı cihazların akım ve gerilim değerleri gömülü sistem kullanılarak ölçülmektedir. Ölçülen akım ve gerilim değerleri mikro denetleyici aracılığıyla tüketilen gücü ve enerjiyi hesaplar ve ana UTÜ'ye gönderir. Ana UTÜ'de toplanan veriler, güç tüketimini, tarihini, saatini ve cihazın çalışma süresini içermektedir. Tüketilen güç UTÜ'sü hesaplanırken, yenilenebilir kaynağın UTÜ'sü de mevcut veya depolanan güç bilgilerini ana UTÜ'ye eş zamanlı olarak göndermektedir. Maksimum ihtiyaca ve minimum güç kullanımına bağlı olarak enerji talebin önceliği önerilir. Tasarlanan sistemin blok şeması Şekil 2.5'de verilmiştir.



Şekil 2.2. Sistemin yapılandırma şeması

#### 2.4. Öncelik ve Güç Kaynağı Seçimi

Bu tez çalışmasında, geniş ölçekli mikrogrid kullanım yaygınlığı sınırlamalarının ötesinde kullanım ağına entegre etmek için olası çözümler sağlamayı amaçlamaktadır. Yeni bir sistem operasyon stratejisi ve buna karşılık gelen enerji yönteminin önerildiği, küçük ölçekli bir DC mikro akıllı şebeke yapısı göz önünde bulundurulur[14]. Alt UTÜ'nun her bir cihazın gerekliliğini kabul eden bir evin standart ihtiyaçlarının taleplerine göre programlanmıştır. Kaynak gücü UTÜ'su, depolanan gücün kullanımına ve hava şartlarına göre programlanır, sistem ilk önce en çok ihtiyaç duyulan cihazı çalıştırmayı önerir, sonra kullanılan gücü ve çalışma süresini hesaplar, daha sonra yenilenebilir kaynak gücü veya depolanan güçle karşılaştırır. Talep depolanan gücü aşarsa, şebeke enerjisi rolü üstlenir, aksi takdirde devamlı kullanılan düşük güçle çalışan talepleri, en uygun güç kullanımını sağlayacak şekilde yenilenebilir kaynak devreye girer.

#### 2.5. Yazılım ve Tahmin

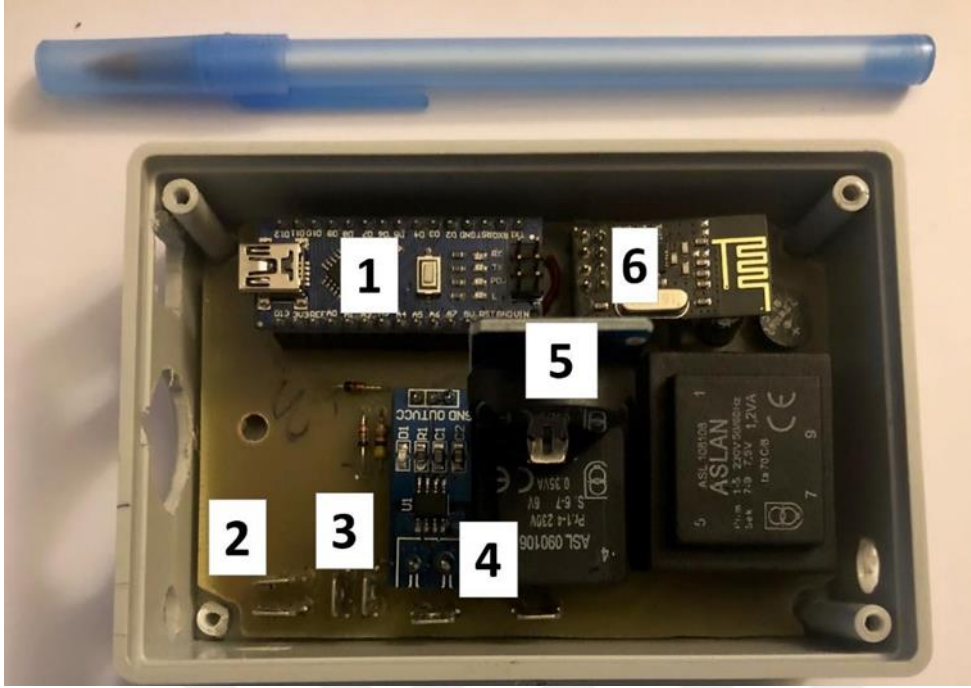
Cihaza yüklenen işlevler C, C++ yazılım dili ile gerçekleştirilmiştir, bu yazılım dili ile tüm hesaplamaları ve yanıtlar dikkate alınarak program yazılmıştır. Sensörlerden alınan akım ve

gerilim bilgisini aldıktan sonra enerjiyi hesaplamaya başlar. DS3231 gerçek zamanlı saat modülü 24 veya 12 saat biçiminde ayarlayarak, sensörlerin almış olduğu verileri gün, ay, yıl, saat, dakika ve saniye olarak kayıt eder, böylece ne kadar zaman zarfında kaç Kilo Watt saat tüketim yapıldığını kayıt altına alır.



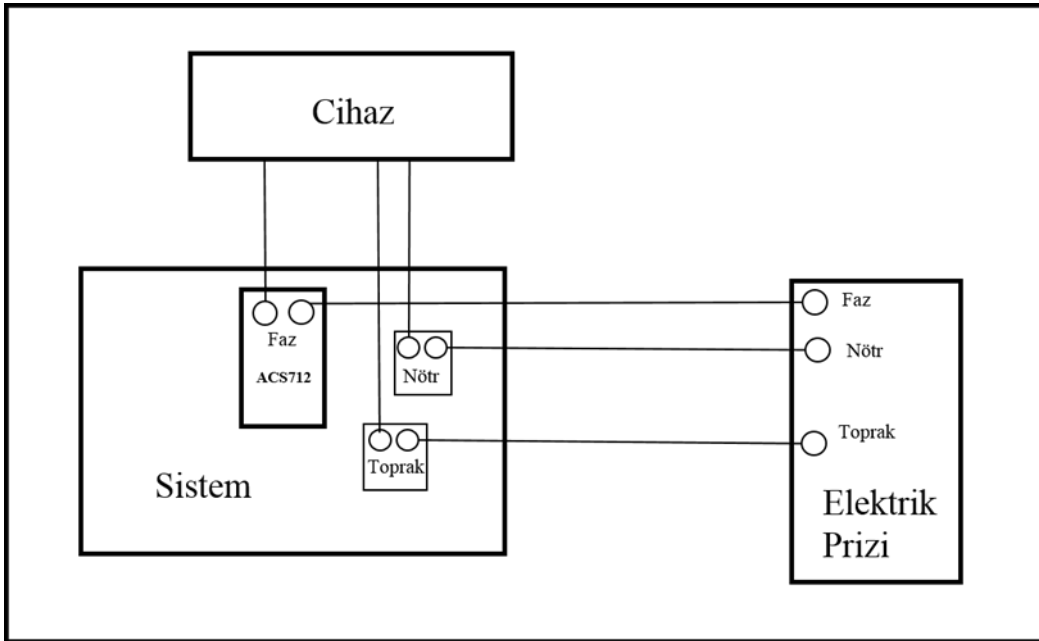






Resim 3.1. Gömülü sistem kutusu

Gömülü sistem kullanılan cihaz ile şebeke arasında şekil 3.2’de gösterildiği gibi bağlanmaktadır

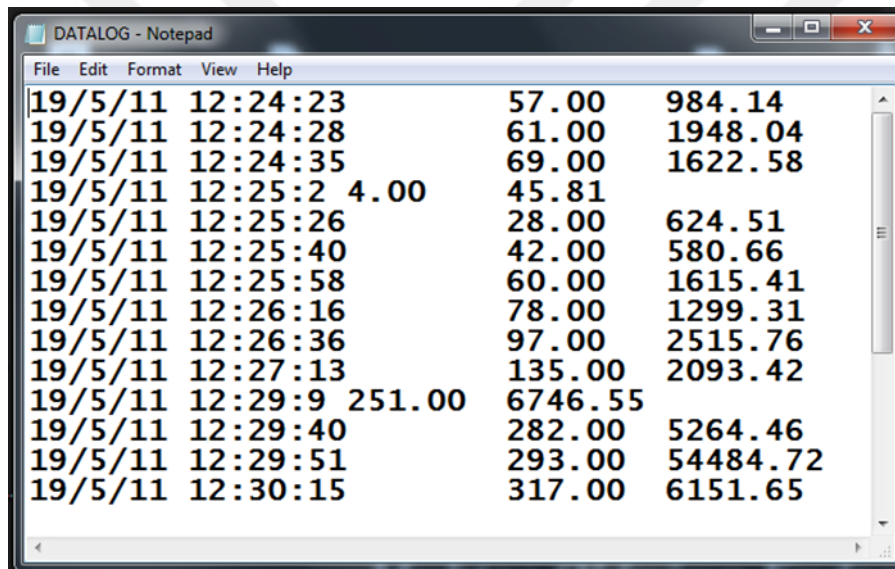


Şekil 3.2. Aygıtların sisteme bağlantısı

Gerçekleştirilen gömülü sistem 1,5 W gibi çok küçük bir güç tüketimine sahip olduğu ölçülmüştür.

