

T.C.
TURGUT ÖZAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK VE BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**AKILLI ŞEBEKE UYGULAMALARINA YÖNELİK KÜÇÜK ÖLÇEKLİ BİR
ŞEBEKE PROTOTİPİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE KONTROLÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan

Mahmut ŞİK

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Vedat KIRAY

Ankara-2014

T.C.
TURGUT ÖZAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK VE BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**AKILLI ŞEBEKE UYGULAMALARINA YÖNELİK KÜÇÜK ÖLÇEKLİ BİR
ŞEBEKE PROTOTİPİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE KONTROLÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan

Mahmut ŞİK

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Vedat KIRAY

Ankara-2014

Bilimsel Etik Bildirim Sayfası

Turgut Özal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı beyan ederim.

.../.../...

İmza

Mahmut ŞIK

ONAY

Mahmut ŞIK tarafından hazırlanan “**Akıllı Şebeke Uygulamalarına Yönelik Küçük Ölçekli Bir Şebeke Prototipinin Geliştirilmesi Ve Kontrolü**” başlıklı bu çalışma, 11.02.2014 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oybirliği ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik ve Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında Tezli Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

.....

Yrd. Doç. Dr. Vedat KIRAY(Başkan)

.....

Yrd. Doç. Dr. Taner TOPAL

.....

Yrd. Doç. Dr. Göksel GÜNLÜ

ÖNSÖZ

Tez çalışmalarında engin bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, görüşleri ile çalışmama destek ve yön veren danışmanım Yrd. Doç. Dr. Vedat KIRAY'A, yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen tüm mesai arkadaşlarıma ayrıca Mikail DÜNDAR ve Halil ERTAŞ'A son olarak da, bu noktalara gelmemde en büyük pay sahibi olan, hiçbir zaman desteklerini esirgemeyen ve sabırla bekleyen eşime ve oyunlarında yalnız bıraktığım oğluma beni affetmesi temennisiyle, değerli aileme şükranlarımı sunarım.

ÖZET

ŞIK, Mahmut. Akıllı Şebeke Uygulamalarına Yönelik Küçük Ölçekli Bir Şebeke Prototipinin Geliştirilmesi Ve Kontrolü, Yüksek Lisan Tezi, Ankara, 2014.

Elektrik üretim, iletim, dağıtım ve tüketiminin bilgisayar ve ağ teknolojilerinden yararlanarak yeniden yapılandırılması, Akıllı Şebeke sistemi (Smart Grid) olarak ele alınmaktadır. Elektriğin tüketildiği yerde üretilmesini hedefleyen ve ihtiyaç olduğunda Akıllı Şebeke ile entegre olabilen Küçük Ölçekli Akıllı Şebekeler (MicroGrids) ise, Akıllı Şebekelerin çok önemli alt sistemlerinden birisini oluşturmaktadır. Çünkü Akıllı Şebeke enerji talebinin çok arttığı durumlarda Microgridlerin enerjisine başvurarak talebi karşılamayı hedeflemektedir. Bunun yanında enerji depolama sistemlerinin, yenilenebilir enerji kaynaklarının ve elektrikli taşıtların akıllı şebekeye entegrasyonu Microgridler üzerinden yapılabilmektedir.

Bu tezde, bir Microgrid Prototipi ve prototip için gerekli olan enerji yönetim sistemi tasarlanmıştır. Tasarlanan sistemle, küçük ölçekli bir şebekede olabilecek üretim, tüketim, enerji depolama ve şebekeden bağımsız /bağımlı çalışma senaryolarının gözlenebilmesi birinci hedef olarak ele alınmıştır ve bu olay bir LCD ekran üzerinde eş zamanlı olarak simüle edilmiştir. Enerji yönetim sisteminde S7 1200 PLC kullanılmıştır.

Anahtar Sözcükler

1. Akıllı Şebekeler
2. Mikro Şebekeler
3. Mikro Şebeke Prototipi
4. Mikro Şebeke Laboratuvarı

ABSTRACT

ŞIK, Mahmut. Control And Develop Prototype Of A Small Scale Grid For Smart Grid Applications, M.Sc.Thesis, Ankara, 2014.

Restructuring of generation, transmission, distribution and consumption of the Electricity by taking advantage of the computer and network technology is discussed as Smart Grid System. On the other hand Small-Scale Smart Grids (Micro Grids) which constitutes one of the very important subsystems aims to produce electricity where it is consumed and when needed, can be integrated with the main smartgrid. Smart Grid aims to meet the energy demand in moments of excessive usage by referring to Micro Grid energy production. In addition, smart grid integration of energy storage systems, renewable energy sources and electric vehicles can be made via MicroGrids.

In this thesis, a Micro- Grid prototype and the energy management system required for the prototype is designed. With the Designed system, observation of the production, consumption, energy storage and grid-dependent / independent work scenarios which may be happen in a small-scale grids is taken as the first target and this event were simulated simultaneously on an LCD screen. S7 1200 PLC platform is used in energy management systems.

KeyWords

1. Smart Grid
2. Micro Grid
3. Micro Grid Prototype
4. Micro Grid Laboratory

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
KISALTMALAR	viii
TABLolar.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

AKILLI ŞEBEKELER

1.1	AKILLI ŞEBEKE BİLEŞENLERİ.....	7
1.1.1	Uygulama Katmanı	9
1.1.1.1	Talep Kontrol Yönetimi	10
1.1.1.2	Enerji Kesinti Yönetimi.....	11
1.1.1.3	Gelişmiş Ölçüm Altyapısı	12
1.1.1.4	Varlık Yönetimi.....	14
1.1.1.5	Kaçak Enerji Kullanımı Tespiti.....	15
1.1.2	Güç Katmanı	15
1.1.2.1	Enerji Üretimi.....	16
1.1.2.2	Enerji Dağıtım	16
1.1.3	Haberleşme Katmanı.....	19
1.1.3.1	Ev Alan Ağı (Home Area Network, HAN).....	20
1.1.3.2	Yerel Alan Ağı (Local Area Network, LAN).....	21
1.1.3.3	Geniş Alan Ağı (Wide Area Network, WAN)	21
1.2	AKILLI ŞEBEKELERİN FAYDALARI	22
1.3	ÜLKEMİZDEKİ YENİLENEBİLİR ENERJİ POTANSİYELİ.....	24

1.3.1PV (Photovoltaic).....	24
1.3.2Rüzgâr Enerjisi.....	26

İKİNCİ BÖLÜM

KÜÇÜK ÖLÇEKLİ ŞEBEKELER

2.1 KÜÇÜK ÖLÇEKLİ ŞEBEKELERİN YAPISI	29
2.1.1 Mikro Kaynaklar	29
2.1.2 Yükler	30
2.1.3 Depolama Aygıtları.....	30
2.1.3.1 Elektriksel Enerji Depolama Teknolojileri.....	31
2.1.3.2 Mekaniksel Enerji Depolama Teknolojileri	32
2.1.3.3 Kimyasal Enerji Depolama Teknolojileri.....	33
2.1.4 Kontrol Sistemleri	34
2.1.5 Ortak Bağlantı Noktası	35
2.2 KÜÇÜK ÖLÇEKLİ ŞEBEKELERİN AKILLI ŞEBEKELER KAPSAMINDA YERİ VE ÖNEMİ.....	36

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

KÜÇÜK ÖLÇEKLİ ŞEBEKELERLE İLGİLİ PROTOTİP VE LABORATUAR ÇALIŞMALARI

3.1 BÜYÜK ÖLÇEKLİ MICRO GRİD LABORATUVARLARI	38
3.1.1 Aichi Microgrid Projesi- Japanyo Merkez Havaalanı:	39
3.1.2 StutenseeAmSteinweg101 Konutlu Microgrid – Almanya:	40
3.2 ORTA ÖLÇEKLİ MICRO GRİD LABORATUVARLARI	41
3.2.1 Akagi Elektrik Sanayi Merkez Araştırma Enstitüsü Microgrid Testi – JAPONYA:	41
3.2.2 DeMoTec Microgrid Test Sistemi-ALMANYA:	42
3.2.3 Bronsbergen Holiday Park Microgrid – HOLLANDA:	43
3.3 LABORATUAR ÖLÇEKLİ MICRO GRİD	44
3.3.1 Hong Kong Laboratuar Ölçekli Microgrid-ÇİN	45

3.3.2 Mühendislik ve Teknoloji Enstitüsü'nde Microgrid Testi- HİNDİSTAN.....	46
---	----

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

TURGUT ÖZAL UNİVERSİTESİ (TOU) KÜÇÜK ÖLÇEKLİ ŞEBEKE PROTOTİPİ

4.1	PROTOTİPİN GENEL ÖZELLİKLERİ.....	47
4.1.1	3000 W OffGrid Smart Evirici ve Şarj Cihazı.....	47
4.1.2	2x500W OnGrid Evirici.....	48
4.1.3	8 Adet 80 Wp PV Panel.....	48
4.1.4	500W Rüzgar Turbinü	49
4.1.5	8 Adet 12V 40Ah Deep Cycal (Jel) Akü	49
4.1.6	Akü Bankası Güç İzleme Monitörü	50
4.1.7	Güç Analizörü	51
4.1.8	MPPT Şarj Cihazı	51
4.1.9	TOU MicroGrid Laboratuvarının Oluşturulmasında Dikkate Alınan Kriterler.....	52
4.2	GÜÇ İZLEME.....	53
4.3	KONTROL BİRİMİ.....	54
4.4	BATARYA YÖNETİMİ.....	55
4.5	TOU MİKRO GRİD PROTOTİPİ ÇALIŞMA MODLARINFARKLI SENARYOLARDA TEST EDİLMESİ	56
4.5.1	Off Grid Çalışma Modu	56
4.5.2	On Grid Çalışma Modu.....	57
4.5.3	Akü Destekli Off Grid Çalışma Modu.....	58
4.5.4	Akü Destekli Ongrid Çalışma Modu	59
4.5.5	Off Grid Akü Şarj Modu.....	59
4.5.6	Normal Şebeke Modu	60
4.5.7	Şebeke İle Akü Şarj Modu.....	61
4.5.8	Jeneratör İle Çalışma Modu	61
4.5.9	Jeneratör İle Akü Şarj Modu.....	62