### 3.1. Veri Kaydı

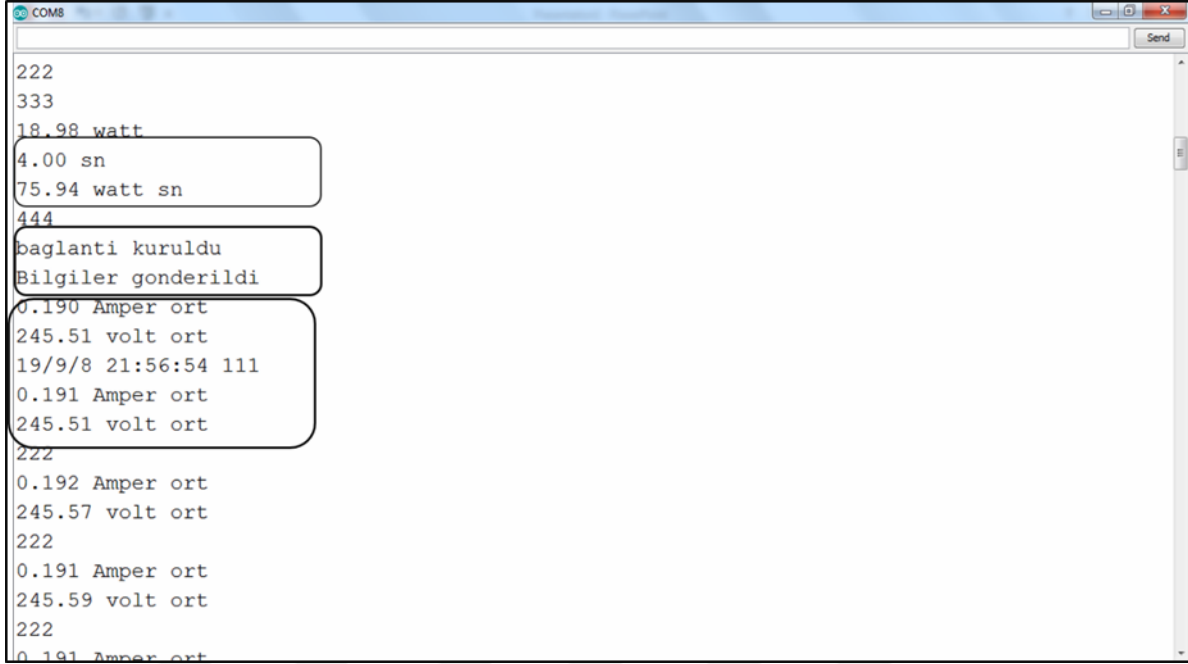
Cihazlar çalışmaya başladığı an veriler alt UTÜ'lerden ana UTÜ sunucusuna gönderilmektedir; ana UTÜ sunucusu "DATALOG" dosyasını oluşturulmaktadır, DATALOG dosyası metin belgesi dosyası olarak biçimlendirilir, DATALOG dosyasını oluşturmanın sebeplerinden biri internet bağlantısını olmama durumunda verilere sonradan ulaşabilmek üzere kaydetmektir. Sistem verileri sunucuya kaydedilemez ise veya DATALOG dosyasını oluşturamadıysa, cihazlara bağlı olan tasarlanmış mikro akıllı şebeke kutuların üzerindeki kırmızı bir LED ışığı çalışır böylece bir ikaz durumu söz konusu olmaktadır.



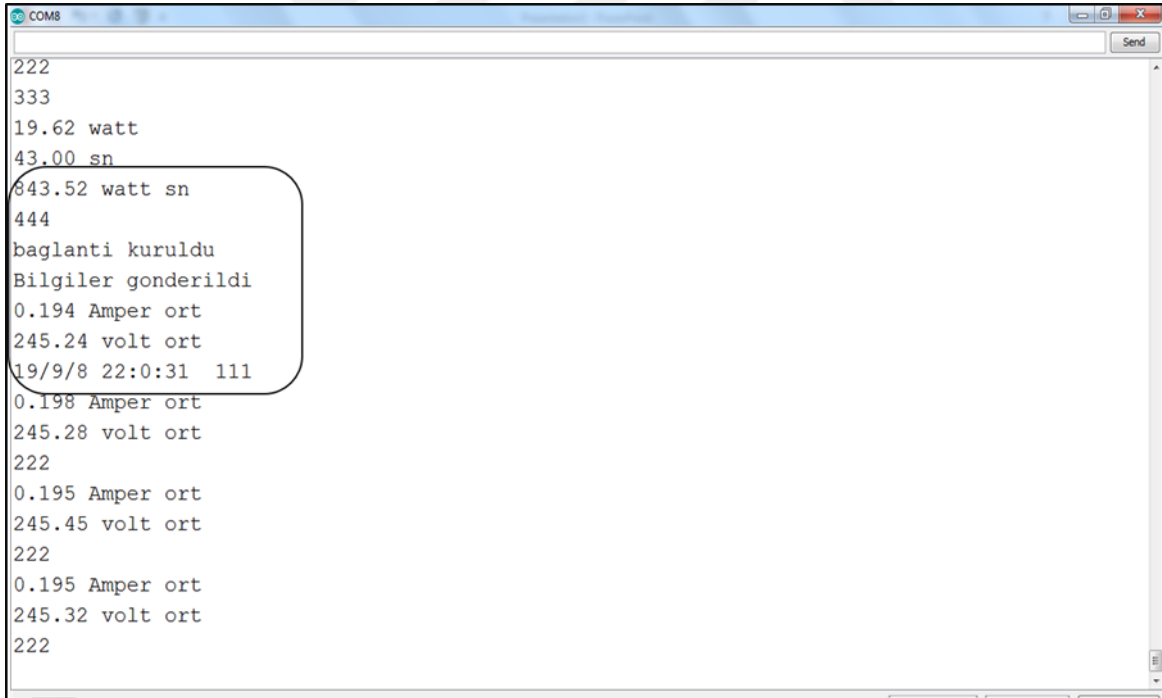
Date/Time	Value	Total
19/5/11 12:24:23	57.00	984.14
19/5/11 12:24:28	61.00	1948.04
19/5/11 12:24:35	69.00	1622.58
19/5/11 12:25:2 4.00	45.81	
19/5/11 12:25:26	28.00	624.51
19/5/11 12:25:40	42.00	580.66
19/5/11 12:25:58	60.00	1615.41
19/5/11 12:26:16	78.00	1299.31
19/5/11 12:26:36	97.00	2515.76
19/5/11 12:27:13	135.00	2093.42
19/5/11 12:29:9 251.00	6746.55	
19/5/11 12:29:40	282.00	5264.46
19/5/11 12:29:51	293.00	54484.72
19/5/11 12:30:15	317.00	6151.65

Resim 3.2. Ana UTÜ'de veri kaydı

Resim 3.2 'de gösterildiği gibi, birkaç cihaz çalıştırılırken bir veri kaydı oluşmaktadır, aynı anda farklı veriler gönderilmiştir, birinci ve ikinci sütun tarih ve saat sütunu, üçüncü sütun kullanımdaki değişikliği gösterir, dördüncü sütun gerçek zamanı gösterir (5-8 saniye gecikmeli), beşinci sütun ise kapatıldıktan sonra belirli bir cihazın toplam kullanım süresini gösterir. Bu verilerin aktarıldığını canlı bir şekilde izlediğimiz zaman (Resim 3.3) bir cihazın bağlantı kurduğu an toplam enerji tüketimini hesaplamaktadır, bir cihazın ne kadar süre zarfında çalıştığını ve ne kadar enerji tükettiğini görüntülemektedir, bu işlev diğer bir cihazın bağlantısı kesildiği veya kurulduğu an tekrarlanır (Resim 3.4). Cihazların çok kısa bir süre için çalışması durumunu göz önüne alınarak çalışma süreleri saniye olarak tutulmaktadır (Resim 3.5).



Resim 3.3. Sistemde cihazın çalışmaya başladığı an



Resim 3.4. Sisteme bağlı olan bir cihazın bağlantısı kesildiği an

```

COMS
222
0.195 Amper ort
245.00 volt ort
222
0.106 Amper ort
245.10 volt ort
222
333
47.50 watt
240.00 sn
11400.35 watt sn
444
baglanti kuruldu
Bilgiler gonderildi
0.091 Amper ort
245.33 volt ort
19/9/8 22:3:25 111
0.091 Amper ort
245.30 volt ort
222
0.092 Amper ort

```

Resim 3.5. Cihazların kullanım süresi ve toplam gücü

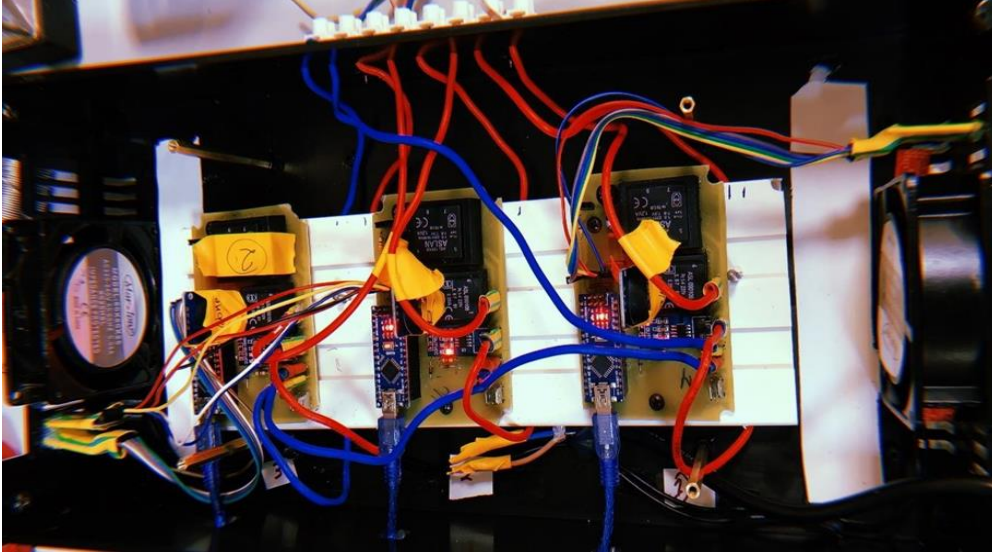
Gerçekleştirilen gömülü sistem ile Nisan-Eylül aylarında altı aylık veri kaydı tutulmuştur.