4.5.10 TOU Microgrid Uygulaması.....	63
4.6 PROTOTİP PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ& KARŞILAŞINAN ZORLUKLAR.....	64
SONUÇLAR	65
REFERANSLAR.....	67

EKLER

7.1 SENARYO AKIŞ ŞEMASI.....	70
7.2 TEZ ÇALIŞMASININ ISSD 2013 ENERGY ISSUES AND SOLUTIONS İSİMLİ KONFERANS DA YAPILMIŞ OLAN SUNUMU.....	71
7.3 PLC (S7 1200) KONTROL YAZILIMI.....	72
7.3.1 Kumanda Devresi.....	72
7.3.2 Güç Devresi	73
7.3.3 Kumanda Devresine ait PLC Yazılımı	74

KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AC	: Alternative Current (Alternatif Akım)
AMI	: Advanced Metering Infrastructure (İleri Ölçüm Altyapısı)
AMR	: Automatic Meter Reading
BİT	: Bilgi ve İletim Teknolojileri
CERTS	: Consortium for Electric Reliability Technology
CHP	: Combined Heat and Power,
CITE	: The Centre for Innovation, Testing and Evaluation
DC	: Direct Current (Doğru Akım)
DERs	: Distributed Energy Resources, (Dağıtılmış Enerji Kaynakları)
DMS	: Distribution Management System, (Dağıtım Yönetim Sistemleri)
DR	: Demand Response (Talep Kontrolü)
DRM	: Demand Response Management (Talep Kontrol Yönetimi)
EDT	: Elektriksel Enerji Depolama Teknolojileri
ESI	: Energy Services Interface (Enerji Hizmet Arabirimi)
GPRS	: General Packet Radio Service (Paket Anahtarlama Radyo Hizmetleri)
GSM	: Global System for Mobile Communications (Mobil İletişim Sistemi)
HAN	: Home Area Network (Ev Ağı)
IED	: Intelligent Electronic Device (Akıllı Elektronik Aletleri)
IHD	: In-home display (Ev-içi Görüntüleme)
IMG	: Islanded MicroGrid (Microgrid Adası)
IP	: Internet Protocol
LAN	: Local Area Network (Yerel Alan Ağı)
LBCs	: Loop Balance Controller (Döngü Denge Kontrol)
MCFC	: Molten Carbonate Fuel Cell (Erimiş Karbonat Yakıt Hücresi)
MPPT	: Maximum Power Point Tracking (Maksimum Güç İzleme Noktası)
NaS	: Sodium-Sulfur (Sodyum-Sülfür)
NEDO	: New Energy and Industrial Technology Development Organization
OMS	: Outage Management System (Enerji Kesinti Yönetimi)

PAFC	: Phosphoric Acid Fuel Cell (Fosforik Asit Yakıt Hücresi)
PCC	: Point of Common Coupling (Ortak Bağlantı Noktası)
PCU	: Power Central Unit (Merkezi Güç Birim)
PEV	: Plug-in Electric Vehicle (Prize Takılabilir Elektrik Araçları)
PIB	: Power Interface Boxes (PoMS arabirim kutuları)
PLC	: Power-line iletişim teknolojisi
PMU	: Phasor Measuremen Unit (Faz Ölçüm Birimi)
PoMS	: Power Flowand Power Quality Management System,(Güç Kalite Yönetim Sistemi)
PSO	: Particle Swarm Optimization (Parçacık Sürü Optimizasyonu)
PV	: Photo Voltaic
PWM	: Pulse-Width Modulation
QoS	: Quality of Service (Hizmet Kalitesi)
RTO	: RegionalTransmissionOperator (Bölgesel Aktarım Santrali)
SCADA	: Supervisory Control And Data Acquisition (Denetsel Kontrol ve Veri Edinme)
SMES	: Superconduction Magnetic Energy Storage (Süper iletken Manyetik Enerji Depolama)
SOFC	: Solid OxideFuel Cell (Katı Oksit Yakıt Hücresi)
SVC	: Statik VAR Kompansatör
SVR	: Statik Voltaj Regülatörü
TCP /	: Transmission Control Protocol and Internet Protocol (İletim Kontrol
IP	Protokolü ve Internet Protokolü)

TABLÖLAR

TABLO 1 GELECEKTEKİ BİLGİ VE İLETİŞİM TEKNOLOJİLERİN AKILLI ŞEBEKE İLE GELENEKSEL GÜÇ SİSTEMLERİ ARASINDAKİ KARŞILAŞTIRMASI	7
TABLO 2 SIRASIYLA, FİYAT TABANLI VE TEŞVİKE DAYALI TALEP YANIT SEÇENEKLERİ.....	11
TABLO 3 AKILLI DAĞITIM ŞEBEKESİ İÇİNDE KENDİ KENDİNİ İYİLEŞTİRME KONTROL DURUM ÖZELLİĞİ HARİTASI	19
TABLO 4 ENERJİ DEPOLAMA TEKNOLOJİLERİ VE UYGULAMA ALANLARI	34

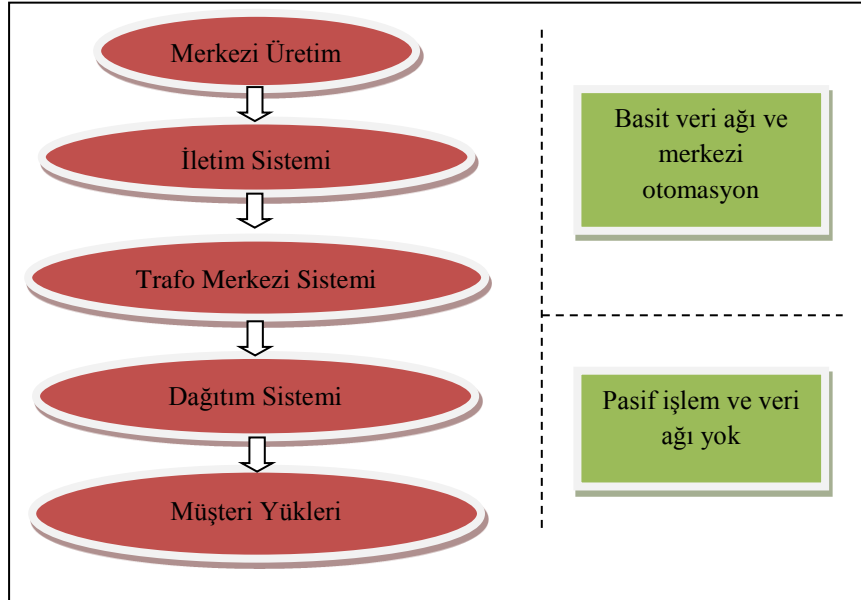
ŞEKİLLER LİSTESİ

ŞEKİL 1 MEVCUT ŞEBEKE YAPISI	1
ŞEKİL 2 MEVCUT DAĞITIM SİSTEMLERİ İÇİN ÖLÇÜM ALTYAPISI YATIRIMLARI	3
ŞEKİL 3 AKILLI ŞEBEKE MİMARİSİ	6
ŞEKİL 4 AKILLI ŞEBEKE BİRLEŞENLERİ ÇERÇEVESİ	9
ŞEKİL 5 AYRINTILI BİR AMI MİMARİSİ	13
ŞEKİL 6 UYGULAMA KATMANI MODÜLLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİ	18
ŞEKİL 7 AKILLI ŞEBEKESİ İÇİNDE KENDİ KENDİNİ İYİLEŞTİRME KONTROL DURUM DİYAGRAMI	19
ŞEKİL 8 EV ALAN AĞI (HOME AREA NETWORK, HAN)	20
ŞEKİL 9 GENİŞ ALAN AĞI (WIDE AREA NETWORK, WAN).....	22
ŞEKİL 10 AKILLI ŞEBEKE TEKNOLOJİ ÇÖZÜMLERİNİ VE SAĞLADIĞI FAYDA BİRLEŞENLERİ	23
ŞEKİL 11 TÜRKİYE GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ VE GÜNEŞLENME SÜRESİ	25
ŞEKİL 12 TÜRKİYE RÜZGÂR ENERJİSİ POTANSİYEL ATLASI.....	27
ŞEKİL 13 MICROGRİD ORTAK BAĞLANTI NOKTASI	36
ŞEKİL 14 AİCHİ MICROGRİD PROJESİ	39
ŞEKİL 15 STUTENSEE AM STEINWEG 101 KONUTLU MICROGRİD ŞEMASI.....	40
ŞEKİL 16 AKAGİ ELEKTRİK SANAYİ MERKEZ ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ MICROGRİD TESTİ.....	42
ŞEKİL 17 DEMOTEC MICROGRİD TEST SİSTEMİ.....	43
ŞEKİL 18 BRONSBERGEN HOLIDAY PARK MICROGRİDS ŞEMATİK DİYAGRAMI....	44
ŞEKİL 19 LABORATUAR ÖLÇEKLİ MICROGRİD.....	45
ŞEKİL 20 HİNDİSTAN MÜHENDİSLİK VE TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ'NDE MICROGRİD TESTİ.....	46
ŞEKİL 21 PV ETİKET BİLGİLERİ	48
ŞEKİL 22 JEL AKÜ İLE SULU AKÜ ARASINDAKİ ÇEVİRİM ÖMRÜ AVANTAJI.....	50
ŞEKİL 23 AKÜ BANKASI GÜÇ İZLEME MONİTÖRÜ.....	50
ŞEKİL 24 GÜÇ ANALİZÖRÜNE AİT BİR KESİT	51
ŞEKİL 25 MPPT CİHAZININ BLOK DİYAGRAMI VE ÇALIŞMA GRAFİĞİ.....	52
ŞEKİL 26 AKÜ BANKASI MONİTÖRÜ	53
ŞEKİL 27 TOU MICRO GRİD KONTROL PANOSU	54
ŞEKİL 28 AKÜ BANKASI DEVRE ŞEMASI VE UYGULAMA KESİTİ.....	55
ŞEKİL 29 OFF GRİD ÇALIŞMA MODU	56
ŞEKİL 30 ONGRİD ÇALIŞMA MODU.....	57
ŞEKİL 31 AKÜ DESTEKLİ OFF GRİD ÇALIŞMA MODU	58
ŞEKİL 32 AKÜ DESTEKLİ ONGRİD ÇALIŞMA MODU.....	59
ŞEKİL 33 OFF GRİD AKÜ ŞARJ MODU	59
ŞEKİL 34 NORMAL ŞEBEKE MODU	60

ŞEKİL 35 ŞEBEKE İLE AKÜ ŞARJ MODU	61
ŞEKİL 36 JENERATÖR İLE ÇALIŞMA MODU	62
ŞEKİL 37 JENERATÖR İLE AKÜ ŞARJ MODU	62
ŞEKİL 38 TOU MICROGRID UYGULAMASI TEK HAT ŞEMASI.....	63

GİRİŞ

Günümüzün güç sistemleri, 1883 yılında TESLA'nın yayınladığı tasarım esaslarına göre kurulmuştur. O gün için, merkezi üretimler, talep kontrolü ve tek yönlü iletim sistemleri mantıklı olmasına karşın, günümüz ihtiyaçlarına göre artık demode olarak ifade edilmektedir [1]. Günümüz güç sistemleri 19.yy da bir laboratuvar ortamında üretilmeye başlanmış ve 1893 yılında ilk 3 fazlı santral ABD'nin Kaliforniya eyaletinde Milli Creek Hidro elektrik santralinde kurulmuştur. Alternatif akım sistemlerinde güç bir merkezden üretilip, tüketim merkezlerine iletilen, oradan da kullanıcılara dağıtım yapılan hiyerarşik bir yapı oluşmuştur. Bu sistem, günümüze kadar üretim gücü artışı, artan tüketim merkezleri ve ortak kullanıcı sayısı dışında temel esaslarda bir değişikliğe uğramamıştır.



Şekil 1 Mevcut Şebeke Yapısı[2]

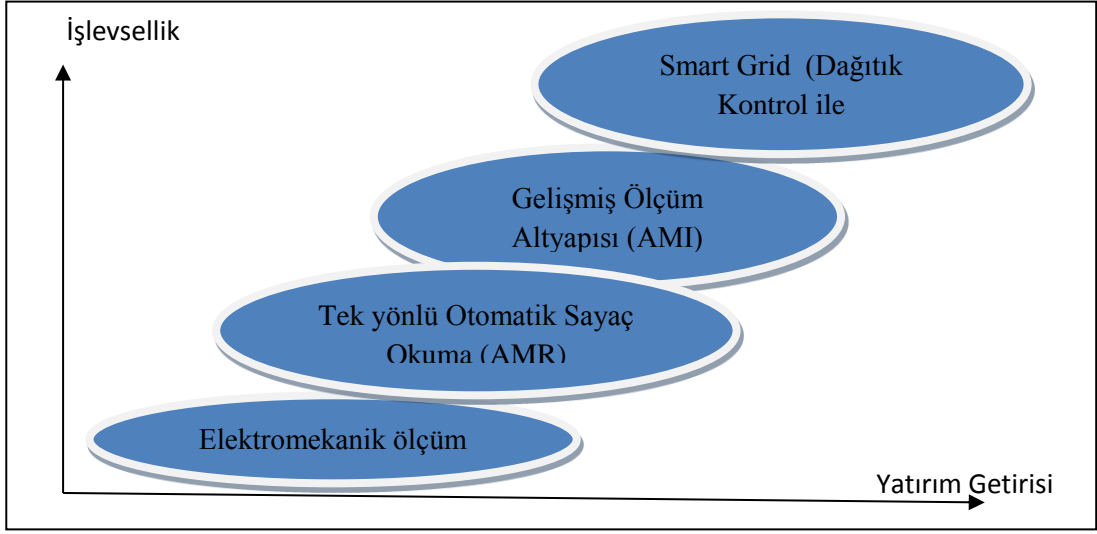
Elektrik sisteminin büyümesi, elektrik şirketlerine özgü olarak gelişmiş; ekonomik, siyasi ve coğrafi faktörlerden etkilenmiştir. Bu farklılıklara rağmen, mevcut elektrik sisteminin temel topolojisi değişmemiştir. Şekil 1'de görüldüğü gibi,

mevcut elektrik şebekesi, en üst halkada santraller, en alt halkada ise müşteri yüklerinin bulunduğu hiyerarşik bir sistemdir. Bu nedenle şebeke, beklenmeyen yoğun talepleri karşılayabilecek şekilde tasarlanmıştır. Bu yoğun talep nadir bir olay olduğu için, sistem doğal olarak verimsizdir. Ayrıca elektrik talebindeki artışa rağmen sistem altyapısındaki çalışmaların yetersizliği sistemin istikrarını her geçen gün azalmıştır.

Kamu hizmet şirketleri, sistem bileşenlerinin sorunlarını ve bakımlarını kolaylaştırmak için çeşitli komuta ve kontrol fonksiyonları geliştirmiştir. SCADA olarak da bilinen ve yaygın olarak kullanılan bu sistem, kamu hizmeti şirketlerince, dağıtım ağı üzerinde gerçek zamanlı kontrol sağlamış olsa da bu kontrol sınırlı kalmıştır.

AKILLI ŞEBEKELERİN GELİŞİMİ

Artan elektrik talebi, kamu hizmeti şirketlerinin kendi üretim kapasitelerini genişletmekteki yetersizlikleri, fosil yakıtlarındaki maliyet artışı, kamu hizmet şirketleri gelirlerinin korunmasına yardımcı olabilecek teknolojilere ihtiyaç duyulması dağıtım ağının modernize ihtiyacını hızlandırmıştır. Şekil 2’de, bir dağıtım sisteminin ölçüm tarafının en alt tabakasındaki altyapı yatırımları görülmektedir.



Şekil 2 Mevcut dağıtım sistemleri için ölçüm altyapısı yatırımları[2]

Enerji sektöründe uygulanan daha önceki projelerde, dağıtım ağında Otomatik Sayaç Okuma (Automatic Meter Reading, AMR) sistemleri kullanılmış, bu sisteminin sağladığı programlar ile tüketim kayıtları, alarm durumları ve müşteri tesis durumunun okunmasını sağlanmıştır. Kamu hizmet şirketleri AMR sistemleri talep yönetiminde, veri okuma işlevinin tek yönlü sınırlı olması, alınan bilgilere göre düzenlemeye ve müdahaleye izin vermemektedir. Bu nedenle AMR sistemler, her düzeyde yaygın kontrolü sağlayan akıllı şebekeye geçişe izin vermez.

Sonuç olarak, AMR teknolojisi beklentileri karşılamadığından, her düzeyde kontrol sağlayan Gelişmiş Ölçüm Altyapısına (Advanced Metering Infrastructure, AMI) geçilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. AMI programları, bireysel tedarikçiler ve müşteriler için artan verimlilik, kesinti algılama, sabotaj bildirimleri ve enerjinin aktarılması veya kesilmesi durumlarında daha az işçilik maliyeti gibi temel faydalar sağlamaktadır. Gelişmiş Ölçüm Altyapısı, kamu hizmet şirketlerinin talep yönetimi ve gelirlerin korunması temel hedeflerini karşılamaktadır. Bu sayede bireysel ve toplu talepler hakkında anlık bilgi alınmış, aynı zamanda maliyetleri kontrol etmek

için çeşitli gelir modelleri geliştirilmiş ve tüketimin belirli sınırlarda kalması sağlanmıştır.

AKILLI ŞEBEKELERE GEÇİŞ

20.yy'dan kalma şebekelere 21.yy'ın bilgisayar ve ağ teknolojisi entegre edilerek elde edilen şebeke sistemine "Akıllı Şebeke" (Smart Grid) denilmiştir [3].

Akıllı şebekeler:

- Gerçek zamanlı haberleşme altyapısı ile aşırı yüklenmeleri hissedebilecek,
- Enerji akış yönleri düzenlenebilecek,
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını optimize edebilecek,
- Kullanıcı maliyetlerini düşürebilecek çevreci bir sistem oluşturacaktır [3].

Günümüz elektrik şebekelerinde, yenilenebilir dağıtık enerji kaynaklarının güç sistemine entegrasyonu giderek yaygınlaşmaktadır. Bu entegrasyonun yük akışına etkilerinin analiz edilmesi önem arz etmektedir. Özellikle yakın gelecekte, akıllı şebeke uygulamaları ile güneş ve rüzgâr gibi enerji üretim süreksizliğine sahip enerji kaynaklarının yoğun bir şekilde güç sistemine dâhil olacağı öngörülmektedir.