### 3.2. Çoklu ve Bir Arada Toplanan Sistem

Farklı hava koşullarına göre uygulandıktan bir süre sonra sistem ısınabilmektedir, bu durumda bileşenlerin bazıları doğru çalışmayabilir, daha verimli çalışma ve doğru veri toplamak için tüm mikro akıllı şebekeler Resim 3.6. gösterildiği gibi bir kutuda birleştirilmiştir ve 2 fan tarafından soğutulmakta ve bir elektrik panosuna yakın konumda monte edilebilir. Bu durum, Wi-Fi sağlayıcısıyla düşük bağlantı sinyali olan, büyük evler için uygulanır veya bazı cihazlarda sistemin çalışmasını doğru şekilde etkileyebilecek ısı emisyonu olabilir. Tasarlanan ve gerçekleştirilen gömülü sistemde kullanılan malzemelerin listesi ve fiyatları Çizelge 3.7’de gösterilmektedir.

Çizelge 3.1. Malzemelerin fiyat listesi

Malzeme	Fiyat /\$
Ardiuno	6.1
Acs712	2.2
ESP 8266	2.2
0.35VA trafo	1.6
1.2VA trafo	1.4
Kutu	0.8
Diğer malzemeler	2.3
Toplam	16



Resim 3.6. Üç gömülü sistemin bir kutuda birleşmiş hali

### 3.3. Deneysel Sonuçlar

Bu tezde dört adet sık kullanılan ev cihazları gerçekleştirilen gömülü sistem için kullanılmıştır. Bu cihazlar kahve makinesi, çamaşır makinesi, aydınlatma lambaları ve internet modemdir. Cihazlardan 7 gün 24 saat aralıksız 6 aylık veri toplanmış ve elde edilen veriler aşağıdaki çizgelerde gösterilmektedir. Çizelge 3.2 kahve makinesinin hafta içi ve hafta sonu olarak bir aylık enerji tüketimini göstermektedir. Kahve makinesi bir ayda hafta içi günleri toplam 4441 W ve aylık ortalama 1110 W enerji tüketmiştir, hafta sonu ise toplam 1280 W ve ortalama 640 W tüketmiştir. Evlerde yaygın olarak kullanılan bir başka cihaz olan çamaşır makinesinin enerji tüketiminde kayıt altına alınmıştır. Çamaşır makinesine ait güç tüketimi Çizelge 3.3’de gösterilmektedir.

Çizelge 3.2. Kahve makinesinin hafta içi ve hafta sonu bir aylık enerji tüketimi

Kahve makinesi					
Hafta içi					
	1. hafta/w	2. hafta/w	3.hafta/w	4.hafta/w	
Pazartesi	250	166	230	180	
Salı	280	210	170	166	
Çarşamba	216	195	250	350	
Perşembe	233	240	235	240	
cuma	225	260	195	150	
toplam	1204	1071	1080	1086	4441
ortalama	240.8	357	360	362	1110

Çizelge 3.2. (devam) Kahve makinesinin hafta içi ve hafta sonu bir aylık enerji tüketimi

Hafta sonu					
Cumartesi	300	150	140	210	
Pazar	160	180	140		
Toplam	460	330	280	210	1280
Ortalama	230	165	140	210	640

Çizelge 3.3. Çamaşır makinesinin hafta içi ve haftasonu bir aylık enerji tüketimi

Çamaşır makinesi					
Hafta içi					
	1. hafta/w	2. hafta/w	3. hafta/w	4. hafta/w	
Pazartesi	0	0	0	0	
Salı	0	0	0	0	
Çarşamba	0	0	0	0	
Perşembe	0	400	0	0	
Cuma	800	0	0	800	
Toplam	800	400	0	800	2000
Ortalama	160	80	0	160	500
Haftasonu					
Cumartesi	0	0	800	0	
Pazar	1600	0	0	0	
Toplam	1600	0	800	0	2400
Ortalama	800	0	400	0	600

Ankara ilinde değişen hava şartlarına göre, 65 m<sup>2</sup>lik evi aydınlatmak için tüketim güçleri farklı olan toplam altı adet LED lambası kullanılmaktadır. Lambaların tüketim gücü gün içerisinde ihtiyaca göre değişmektedir. Ayrıca bu evde yaşayan kişi sayısı birdir. Aydınlatma lambalarına ait olan güç tüketimi Çizelge 3.4’de görülmektedir

Çizelge 3.4. Aydınlatmanın hafta içi ve hafta sonu bir aylık enerji tüketimi

Aydınlatma					
Hafta içi					
	1. hafta/w	2. hafta/w	3. hafta/w	4. hafta/w	
Pazartesi	546	540	360	390	
Salı	522.6	300	560	540	
Çarşamba	569.4	450	410	360	
Perşembe	390	570	500	210	
Friday	468	490	550	400	
Toplam	2496	2350	2380	1900	9126
Ortalama	499.2	470	476	380	2281.5

Çizelge 3.4. (devam) Aydınlatmanın hafta içi ve hafta sonu bir aylık enerji tüketimi

Haftasonu					
Cumartesi	702	565	710	690	
Pazar	780	430	234	500	
Toplam	1482	995	944	1190	4611
Ortalama	741	497.5	472	595	1152.75

Kesintisiz çalışan internet modeminin, güç tüketimi altı ay boyunca kayıt altına alınmıştır. İnternet. İnternet modeminin kesintisiz çalışmasının nedeni ise günümüzde yaygın olmasından ziyade gerçekleştirilmiş gömülü sisteme bağlı olan cihazlardan sürekli veri toplamaktır.

Çizelge 3.5. İnternet modeminin hafta içi ve hafta sonu bir aylık enerji tüketimi

İnternet modemi					
Hafta içi					
	1. hafta/w	2. hafta/w	3. hafta/w	4. hafta/w	
Pazartesi	186	186	186	186	
Salı	186	186	186	186	
Çarşamba	186	186	186	186	
Perşembe	186	186	186	186	
Friday	186	186	186	186	
Toplam	930	930	930	930	3720
Ortalama	186	186	186	186	930
Haftasonu					
Cumartesi	186	186	186	186	
Pazar	186	186	186	186	
Toplam	372	372	372	372	1488
Ortalama	186	186	186	186	372

Çizelge 3.6. Tüm cihazların hafta içi ve hafta sonu bir aylık enerji tüketimi

Hafta içi						
Aygıt	1. hafta/w	2. hafta/w	3. hafta/w	4. hafta/w	Toplam/ay	Ortalama/ay
Kahve Makinesi	1204	1071	1080	1086	4441	1110.25
Çamaşır Makinesi	800	400	0	800	2000	500
Aydınlatma	2496	2350	2380	1900	9126	2281.5
internet modemi	930	930	930	930	3720	930
Toplam	5430	4751	4390	4716	19287	
Ortalama	1357.5	1187.75	1097.5	1179	4867.25	

Çizelge 3.6. (devam) Tüm cihazların hafta içi ve hafta sonu bir aylık enerji tüketimi

Haftasonu						
Kahve Makinesi	460	330	280	210	1280	320
Çamaşır Makinesi	1600	0	800	0	2400	600
Aydınlatma	1482	995	944	1190	4611	1152.75
internet modemi	372	372	372	372	1488	372
Toplam	3914	1697	2396	1772	9779	
Ortalama	978.5	424.25	599	443	2444.75	

Bu veriler 65 metre karelik bir evden altı ay boyunca toplandı, çizelge 3.6'da her hafta toplam enerji tüketimi görünmektedir, ayrıca uygulanmış olan aygıtların ortalama enerji tüketimi aylık ve haftalık bir aylık (çizelge 3.6) ve 6 aylık (çizelge 3.7) olarak verilmektedir.

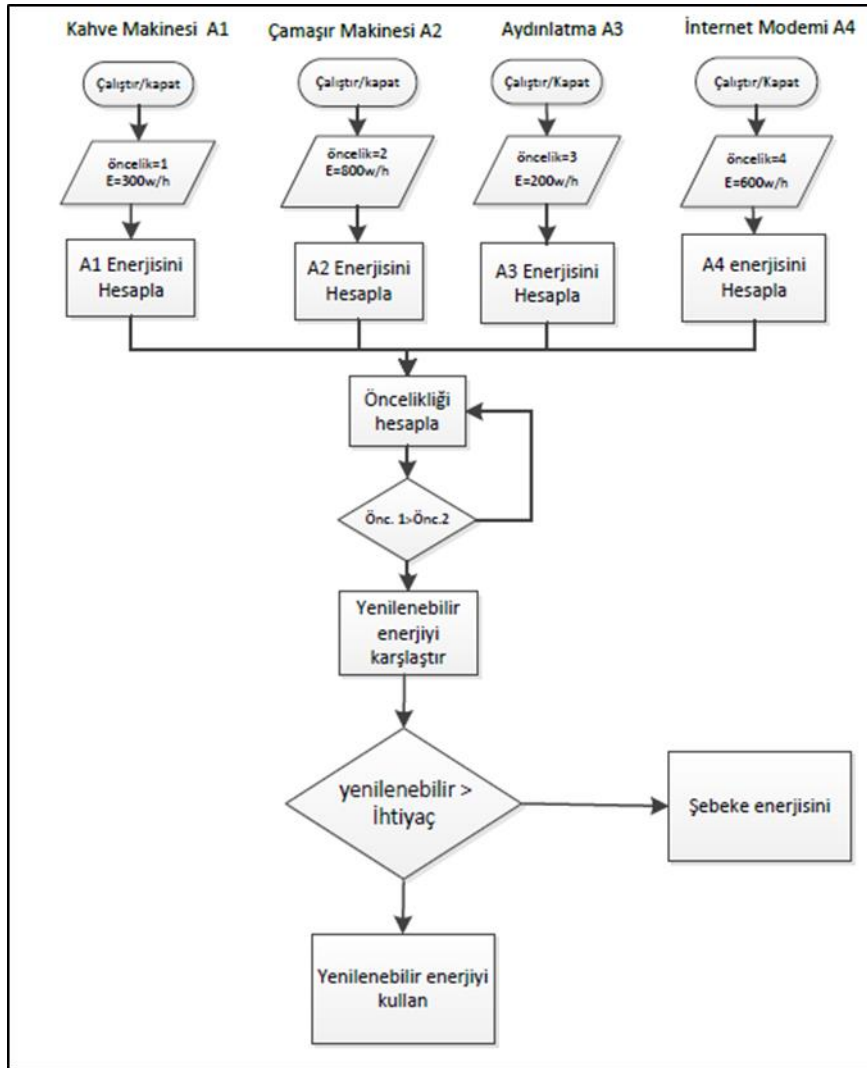
Çizelge 3.7. Tüm cihazların hafta içi ve hafta sonu altı aylık enerji tüketimi

Altı ayın veri kaydı								
Hafta içi								
Aygıt	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Toplam/Ay	Ortalama/Ay
Kahve Makinesi	4441	4250	4360	4400	2500	4265	24216	4036
Çamaşır Makinesi	2000	2105	1800	2500	2265	3000	13670	2278.333333
Aydınlatma	9126	8967	8842	8300	6500	8943	50678	8446.333333
internet modemi	3720	3720	3720	3720	2000	3720	20600	3433.333333
Toplam	19287	19042	18722	18920	13265	19928	109164	
Ortalama	4821.75	4760.5	4680.5	4730	3316.25	4982	18194	
Haftasonu								
Kahve Makinesi	1280	1300	1195	800	550	964	6089	
Çamaşır Makinesi	2400	2560	2360	2540	1600	1700	13160	
Aydınlatma	4611	4522	4284	3900	3100	4470	24887	
internet modemi	1488	1488	1488	1488	900	1488	8340	
Toplam	9779	9870	9327	8728	6150	8622	52476	
Ortalama	2444.75	2467.5	2331.75	2182	1537.5	2155.5	8746	

Gerçekleştirilen gömülü sistem elde edilen veriler temel elektrikli ev cihazlarına sahip bir kişinin yaşadığı 65 m<sup>2</sup>lik bir eve aittir. Evde yaşayan kişi sayısı ya da yaşayanların yaşlarına göre tüketim miktarı değişmektedir.

### 3.4. Benzetim

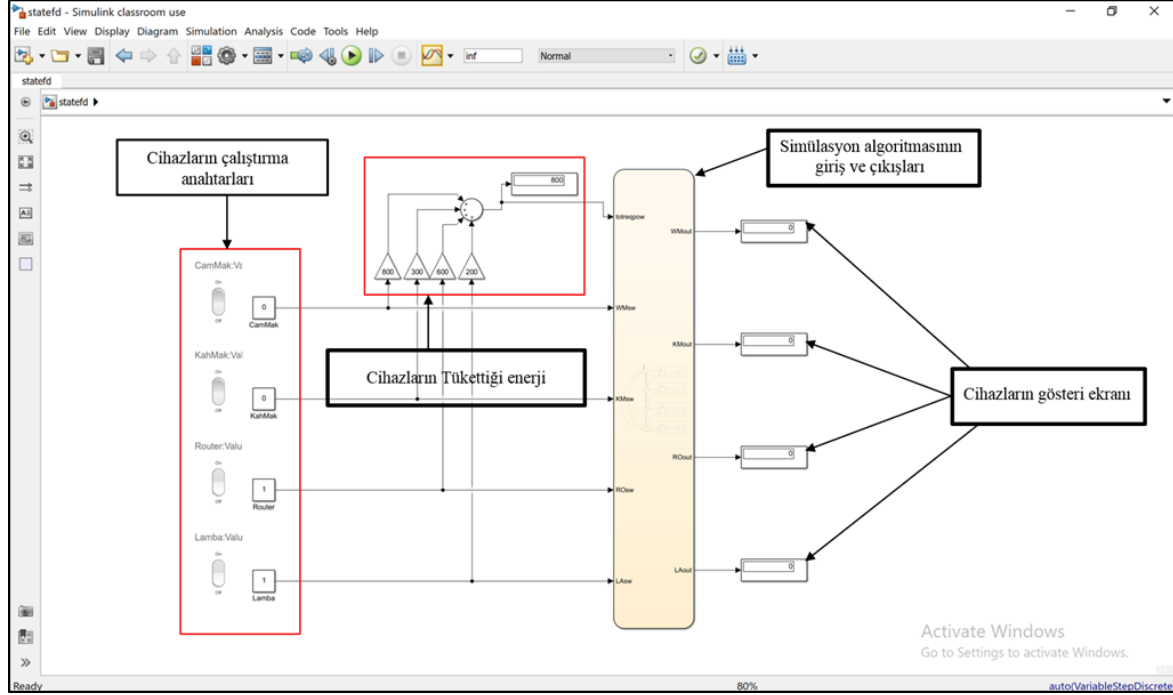
Sistemi denetlemek için etmek için, Matlab Simulink ile bir benzetim aracı tasarlanmıştır, bu araca elde edilmiş verileri girerek en uygun enerji kaynağını kullanılması önerilmiştir. Resim 3.7. görüldüğü gibi benzetim şeması bulunmaktadır, bu şema ölçümü yapılan dört aygıt (kahve makinesi, çamaşır makinesi, internet modemi ve aydınlatma sistemi) olarak kullanılmıştır.



Şekil 3.3. Benzetim algoritmasının aşamaları

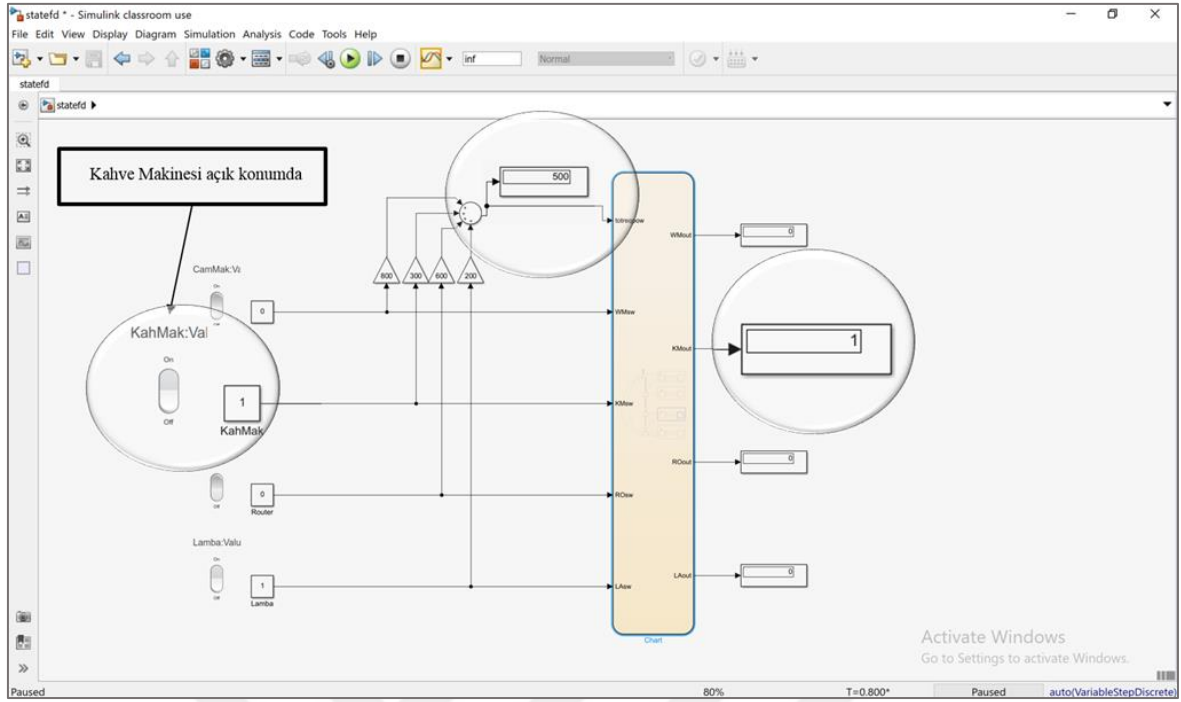
Resim 3.8. kahve makinesinin açık konumda ve diğer cihazlar kapalı konumda olduğu zaman toplam enerji tüketimi 500 watt olarak göstermektedir Böylece benzetim aşamasına girince öneri olarak kahve makinesini açık tutmamızı önermektedir. Bu benzetim depolanan yenilenebilir enerji kaynağını açık konumda olan cihazların durumuna göre bir karar

sistemidir. Bu karar sistemi en düşük enerji tüketimine sahip olan cihazlar ve öncelik olarak hangi cihazı çalıştırmamıza önceliği hesaplayarak karar vermektedir. Cihazların çıkış ekranlarında sıfır bulunursa cihazı çalıştırmayın bir bulunursa cihazı çalıştırın anlamına gelmektedir.