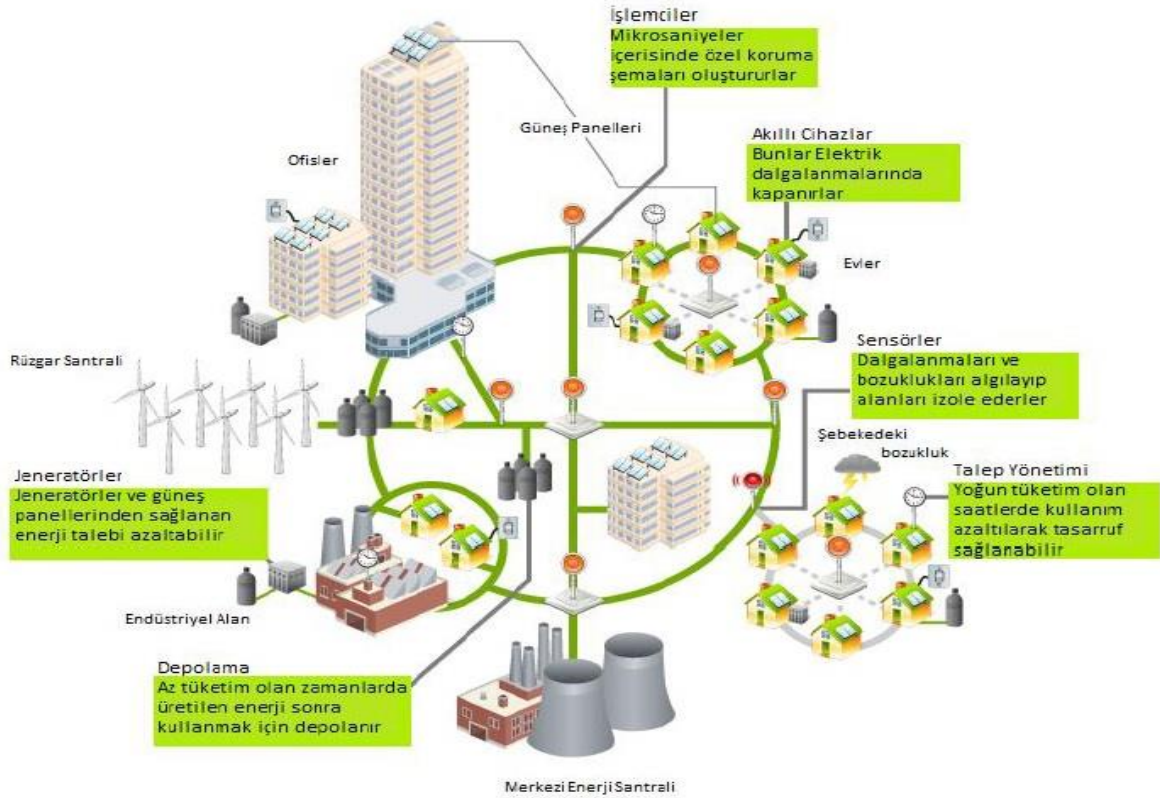
21.yy'da bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişmesi, haberleşme ve kontrol yazılımlarının sistem beklentilerini karşılayabilmesi, geniş bant seviyesine sahip iletişim gücü, koruma ve haberleşme teknolojisindeki gelişmeler, elektromekanik yapıdan dijital yapıya geçiş ve en önemlisi bilinçli tüketici profiline gelişmesi akıllı şebekeler için en uygun zamanın günümüz olduğunu göstermektedir.

Akıllı şebekeler, sistemdeki tüm düğüm noktalarında uyanık, tepkili, maliyet açısından uygun, çevre ile dost, eş zamanlı, esnek ve her sistemle bütünleşerek, enerji üretimini destekleyen bir yapıdadır. Akıllı şebekeler, gerçek zamanlı haberleşme altyapısı ile dağıtım sisteminde kayıp-kaçak oranlarını belirleyebilen ve çift yönlü okuma yapabilen sayaçlar ile enerji akış yönlerini düzenleyecektir. Bu yönüyle klasik sistemlerden farklı olarak yenilebilir enerji kaynaklarının katılımı ile değişen yük akışını optimize etmiş ve kullanıcı maliyetlerini düşürerek çevreci bir sistem oluşturacaktır [4].

BİRİNCİ BÖLÜM

AKILLI ŞEBEKELER

Akıllı Şebekeler enerji tedariki ve tüketiminin daha verimli hale getirilmesine yardımcı olan uçtan uca yüksek güvenlik sunan akıllı şebeke çözümdür. Dijital teknolojinin elektrik ağına entegre olması biçiminde etkili bir tanımla da ifade edilebilmektedir. Kullanıcıları ve üreticileri ortak alana taşıyan bir sistemdir. Bu sistemle elektrik üretim santrallerinden ev ve işyerlerine enerjinin dağıtımını sağlayacak İnternet Protokolü (IP) temeline dayanan daha akıllı enerji altyapıları sunulabilecektir. Akıllı şebekeler, enerji verimliliğine katkıda bulunarak, sistem işletme, bakım maliyeti avantajları sağlamaktadır [4]. Şekil 3'te Akıllı Şebeke mimarisi gösterilmiştir.



Şekil 3 Akıllı Şebeke mimarisi[4]

Akıllı şebekeler, hem bilgi ve iletişim teknolojilerini (BİT) hem de güç ağını birbirine bağlar. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin etkin kullanımı, akıllı şebeke kavramının başarılı biçimde uygulanması için temel bir rol oynamaktadır. Akıllı şebekelerin temel güçlüklerinden biri, mevcut konvansiyonel pasif ağların iki yönlü iletişim yeteneğine sahip akıllı ağlara çevrilme sürecidir. Mevcut dağıtım şebekelerinin geleceğin Akıllı Şebekelerine dönüştürülmesi için yapılması gereken değişiklikler Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1 Gelecekteki bilgi ve iletişim teknolojilerin akıllı şebeke ile geleneksel güç sistemleri arasındaki karşılaştırması[2]

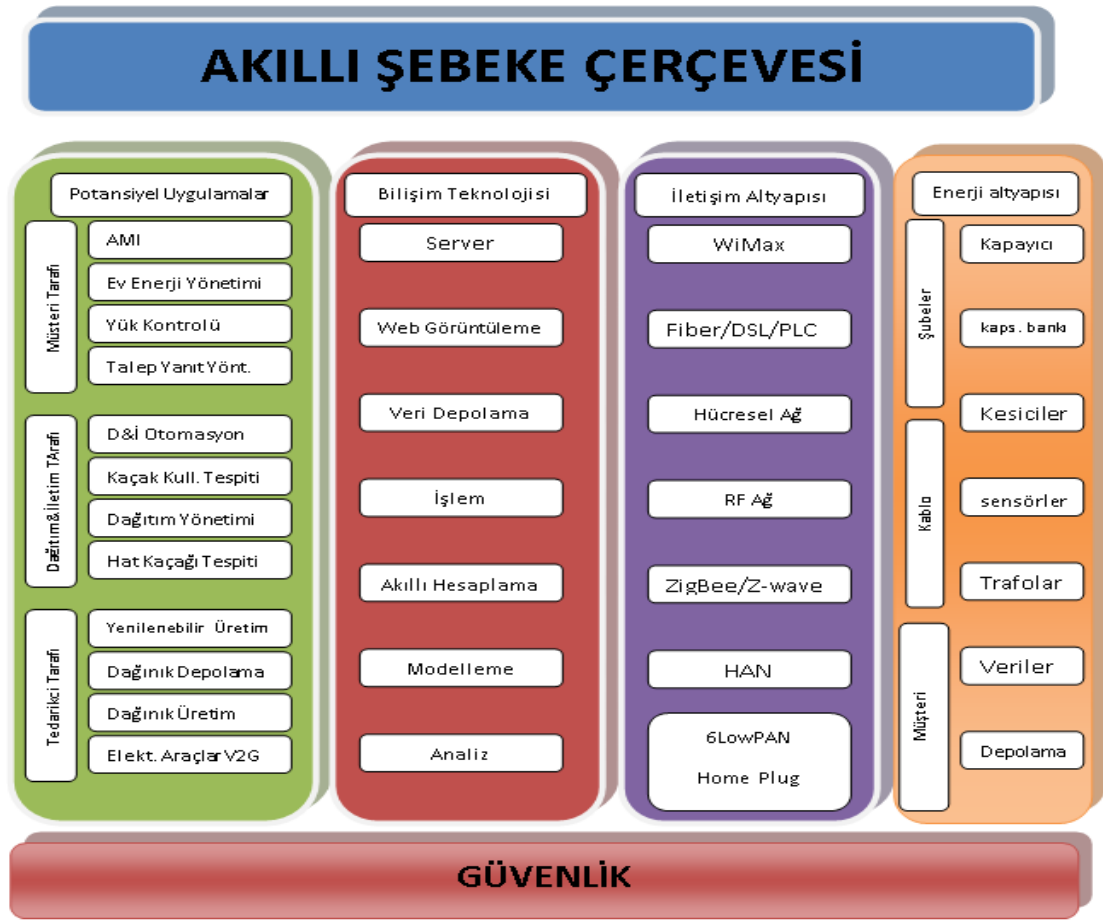
Mevcut güç dağıtım sistemleri	Geleceğin akıllı şebeke güç dağıtım sistemleri
Elektromekanik	Dijital
İletişim yok ya da tek yönlü iletişim	Ağlarının tüm aktif elemanları ile iki yönlü iletişim
Merkezi üretim	Yenilenebilir enerjiye dayalı dağıtılmış üretim
Hiyerarşik yapı	Ağ yapısı
Sensörler ve elemanlarının kısıtlı ölçümü	Sensörler ve elemanlar kapsamlı ölçüm
Geri beslemeli ağlar yok	İçsel ve gerçek zamanlı kontrol
Manüel devreye alma	Otomatik devreye alma
Kesintisi sırasında geniş kesintisi	Kopukluk ve filtreleme
Manüel test ve değerlendirme ağı	Uzaktan test ve değerlendirme ağı
Ağ kısıtlama kontrolü	Ağ kapsamlı kontrol
Müşterileri ve üyeliklere sınırlı hizmet	Müşterileri ve üyeliklere çeşitli hizmetler

1.1 AKILLI ŞEBEKE BİLEŞENLERİ

Akıllı şebeke fikri, dünya çapında hükümetler tarafından teşvik edilmekte, küresel araştırma ve pilot projeler ile desteklenmektedir. Önemli standardizasyon tedbirleri, akıllı şebekelerin geliştirilmesini ileri seviyelere taşımak amacıyla alınmıştır. Bu tedbirler, bilgi güvenliği ve enerji verimliliğinin birlikte çalışabilmesi esası alınarak yola çıkmıştır. Geliştiriciler tarafından geleceğin Akıllı Şebeke sistemleri için geçiş senaryoları tasarlanmış, kapsamlı bir Akıllı Şebeke için güç sisteminin geliştirilmesi aşamalarında, kademeli geçişe işaret edilmiştir.

Türkiye’de TEİAŞ ile başlayan sonrasında dağıtım şirketleri bünyesinde devam ettirilen ve şimdilik akıllı sayaçlar ve uzaktan okuma sistemleri olarak belirlenen bir vizyon ve uygulama süreci bulunmaktadır. Ayrıca şebekenin, gerçek zamanlı izlenmesine ve yönetimine ilişkin bağımsız olarak yürütülen “Şebeke İzleme ve Dağıtım Sistem Yönetimi” yatırım faaliyetleri yer almaktadır. Ancak bu çalışmaların ulusal bir akıllı şebeke tasarımının parçası olmaktan uzak bir şekilde yürütüldüğü gözlemlenmektedir [5]. Önümüzdeki dönemlerde şebeke yatırımlarını daha verimli hale getirmek ve tedarik sürekliliğini sağlamak üzere sayısal ve parasal büyüklüğü hızla artacak olan akıllı şebeke yatırımlarının hayata geçirileceği öngörülmektedir. Bu yatırımların, uluslararası uygulama örneklerini dikkate alarak, müşteri hizmetleri ve faturalandırma sistemleri ile tam entegre bir şekilde tasarlanması beklenmektedir.

Akıllı şebeke kavramı tamamen yenilenebilir enerji sistemlerinin kullanımından yararlanmak ve tüm güç sistemini enerji verimliliği açısından maksimize etmek için, mevcut güç sistemi altyapısı ve yeni dağıtılmış üretim sistemine bir bilgi ve iletişim teknolojisi altyapısı entegre ederek gelişmiş bir sistem elde etmektir [6].



Şekil 4 Akıllı Şebeke Birleşenleri Çerçevesi[5]

Akıllı şebekeler uçtan uca 3 katmanda oluşur. Bu katmanlar uygulama katmanı, güç katmanı ve haberleşme katmanı olarak incelenmektedir.

1.1.1 Uygulama Katmanı

Akıllı şebekelerde gerçek zamanlı verilerin toplanması ve bu verilerin bilgisayarlar tarafından analize edilerek karar verilmesi, sistemde oluşabilecek arızaları önlenmekte ve kendi kendini onarabilmektedir. Bu katman kendi aralarında birlikte çalışabilmeyi sağlayan gelişmiş uygulamaları içerir. Bunlar: Talep Kontrol

Yönetimi, Enerji Kesintisi Yönetimi, Gelişmiş Ölçüm Altyapısı, Varlık Yönetimi ve Kaçak Enerji Kullanımı Tespiti olarak incelenmektedir.

1.1.1.1 Talep Kontrol Yönetimi

Talep kontrol yönetimi (Demand Response Management, DRM), elektrik enerjisinin üretimi ve tüketimi arasındaki dengeyi sağlamak için, şebekenin en yoğun olduğu durumlarda enerjinin talebini ve yüklerin kontrolünü sağlar. Böylece mevcut enerji ve bütün enerji sisteminin hem güvenilir olması hem de ucuz kullanımı sağlanmıştır. Sistem güvenilirliğinin iyileştirmek ve enerji verimliliğini teşvik etmek Talep Yanıt Yönetimi'nin beklentileri arasındadır.

Tablo 2 incelendiğinde talep yanıt programlarının, teşvik tabanlı programlar ve fiyat tabanlı programlar olarak sınıflandırıldığı görülmektedir[5]. Bu sistemin entegrasyonu, dinamik fiyatlandırma, talep yanıt ve şebeke güvenilirliğini etkin olarak artırmıştır. Tüketicilerin elektrik kullanımlarını ve tüketim maliyetlerini daha iyi kontrol etmelerini sağlamıştır. Elektrik üretim şirketleri, yüksek tüketim talepleri karşısında, yapmaları gereken ekstra yatırımları azaltarak tüketim verimliliğini sağlamıştır [7].

Tablo 2 Sırasıyla, fiyat tabanlı ve teşvike dayalı talep yanıt seçenekleri[5]

1.1.1.2 Enerji Kesinti Yönetimi

Kısa devreler, elektrik santrallerindeki hatalar ile iletim veya dağıtım hatlarındaki hasarlar, elektrik kesinti nedenleri olarak sayılabilir. 2003 yılında ABD’de elektrik kesintisi nedeniyle 6 milyon dolar maddi kayıp oluşmuştur. Bu nedenle Enerji Kesinti Yönetimi (Outage Management System, OMS); onarım, güvenilir elektrik dağıtım, hizmet kalitesi ve müşteri memnuniyeti sürekliliği için çok önemlidir. Onarım işlemlerinde Enerji Kesinti Yönetim sistemleri; kesinti konumu, onarım hizmeti, ek müşteri hizmetleri, kesinti analizi, ekip yönetimi ve güvenilirlik raporlama için kullanılır.

Enerji Kesinti Yönetim sistemleri; otomatik sayaç okuma sistemleri, yardımcı çağrı merkezleri, müşteri bilgi sistemleri ve otomatik haritalama/tesis yönetimi/coğrafi bilgi sistemi ara yüzlerinin entegrasyonu ile gerçekleştirilebilir. Enerji Kesinti Yönetim sistemi içinde; gelişmiş ölçüm altyapısı entegrasyonu, gelişmiş müşteri hizmetleri, gelişmiş kesinti yönetimi, hizmet güvenilirliği, kesinti bildirim ve onarım bildirim sistemlerini bulundurur.

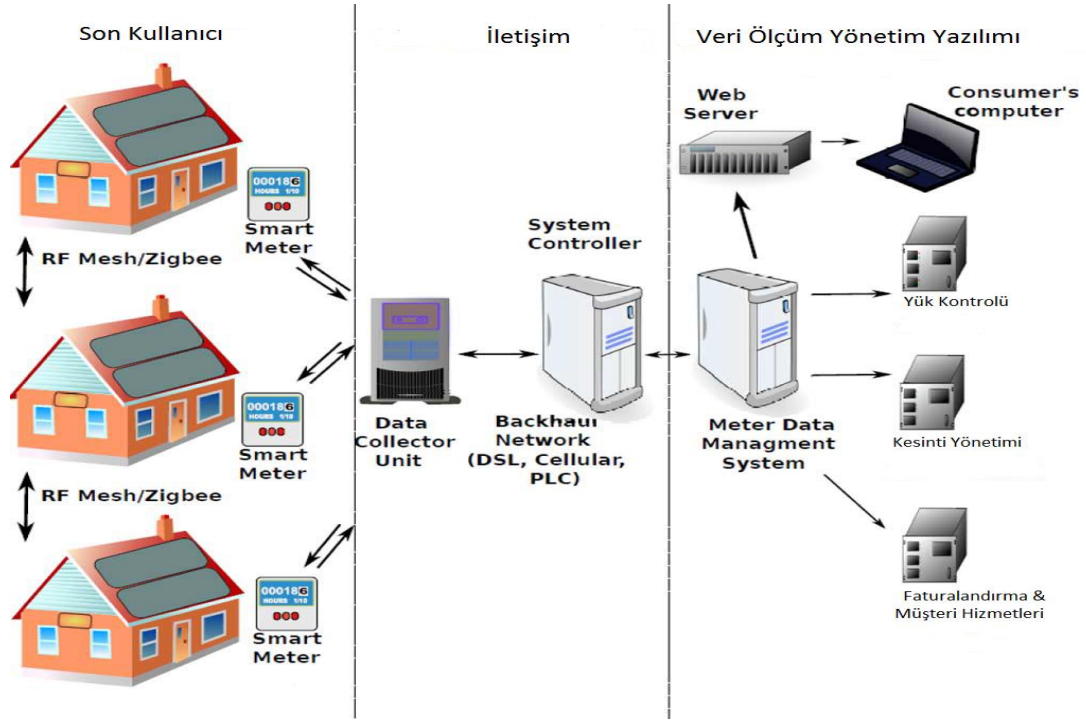
Genellikle OMS’de bulunan önemli işlevler şunlardır:

- Arıza sonrası açılan kesicinin konum tahmini,
- Bu acil durum tesis yerlerinin, kesinti boyutu ve kesinti süreleri gibi kriterlere dayalı onarım çalışmalarına öncelik vermek ve kaynakların yönetimi,
- Kesintiden etkilenen müşteri sayısı kapsamı hakkında bilgi sağlaması,
- Onarım zamanının tahmini hesaplaması,
- Onarım ekipleri yönetimi,
- Onarım için gerekli ekibin belirlenmesi.