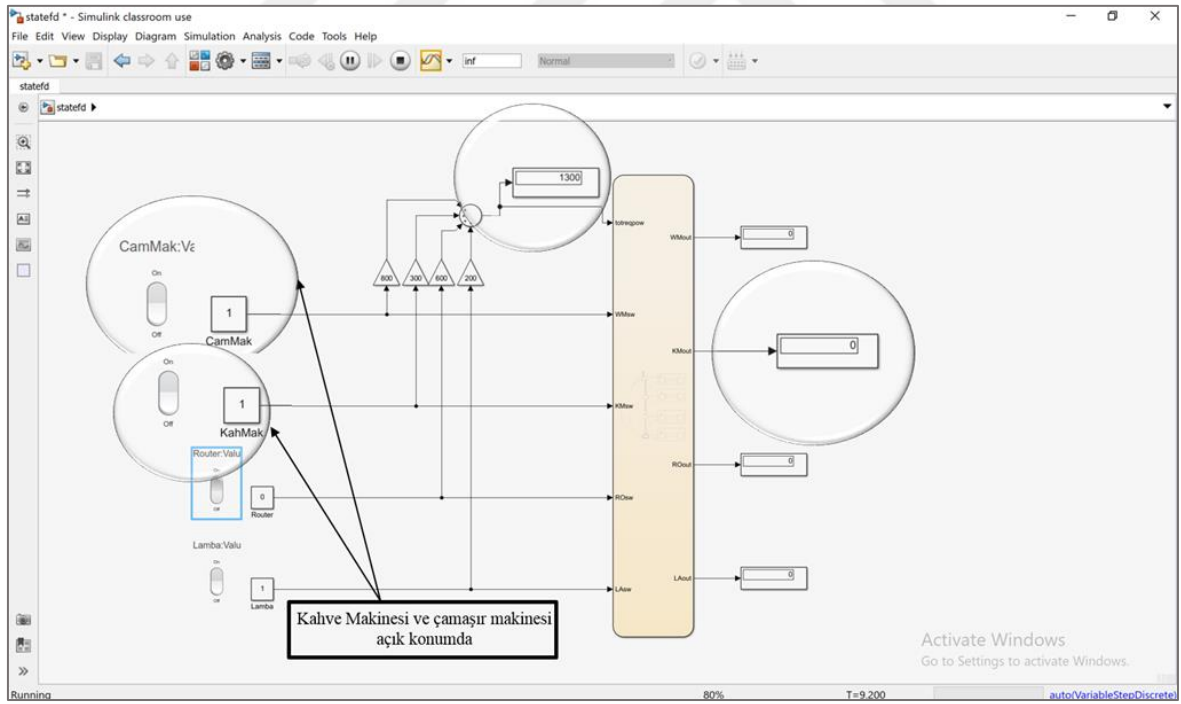


Resim 3.7. Benzetim aracının açıklaması

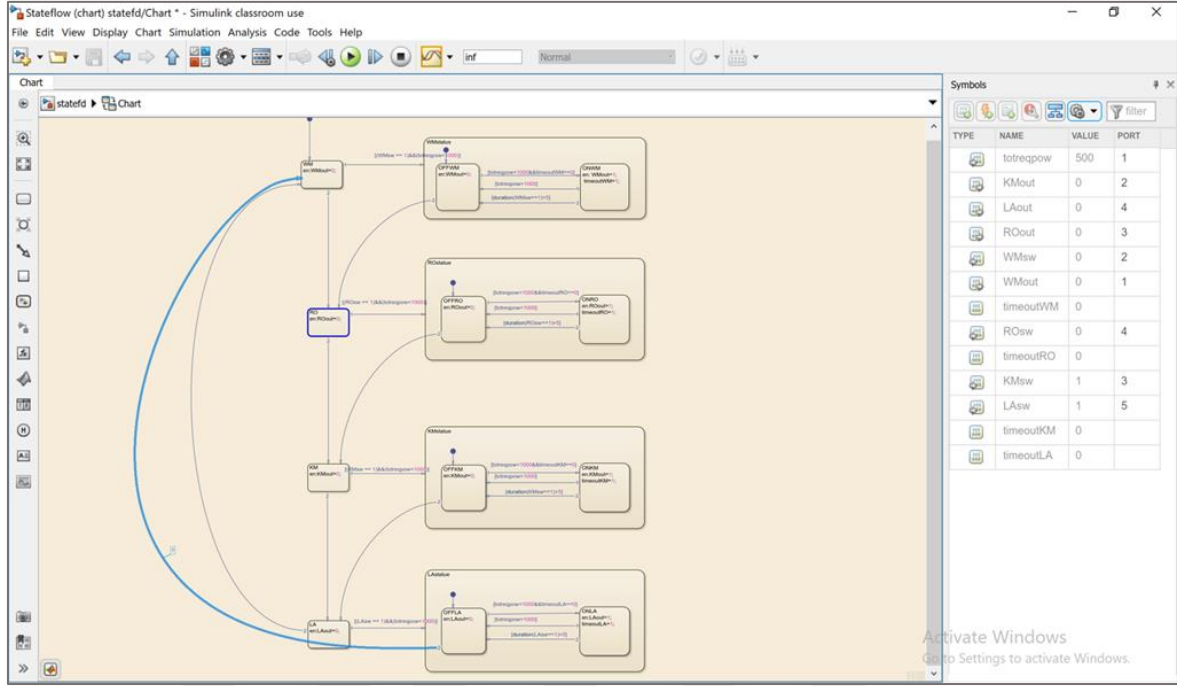
Resim 3.9. görüldüğü gibi kahve makinesi ve çamaşır makinesi açık konumda olduğu zaman tüketilecek enerji toplamda 1300 watt olarak gösterilmektedir. Bu nedenle bizim girmiş olduğumuz veriden depolanan enerji ile karşılaştığımızda depolanan enerjiden daha yüksek olduğu için herhangi bir cihaz çalışmamaktadır Böylece şebeke enerjisini kullanmamızı öneride bulunmaktadır. Resim 3.10'da görüntülenen Akım şemasındaki sol taraftaki küçük boyutlu bloklar cihazları göstermektedir, sağ taraftaki büyük boyuta olan bloklar ise cihazların iç algoritmasını göstermektedir. Küçük blokların çerçevesinde mavi çizgi bir cihazlar denetlenmeye başlamasını belirtmektedir. Sağ taraftaki blokların çerçevesindeki mavi çizgi, bir cihazın açık konumda olduğunu belirtmektedir (Resim 3.11), Resim 3.12 büyük blokların içindeki blokları çerçevesinde mavi renk cihazın önerildiği anlamına gelmektedir.



Resim 3.8. Kahve makinesi açık konumda



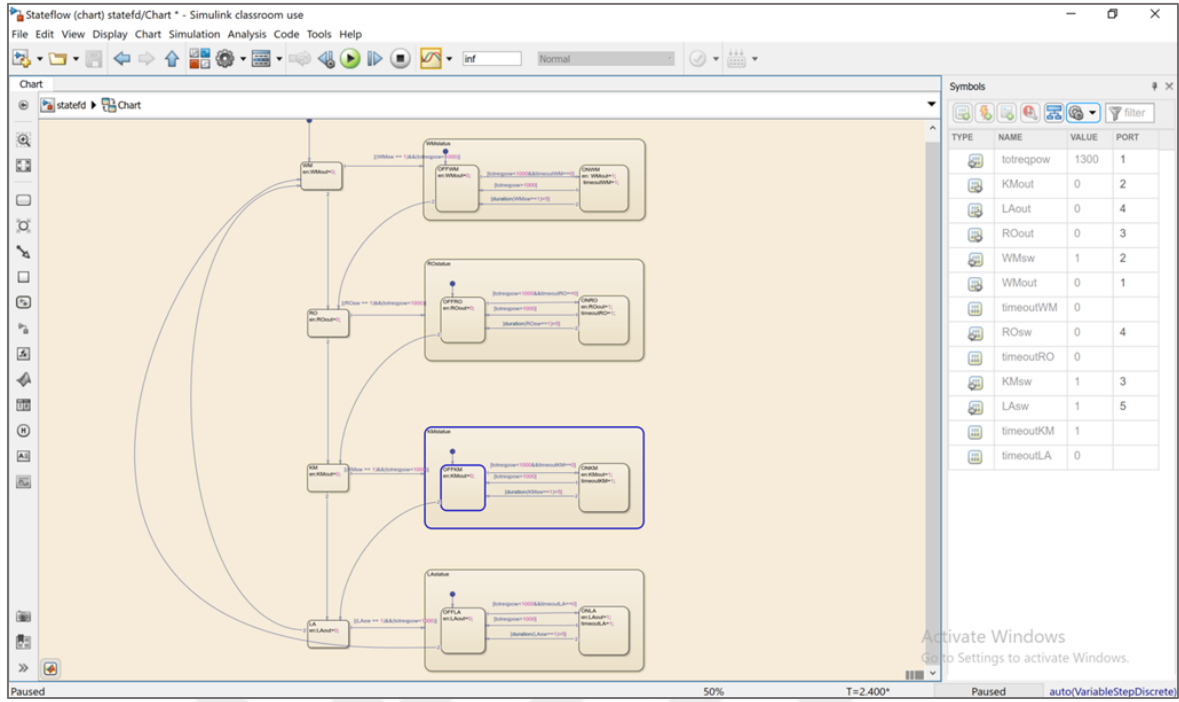
Resim 3.9. Kahve makinesi ve çamaşır makinesi açık konumda



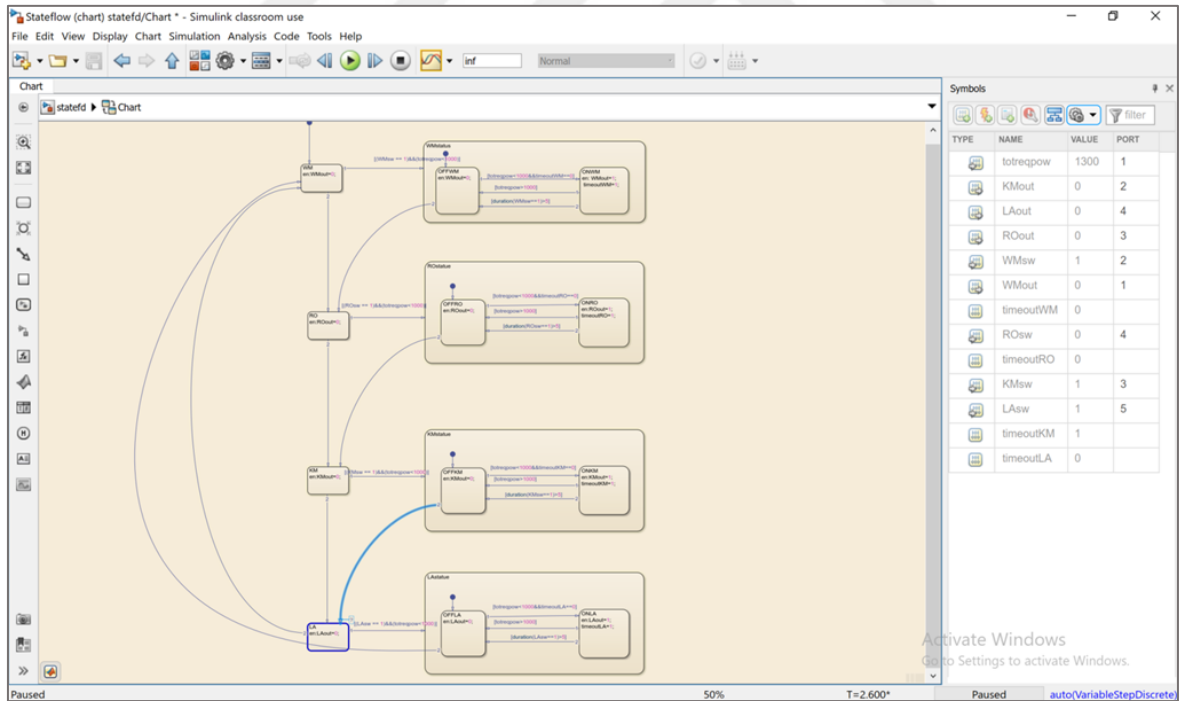
Resim 3.10. Algoritmanın iç yapısı (sadece kahve makinesi açık konumda)

Akım şemasında kahve makinesinin çalıştırmasını önerdikten sonra bir sonraki cihazın konumunu denetlemeye devam eder. Tüm cihazlar denetildikten sonra algoritma akış şemasında sıfır konumuna dönmektedir (Resim 3.15), (Resim 3.16) ve (Resim 3.17). Tüketim talep değeri belirtilmiş yenilenebilir enerji kaynağını değerinden daha yüksek olduğu için her hangi bir cihazın çalıştırılmasını önermeden, algoritmanın akış şeması başlangıç konumuna geri dönmektedir (Resim 3.18) ve (Resim 3.19). Cihazların çalıştırılması önerildiği halde cihazların gösteri ekranında (bir) Her hangi bir cihazın çalıştırılması önerilmediği halde (sıfır) göstermektedir (Resim 3.20).

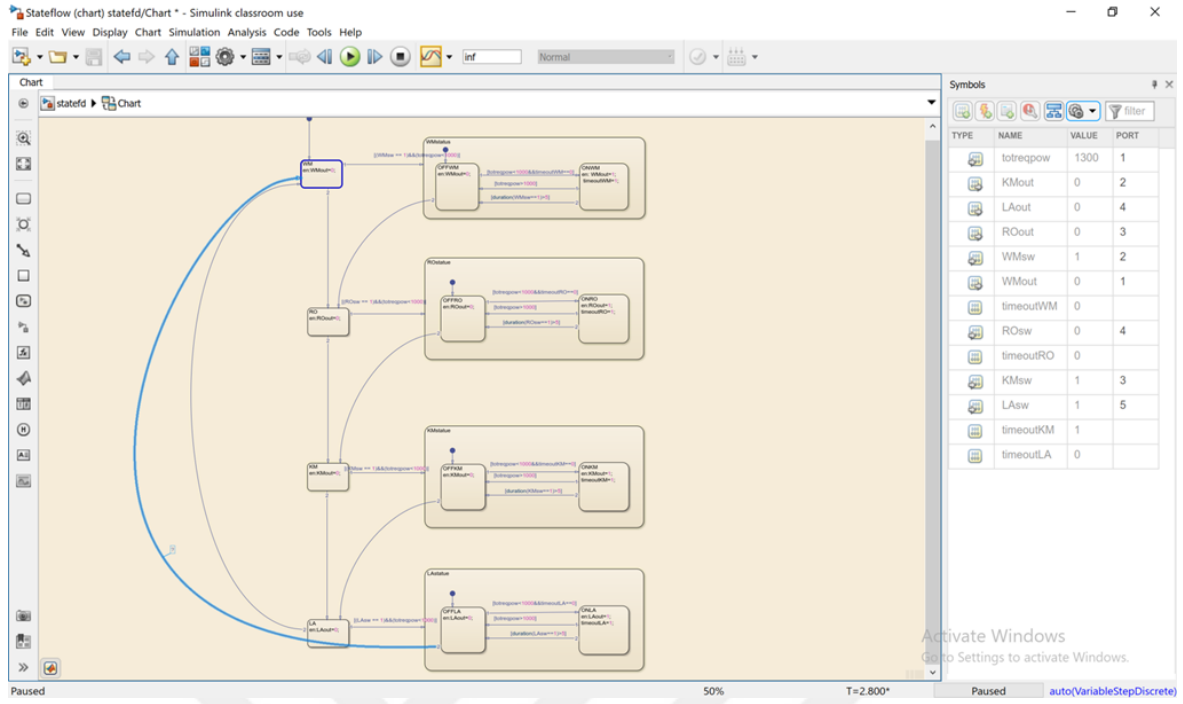




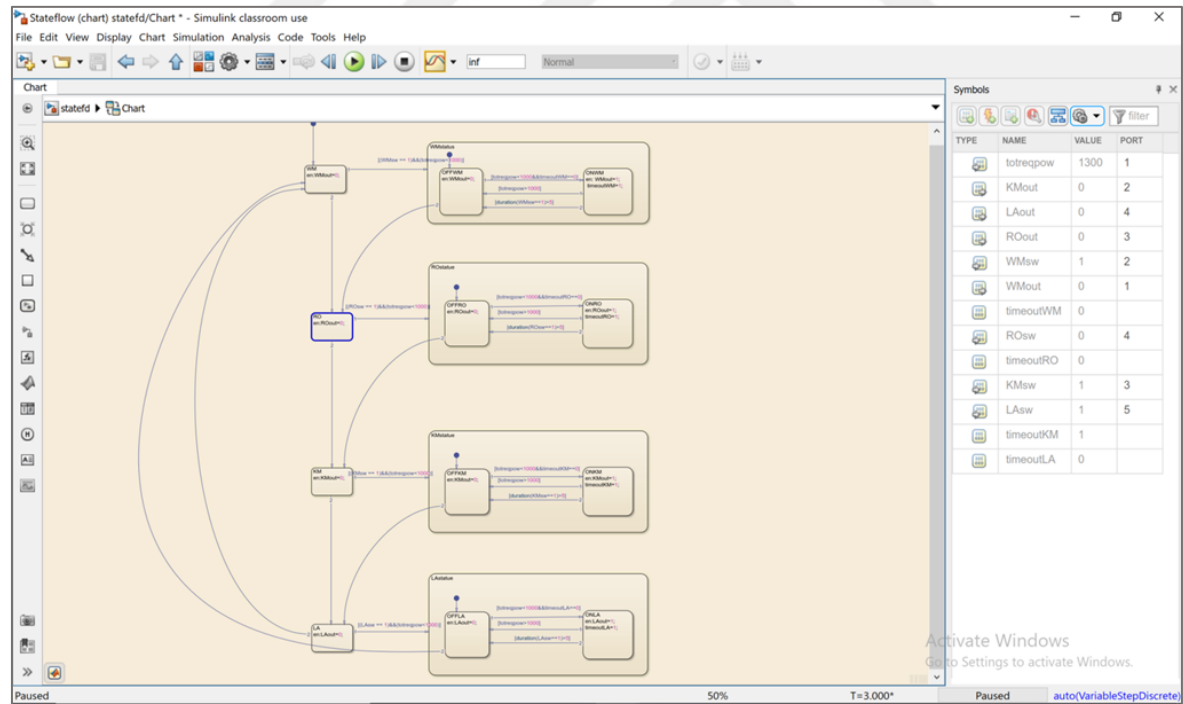
Resim 3.13. Algoritma hesaplama devam etmesi