1.1.1.3 Gelişmiş Ölçüm Altyapısı

Gelişmiş Ölçüm Altyapısı (Advanced Metering Infrastructure, AMI) enerjinin belirli bir şebeke altyapısı üzerinden talep doğrultusunda veya düzenli olarak iletilmesi ve yönetilmesi olarak tanımlanmaktadır. Gelişmiş Ölçüm Altyapısı’nda çift yönlü veri alışverişi söz konusudur. Bu sayede, sadece enerji tüketim verilerinin aktarımı değil, aynı zamanda kesme ve açma yâda ürün tercihinin müşterilere yansıtılması gibi merkezden iletebilecek diğer verilerin iletilmesi sağlanmaktadır [5]. Akıllı sayaçlar şüphesiz ileri ölçüm altyapısının en önemli bileşenini oluşturmuştur. Gelişmiş Ölçüm Altyapısı sadece akıllı sayaçların fiziksel konuşlandırılması anlamına gelmez, ölçüm ve veri yönetim sistemi gibi birçok sistem de dâhil olmak üzere karmaşık bir iletişim ağı ve bilgi teknolojisi altyapısı ile

verilerin işlenmesini ve tüketiciye uygun enerji tüketim seçenekleri sunar. Bu sayede; tüketici bilinci, enerji talebinin düzenlenmesi, elektrik ile ilgili dolandırıcılığın önlenmesi için interaktif hizmetler ve daha güncel ve hassas faturalandırma hizmetleri AMI sistemlerinin avantajları arasındadır [9].



Şekil 5 Ayrıntılı bir AMI mimarisi[5]

Gelişmiş Ölçüm Altyapısının iletişim teknolojisi seçimi; kapsam, internet bağlantısı, beklenen enerji verimliliği, ölçeklenebilirlik, gerekli veri hızı, beklenen iletişim gecikme durumu ve alan başına düşen müşteri sayısına bağlıdır. Şekil 5’de ayrıntılı bir AMI mimarisi gösterilmektedir.

Gelişmiş Ölçüm Altyapısı kullanılarak elde edilen bazı yararlar:

- Maliyet Okuma: Hatalı manüel ve pahalı periyodik okumaları önlemek.
- Gerçek zamanlı tüketim bilgileri: Müşterilerin ev ekranları / panoları aracılığıyla gerçek zamanlı tüketim bilgilerini ve gerçek zamanlı

fiyatlandırma seçeneklerini görüntülemek ve bu geri bildirimlere göre tüketim davranışlarını şekillendirmek.

- Çoklu kamu hizmeti: Birden fazla hizmet aynı zamanda(elektrik, ısıtma, su ve gaz gibi) yönetebilmek.
- Çoklu satıcı hizmeti: Gelişmiş Ölçüm Altyapısı paydaşlarına, birden çok tedarikçiden gerçek zamanlı olarak değişen fiyat sunarak, tüketicinin en iyi piyasa önerisini seçmesi sağlamak.
- AMI iletişim gereksinimleri: AMI dağıtım için seçilen iletişim teknolojisine göre farklılık gösterir. Düşük gecikme süresi ve yüksek bant genişliği bazı AMI uygulamalar için gereklidir. Güç hatları üzerinden iletişim teknolojisi (Power Line Communication, PLC) mevcut elektrik hatlarını kullanarak özellikle kentsel alanlarda, yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, bazı gerçek zamanlı uygulamalar cihaz başına 100 Kbps bant genişliği gerektirdiği için yetersiz olabilir [5].

1.1.1.4 Varlık Yönetimi

Varlık Yönetimi, öncelikle saha varlıklarını, saha ekiplerini planlama, iş sırası sürecinin optimizasyonu, izleme ve otomasyon sorununa bir tepki olarak geliştirilmiştir. Varlıklar, yedek bakım maliyetleri, sistemin performansı, başarısızlık riski ve güvenilirlik etkileri, dengeli varlık yönetimi sistemleri ile yeni teknoloji sensörlerin yardımıyla yeni iletişim altyapıları ve yeni bilgi ve izleme teknolojileri için anahtar sürücüler olabilir [10]. Çoğu şirketler bazı yazılım programlarını ve iş modellerini varlık yönetimi içerisinde uygulayarak tesislerin izlenmesi ve kontrol edilmesini sağlamıştır. Bu Varlık ve İş Yönetim Sistemlerinde farklı yazılım araçları ile yönetilen birçok SCADA vardır. Varlık Yönetimi, Akıllı Şebeke teknolojisine daha iyi hizmet için uygun maliyet seviyelerinde yönetilebilir sistem varlıkları ekler.

1.1.1.5 Kaçak Enerji Kullanımı Tespiti

Akıllı bir şebekede, şebekenin sürekliliğinin sağlanması, sistemi oluşturan bütün varlıklar arasında kritik noktalarda anlık verilerin toplanması ile mümkündür. Hattın sıcaklığı, yüklenme seviyesi, rüzgâr hızı, iletim hattının yerden yüksekliği ve iletim hatlarındaki kayıplar izlenebilmektedir. Böylece üretimi, iletimi, tüketimi ve kayıpları bilen bir yapının kaçakları kolaylıkla hesaplayabileceği görülmüştür. Bu yapı, dağıtım sistemlerinde hızlı iletişime sahip röleler ve kullanıcıyı bilinçlendiren kayıp kaçak oranlarını belirleyebilen ve çift yönlü okuma yapabilen sayaçlar ile oldukça etkin bir konumda bulunmaktadır [1]. Kaçakları azaltmak ve varlık yönetiminde bir adım öne geçmek isteyen dağıtım şirketlerinin satışta rekabetin daha da artması ile birlikte müşterilerine daha iyi hizmet sunmak için (ürün geliştirme, daha az kesinti), akıllı şebeke yatırımlarına zaman kaybetmeden geçeceği düşünülmektedir [5].

1.1.2 Güç Katmanı

Her yeni sistemde olduğu gibi Akıllı Şebekeler de birçok temel yenilikler içeriyor. Yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu, tek yönlü iletişim sisteminin değiştirilmemesi, enerji kaynaklarının tahmini dengesini bozabilir. Müşteri ile şebeke arasındaki iki yönlü iletişim, talep ve enerji arzı arasında denge imkânı sağlayacaktır. Bu yüzden, enerji üretimi, iletim ve dağıtım sistemi ve müşteri tarafındaki tüm sistem güç katmanına kısmen dâhil edilmektedir. Güç tabakasına uygulanan değişiklikler de aktif bir şekilde müşteri katılımını etkiler.

1.1.2.1 Enerji Üretimi

Elektrik üretimi, yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynaklarından sağlanmaktadır. Bu kaynaklar aynı zamanda yenilenebilir-kararsız kaynaklar (güneş ve rüzgâr enerjisi gibi), yenilenebilir-sabit kaynaklar (hidro, biokütle, jeotermal gibi), ve yenilenemez-sabit kaynaklar (nükleer, kömür ve gaz gibi) olarak sınıflandırılabilir. Elektrik şebekesinin birçok noktasından alınan geri beslemeler ile enerji üretiminin optimize edilmesi; gerilim, frekans ve güç faktörünün otomatik olarak ayarlanabilmesi özelliklerine sahip güç üretimini sağlamak amaçlanmıştır [12]. Bu uygulamalar, şebekedeki tüm abonelere yapılan enerji akışının verimini en yüksek düzeye çıkaran uygulamalardır. Engellenen üretim yatırımları ve karbon emisyon oranlarının azaltılması gibi oldukça önemli değerleri ortaya çıkarmıştır. Üretimdeki en önemli maliyetlerden biri, tepe yükleri karşılarken devreye girip çıkan ek santrallerdir. Yapılan araştırmalar, elektrik kullanımı ve bu kullanım bilgisinin kullanıcıya verilmesiyle, tepe yüklerde %25 oranında tasarruf sağlandığını göstermiştir [1].

1.1.2.2 Enerji Dağıtım

Dağıtım ağı, akıllı sayaçlara ve akıllı saha cihazlarına bağlanarak onları yönetebilecek ve haberleşme ağını kablolu ya da kablosuz çift yönlü kontrol edebilecektir. Ayrıca dağıtım esnasında enerji depolama birimlerine ve alternatif enerji kaynaklarına bağlanarak en verimli minimum kayıplı enerji dağıtımını gerçekleştirecektir[13]. Böylece, verimli kaynak kullanımı ile elektrik üretiminde yenilenebilir kaynakların kullanımını artırarak fosil kaynakların daha verimli kullanılmasını amaçlamıştır. Bu amaç CO^2 salınımını önemli ölçüde engelleyeceğinden, doğayla dost bir teknoloji olma özelliğini sağlamış ve bu özellik şebekenin en üstün yanı olmuştur [1].