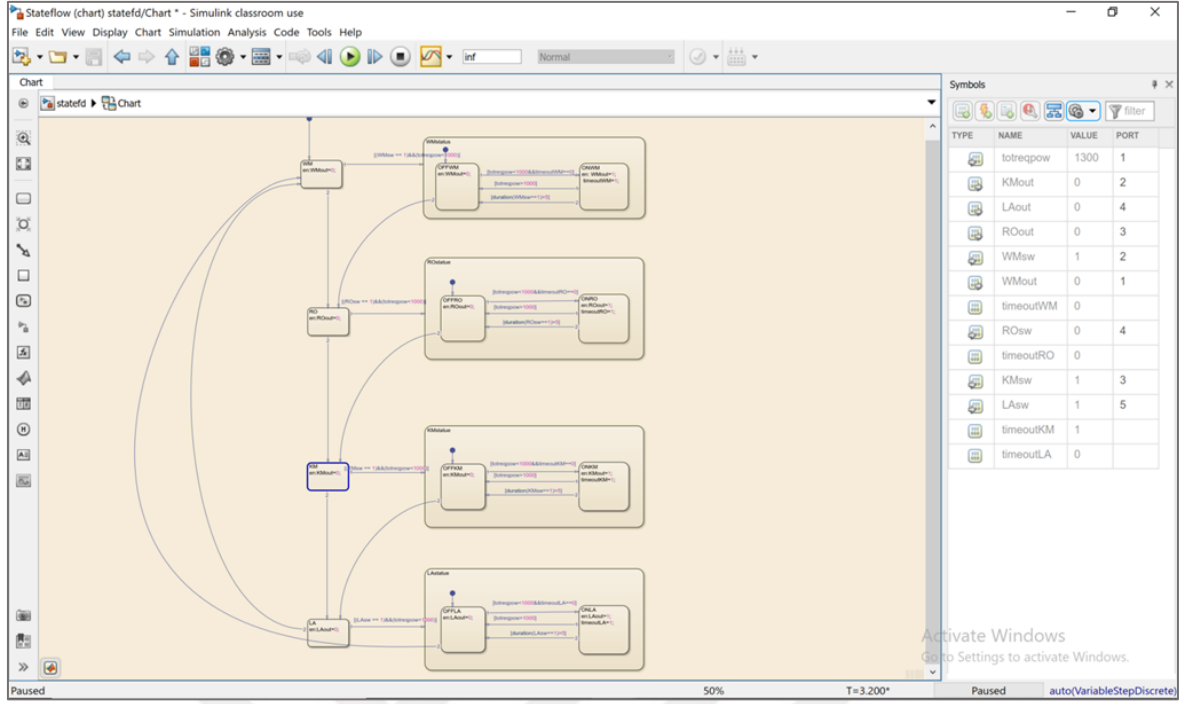
Resim 3.14. Algoritma sıradaki aygıtla ilerlemesi



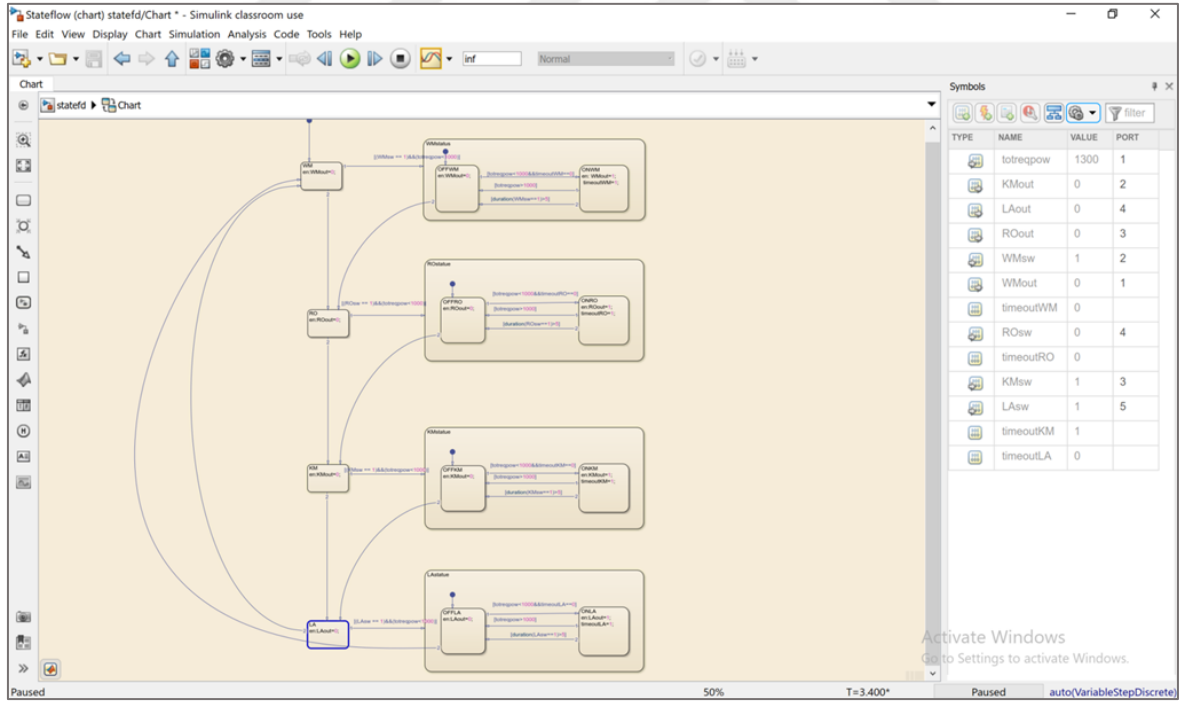
Resim 3.15. Algoritmanın sıfır konumuna dönmesi



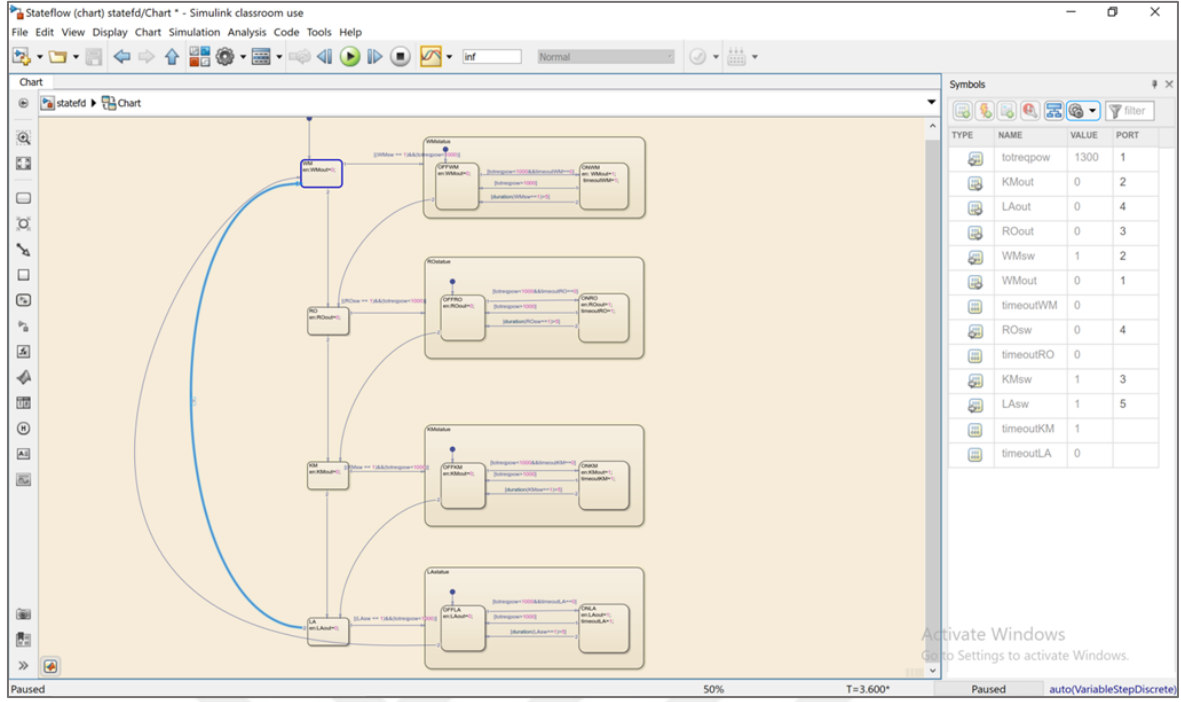
Resim 3.16. Algoritmanın tüm cihazları denetmesi



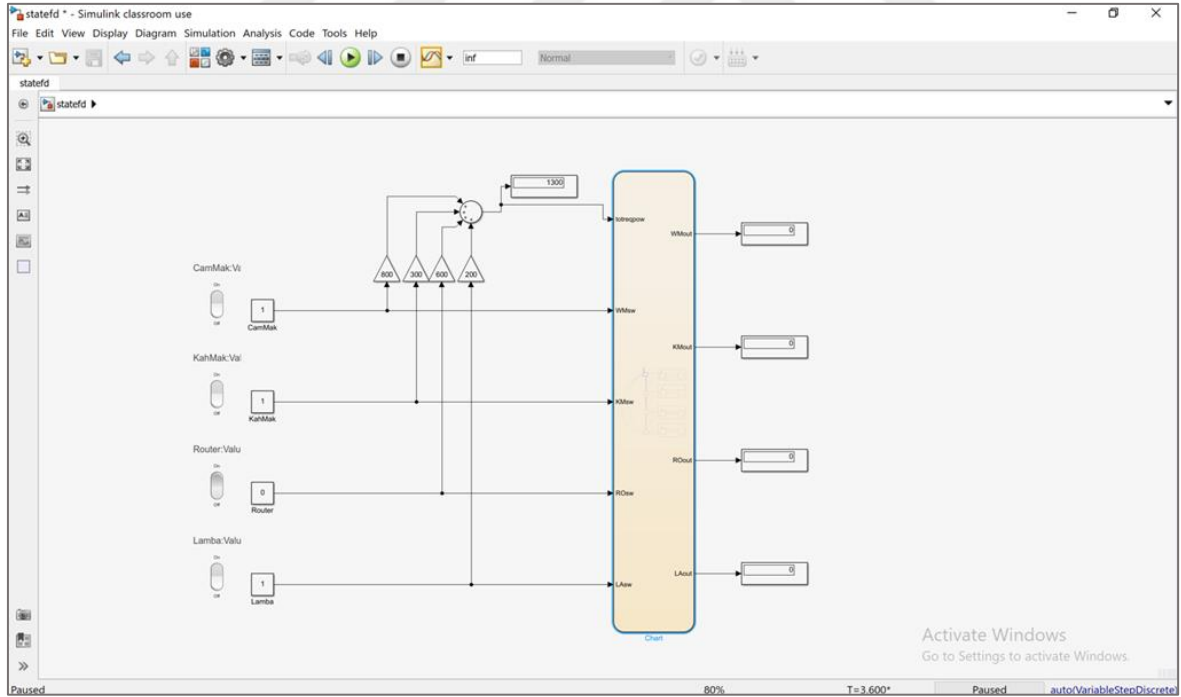
Resim 3.17. Algoritmanın tüm cihazlar kapalıyken ilerlemesi



Resim 3.18. Üç cihaz açık konumdayken her hangi bir cihazın iç algoritmasına girmemesi



Resim 3.19. Algoritmanın başlangıç konumuna dönmesi



Resim 3.20. İhtiyaç enerjisi yenilenebilir enerjiden daha yüksek olması

Benzetim aracına 27 yaşındaki bir bay kişinin önceliklerine göre girişler yapılmıştır evde yaşayan kişilerin önceliğine göre cihazların öncelik atamaları yeniden yapılmalıdır. Örneğin küçük yaştaki bir bireyin önceliği kahve makinesi yerine çamaşır makinesi ya da aydınlatma lambaları olabilecektir

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında şebeke ve yenilenebilir enerji kaynaklarını izlemek için bir gömülü sistem tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen gömülü sistem çok düşük bir güç tüketimine sahiptir. Ayrıca her evde ve cihazda kullanılabilecek kadar düşük maliyete sahiptir.

Çalışmada önerilen güç yönetim algoritması Matlab Simulink üzerinde geliştirilen modelde test edilmiştir. Sisteme girilen öncelik sıralamasına göre cihazların çalıştırılmasının başarı ile sağlandığı görülmektedir.

Fatura maliyetlerini en aza indirmek için önerilen algoritmanın girdilerini. 65 m<sup>2</sup>lik bir evde altı ay boyunca çamaşır makinesi, kahve makinesi, aydınlatma lambaları ve internet modemi üzerinden alınan veriler oluşturmaktadır.

Bu yaklaşım, yenilenemeyen enerji kullanımının en aza indirmek için gerçekleştirilmiştir. Sistem öngörülen koşullara göre yeniden programlanarak, farklı şartlarda enerji kaynağı kullanımını yönetecek şekilde tasarlanmıştır.

Çalışmanın geliştirilmesi için çeşitli hava koşulları, farklı enerji talepleri, enerji kaynakları ve enerji sağlayıcı fiyatları dikkate alınarak, çalıştırılabilecek bir makine öğrenme algoritması kullanılabilir. Matlab Simulinkte geliştirilen algoritma mevcut gömülü sisteme eklenerek bir kontrol kartı ile gerçek zamanlı olarak çalıştırılabilir.



## KAYNAKLAR

1. Chen, D. and Xu, L. (2012). Autonomous DC voltage control of a DC microgrid with multiple slack terminals. *The Institute of Electrical and Electronics Engineers Transactions on Power Systems*, 27(4), 1897-1905.
2. Çolak, I., Bayindir, R., Fulli, G., Tekin, I., Demirtas, K. and Covrig, C. F. (2014). Smart grid opportunities and applications in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 33, 344-352.
3. Dasgupta, S., Mohan, S. N., Sahoo, S. K. and Panda, S. K. (2011, December). *Evaluation of current reference generation methods for a three-phase inverter interfacing renewable energy sources to generalized micro-grid*. In 2011 IEEE Ninth International Conference on Power Electronics and Drive Systems, Singapore, 316-321.
4. Deshpande, A., Karnataki, K., Darshana, K., Deshpande, P., Mitavachan, H. and Shankar, G. (2015, September). *Smart renewable energy micro grid for indian scenarios*. In 2015 International Conference on Advanced Computing and Communications, Haryana, 22-26.
5. Fabrizio, E., Branciforti, V., Costantino, A., Filippi, M., Barbero, S., Tecco, G., Mollo, P. and Molino, A. (2017). Monitoring and managing of a micro-smart grid for renewable sources exploitation in an agro-industrial site. *Sustainable Cities and Society*, 28, 88-100.
6. Fabrizio, E., Branciforti, V., Costantino, A., Filippi, M., Barbero, S., Tecco, G., Mollo, P. and Molino, A. (2017). Monitoring and managing of a micro-smart grid for renewable sources exploitation in an agro-industrial site. *Sustainable Cities and Society*, 28, 88-100.
7. Fang, L., Chen, J., Chen, X., Gong, C. and Fan, Y. (2013, October). *Analysis and control of smooth transferring for micro-grid with droop control*. In 2013 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, Beijing, 1-5.
8. González-Vidal, A., Moreno-Cano, V., Terroso-Sáenz, F. and Skarmeta, A. F. (2016). Towards energy efficiency smart buildings models based on intelligent data analytics. *Procedia Computer Science*, 83, 994-999.
9. Good, N., Ellis, K. A. and Mancarella, P. (2017). Review and classification of barriers and enablers of demand response in the smart grid. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 57-72.
10. Kamal, T., Hassan, S. Z., Li, H., Mumtaz, S. and Khan, L. (2016, January). *Energy management and control of grid-connected wind/fuel cell/battery Hybrid Renewable Energy System*. In 2016 International Conference on Intelligent Systems Engineering, Islamabad, 161-166.
11. Lawrence, T. M., Boudreau, M. C., Helsen, L., Henze, G., Mohammadpour, J., Noonan, D., Patteeuw, D., Pless, S. and Watson, R. T. (2016). Ten questions concerning integrating smart buildings into the smart grid. *Building and Environment*, 108, 273-283.

12. Li, H. and Han, Z. (2011). *Distributed scheduling of wireless communications for voltage control in micro smart grid*. 2011 IEEE GLOBECOM Workshops (GC Wkshps), Houston, 1188-1193.
13. Rahman, M. S., Hossain, M. J., Rafi, F. H. M. and Lu, J. (2016, November). *A multi-purpose interlinking converter control for multiple hybrid AC/DC microgrid operations*. In 2016 IEEE Innovative Smart Grid Technologies-Asia (ISGT-Asia), Melbourne, 221-226.
14. Liu, B., Zhuo, F., Zhu, Y. and Yi, H. (2014). System operation and energy management of a renewable energy-based DC micro-grid for high penetration depth application. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 6(3), 1147-1155.
15. Meng, W. and Wang, X. (2017). Distributed energy management in smart grid with wind power and temporally coupled constraints. *The Institute of Electrical and Electronics Engineers Transactions on Industrial Electronics*, 64(8), 6052-6062.
16. Yao, L., Lim, W. H. and Lai, C. C. (2016). *Self-learning fuzzy controller-based energy management for smart home*. 2016 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData), Chengdu, 87-93.
17. Zulati, L. and Lu, S. Q. (2013, June). *Monitoring system of intelligent micro-grid of renewable energy in energydeficient rural area--take qira power system as example*. In 2013 Fourth International Conference on Digital Manufacturing & Automation, Qindao, 805-809.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : Ahmed DEBBAĞ  
 Uyuğu : Irak  
 Doğum tarihi ve yeri : 19.08.1992, Kerkük  
 Medeni hali : Bekâr  
 Telefon : 0 532 274 40 81  
 e-mail : debag.ahmt@gmail.com



### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi/ Bilgisayar mühendisliği	Devam Ediyor
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Enerji Sistemleri Mühendisliği	2016-Ertelendi
Lisans	Alrafidain Üniversitesi/Bağdat	2014
Lise	Şehit Abdullah Abdülrahman Lisesi/Kerkük	2010

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2017-2019	Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığı	Tercümanlık koordinatörü

### Yabancı Dil

İngilizce, Arapça

### Yayınlar

DURAN, F. & AL-DABBAGH, A. H. F. (2019). *Design and Implementation of Low Cost Energy Monitoring System for Microgrid Applications*. Bilge International Journal of Science and Technology Research, (Kabul edildi)

### Hobiler

Fotoğrafçılık





*GAZİ GELECEKTİR..*