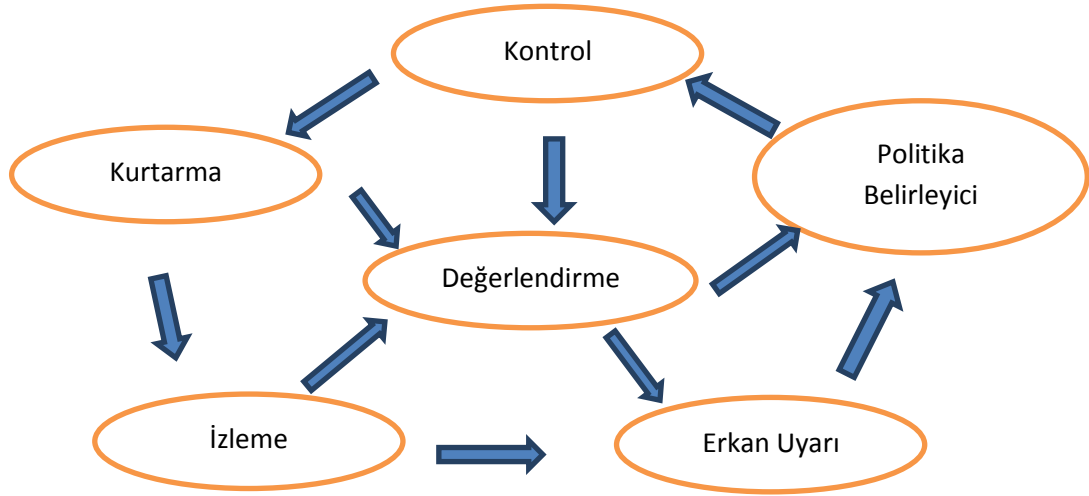
Akıllı dağıtım şebekesinin "kendi kendini iyileştirme" yeteneği sayesinde sistemde oluşan bir hata gerçek zamanlı algılama ve hızlı tanı sayesinde, hataları ortadan kaldırılabilmektedir. Kendini bu yöntemle onaran sistem aynı zamanda yüksek güvenilirlikte güç kalitesi sağlamıştır. Akıllı şebekelerde kendi kendini iyileştirme, dengeleyici ve optimize edici yapıdadır. Otomatik izleme ve analiz etme özelliği ile hava durumu ve enerjisiz kalma geçmişine bağlı olarak arızalarını tahmin edebilecek yapıya sahip sistemlerdir [13].

Akıllı Dağıtım; Temel Katman, Destek Katmanı ve Uygulama Katmanı olarak 3 düzeyde incelenmiştir.

Temel Katman: Akıllı anahtarlar, akıllı güç dağıtım terminali, koruma ve kontrol ekipmanları temel katmanı oluşturmaktadır. Bu nedenle fiziksel dağıtım şebekesinin inşası sürecinde, araştırma ve planlama geleceğe yönelik olmalıdır.

Destek Katmanı: Destek katmanı, iletişim ve veri taşınmasından sorumludur. Bu katmanda, yüksek hızlı, çift yönlü, gerçek zamanlı ve entegre haberleşme sistemi, şebekenin tamamını kapsayan bilgi alışverişi sağlamıştır.

Uygulama Katmanı: Uygulama katmanı ise, izleme, değerlendirme, erken uyarı, politika belirleme, kontrol ve kurtarma olmak üzere altı modülden oluşmaktadır. Her işlevsel modül arasında ilişki Şekil 6 'da gösterilmiştir.



Şekil 6 Uygulama katmanı modülleri arasındaki ilişki[10]

İleri teknoloji şebeke kontrol sistemleri ve dağıtık şebeke sistemlerini kullanarak iletim ve dağıtımdaki kayıpları azaltmıştır. Dağıtık üretim sistemlerinin bulunduğu yerleşim yerlerinde yoğunluğun artması veya puant tüketimin artış göstermesi sonucu ortaya çıkacak çok fazla düzeyde elektrik ihtiyacı artışı ölçeklendirebilecektir [12].

Geleceğin akıllı şebekesinde kamu hizmeti şirketleri ve tüketiciler arasındaki tüketimin fiyatlandırılması açısından, iki yönlü enerji akışının ve bilgi akışının etkinleştirilmesine ihtiyaç duyulacaktır. Bu sayede son kullanıcıya ait akıllı ölçüm verileri ile toplanan veriler birleştikçe geleceğin iletişim ve dağıtım sistemlerine kendi kendini onarma fırsatları sunulmuş olacaktır.

Bununla birlikte kendini iyileştirme kontrol sisteminde, beş durumdan söz edebiliriz. Normal durum, uyarı durumu, kritik durum, acil durum ve kurtarma durumu ve özellikleri Tablo 3'te gösterilmiştir. Şekil 7'de gösterilen bu durumlara göre sistem kendini düzenleyecek, gerekli gördüğü durumlarda düzeltici harekete geçerek, sistemi kendini korur hale getirecektir [10].

Tablo 3 Akıllı dağıtım şebekesi içinde kendi kendini iyileştirme kontrol durum özelliği haritası[10]

Durum	Özelliği
Normal Durum	Her bir parametrenin izin verilen aralıkta olduğu durumdur.
Uyarı Durumu	Parametre sınır değerlerinden önceki bölgedeki durumdur.
Kritik Durum	Parametre değerlerinin bazılarının sınır bölgesindeki durumdur.
Acil Durum	Önemli sistem parametrelerinin sınır bölgesinin dışında olduğu durumdur.
Kurtarma Durumu	Güç kaynağından kısmi yükler kesildiği durumdur.



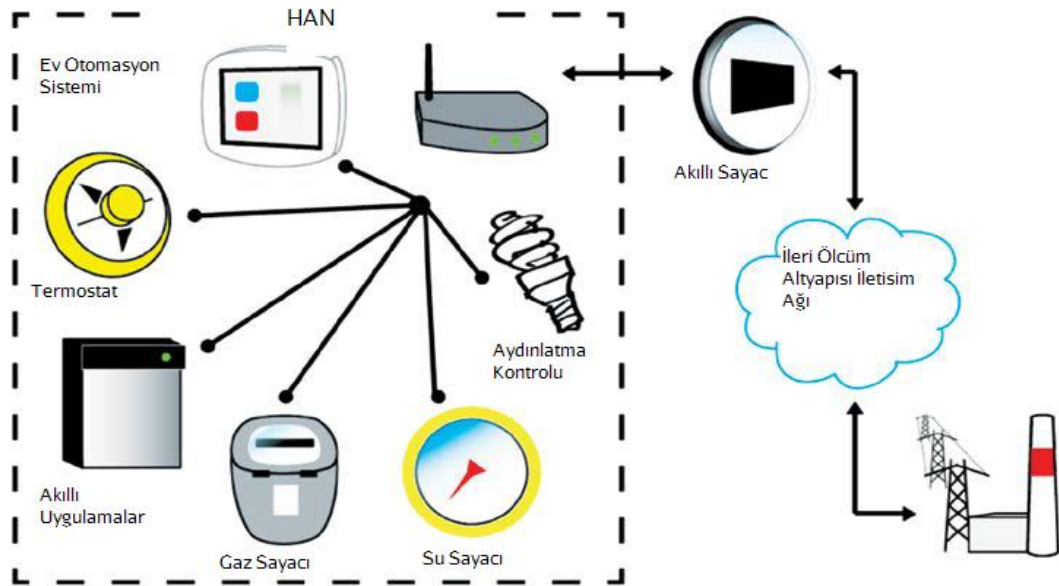
Şekil 7 Akıllı şebekesi içinde kendi kendini iyileştirme kontrol durum diyagramı[10]

1.1.3 Haberleşme Katmanı

Daha çok gelişmiş kontrole gereksinim duyan akıllı şebekelerin gelişimi, haberleşme ihtiyacının artmasına yol açmaktadır. Kontrol merkezi ile son kullanıcının donanımı arasındaki güvenilir haberleşme kanallarının kullanılabilirliği, tesislerdeki yükün tepe noktalarının daha iyi kontrolüne izin vermektedir [14]. Haberleşme ağı, pek çok akıllı cihazın bağlandığı ve çift yönlü olarak haberleşen bir ağ olmasına karşın, farklı alt ağlara bölünen büyük yapıda hiyerarşik yönetim mekanizmasını oluşturmaktadır. Farklı bölgelerin yönetimi bu hiyerarşi içerisinde düzenlenmiştir. Bu ağlar HAN, FAN, WAN olarak 3 gruba ayrılmaktadır.

1.1.3.1 Ev Alan Ağı (Home Area Network, HAN)

Müşteri tarafındaki akıllı cihazların izleme ve kontrol edilmesi için, AMI ve Talep Yanıt (Demand Response, DR) gibi iki özelliği entegre edilmesi gereklidir. Müşteri alanında Enerji Hizmet Arabirim (Energy Services Interface, ESI) ara yüzü, müşteri ve hizmet kurumunun iletişimini sağlar. ESI farklı ara yüzleri destekler, çift yönlü haberleşme için güvenliği sağlanmış bir ara yüz ve akıllı cihazlardan olay bilgisi toplayan ve faturalandırma bilgilerini alan tek yönlü bir ara yüzüdür [15]. ESI, akıllı cihazlara kablolu veya kablosuz ile bağlanabilir, bu sayede akıllı sayaçlardaki bilgi hizmet sunan kurumlara aktarılabilir. ESI aynı zamanda gerçek zamanlı ücretlendirme bilgisini AMI ile alarak müşteriye bilgiyi iletir. Müşteri, ESI ye bağlı Ev-içi Görüntüleme(In-Home Display, IHD) paneli aracılığıyla fiyatlandırmayı görüp interaktif şekilde fayda sağlayabilir. Ev Alan Ağı Şekil 8’de gösterilmiştir.



Şekil 8 Ev Alan Ağı (Home Area Network, HAN)[16]

1.1.3.2 Yerel Alan Ağı (Local Area Network, LAN)

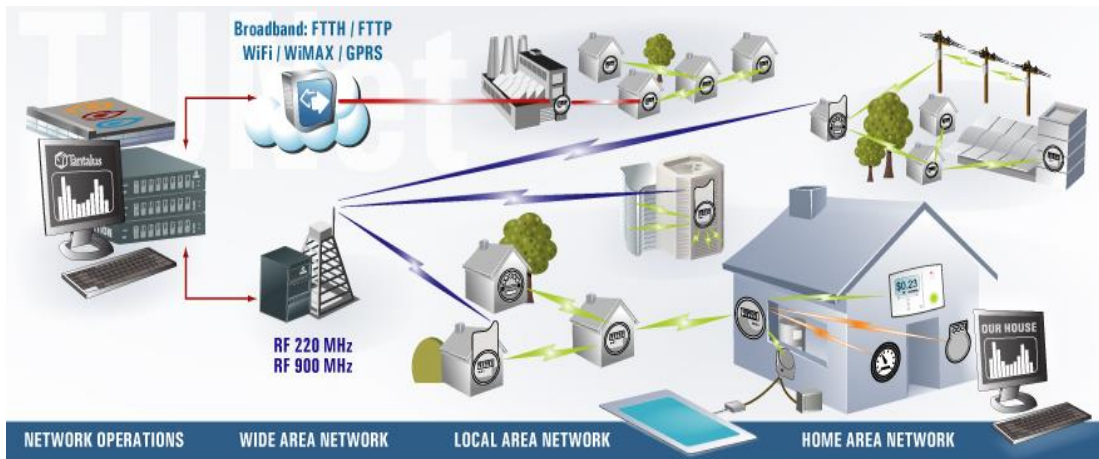
LAN elektrik dağıtım sistemlerinin haberleşmesini sağlar. Dağıtım hatlarında bulunan sensörler, Dağıtım Yönetim Sistemleri (Distribution Management System, DMS) ile kontrol komutları taşıyabilen Akıllı Elektronik Aletleri (Intelligent Electronic Device, IED) dağıtım sistemlerinde bulunan DER'ler, müşteri lokasyonlarında bulunan PEV(Prize Takılabilir Elektrik Araçları, Plug-in Electric Vehicle), akıllı sayaçlar, merkezdeki DMS in yönettiği bilgilerin sağlandığı kaynaklar olarak sıralanabilir.

Dağıtım alanındaki enerji sistem uygulamaları, bilgi paylaşımı LAN üzerinden gerçekleşir. Şebekeyi ilgilendiren saha uygulamaları; OMS, SCADA uygulamaları, DER izleme ve kontrol uygulamalarıdır. Müşteri tarafındaki uygulamalar; AMI, DR, LMS, MDMS. Her iki uygulama türlerinin de farklı haberleşme gereksinimleri vardır, mesela kullanıcı uygulamaları için zaman hassasiyeti yoktur, ancak kullanıcı sayısı artacağı düşünülürse ölçeklendirilmesi önemlidir, saha uygulamalarında ise zaman hassasiyeti önemlidir, hızlı haberleşme gereksinimi vardır.

1.1.3.3 Geniş Alan Ağı (Wide Area Network, WAN)

Geniş Alan Ağı dağıtık halde bulunan ufak networklerin görüşmesini sağlayan omurga networku diyebiliriz. Şubelerden uzakta bulunan kontrol merkezlerine gerçek zamanlı elektrik ölçüm bilgileri WAN hatları üzerinden taşınır, kontrol merkezlerinden elektrik cihazlarına giden komutlar da tersine yönde taşınmaktadır. WAN hattının durumu hakkında bilgi sahibi olmak için Bölgesel Aktarım Santrali (Regional Transmission Operator, RTO) mümkün olduğunca çok bilgiye ihtiyaç duyar. Bunu da hızlı, gerçek zamanlı, zaman tetikli veri aktarımı yapabilen şubelerde bulunan Faz Ölçüm Birimindeki (Phasor Measurement Unit, PMU) sensörler yardımıyla yapılabilmektedir. WAN hattı aynı zamanda Akıllı

Elektronik Aletlerinin (Intelligent Electronic Device, IED) yönetim merkeziyle görüşmesini sağlar. IED'ler aktarım hatları üzerinde kuruludur ve yerel SCADA bilgilerini alarak, bölgesel yönetici gibi davranarak merkezden gelen kontrol ve koruma komutlarının çalıştırılmasını sağlar. PMU bilgilerinin yüksek hızlarda alınabilmesi için WAN hatların yüksek bant genişliği sahip olunmalıdır. Mevcut sistemlerde şubeler kontrol merkeziyle noktadan noktaya telefon hatlarıyla veya mikro dalga bağlantılar ile görüşmektedir. Yavaş hatlar sebebiyle şubelerde toplanan PMU bilgileri merkeze gidemeyeceğinden bu bilgiler işlenemeyecektir, bu da WAN hatlarındaki hız ihtiyacının Smart Grid de ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Bu bilgiler sayesinde dinamik fiyatlandırma, ücretlendirme gibi işlemler yapılabilmektedir. Şekil 9'da geniş alan ağı (Wide Area Network, WAN) görülmektedir.



Şekil 9 Geniş Alan Ağı (Wide Area Network, WAN)[16]

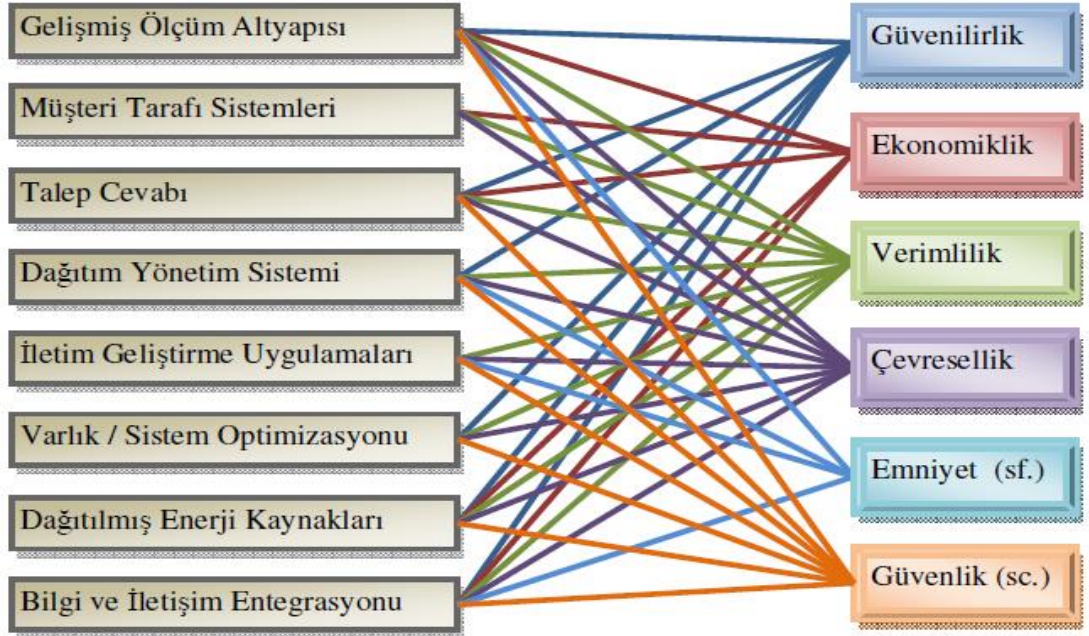
1.2 Akıllı Şebekelerin Faydaları

Verimli kaynak kullanımı için elektrik üretiminde yenilenebilir kaynakların kullanımını artırılarak fosil kaynakların daha verimli kullanılması amaçlanmıştır. İleri teknoloji şebeke kontrol sistemlerin kullanılması iletim ve dağıtımdaki kayıplarını azaltmıştır. Tüketicilerin elektrik kullanımlarını ve tüketim maliyetlerini

daha iyi kontrol etmelerini sağlanmıştır. Böylece elektrik üretim şirketlerinin yüksek üretim taleplerini daha iyi yönetebilmelerini sağlanmıştır.

Ülkemizde bu yöndeki teknolojilerin kullanımı henüz çok yeni olup, elektrik piyasasındaki özelleştirme süreçleriyle paralel olarak giderek daha da yaygınlaşması öngörülmektedir. Kyoto sözleşmesi uyarınca karbon salınımını kontrol altına almak, enerji ihtiyaçlarının verimli şekilde karşılanabilmesine bağlıdır. Dolayısıyla bu durum, yenilenebilir enerji kaynaklarının uzun vadede sisteme dâhil edilmesini kaçınılmaz kılmaktadır. Özellikle ülkemizde bulunan potansiyel yenilenebilir enerji kaynaklarının (güneş, rüzgar, jeotermal vb.) sisteme entegre edilmeye çalışılması, bu yöndeki çalışmaları hızlandıracağı düşünülmektedir [16].

Akıllı şebekelerin tesis edilmesinin sisteme ve çevreye katacağı faydalar dikkat çekicidir. Akıllı şebeke teknoloji çözümlerini ve sağladığı fayda bileşenlerini bir bütün halinde ilişkilendirirsek şekil 10'daki yapı karşımıza çıkmaktadır [16].



Şekil 10 Akıllı şebeke teknoloji çözümlerini ve sağladığı fayda bileşenleri[16]

Burada;

Güvenilirlik: Oluşabilecek kesinti ve güç kalitesi bozuklukları maliyetini azaltarak, yaygın kesinti olasılığını ve kesinti sonrasında kaçınılmaz sonuçlarını azaltmak.

Ekonomiklik: Ülke ekonomisine katkı sağlayacak teşvikler verilerek tüketici tarafının dâhil olduğu bir şebeke de, tüketiciler tarafından ödenen ücretleri azaltmak.

Verimlilik: Üretim, dağıtım ve elektrik tüketme maliyetini azaltmak.

Çevresellik: Yenilenebilir enerji kaynaklarının ülke genelinde yaygınlaşması ile üretim, dağıtım ve tüketim verimliliğini artıran cihazlar kullanılarak CO^2 emisyonları azaltmak.

Emniyet: Şebeke ile ilişkili olaylarda yaralanma ve can kaybını azaltmak.

Güvenlik: Doğal afet ve siber saldırılar karşında olasılıkları azaltmak.

1.3 Ülkemizdeki Yenilenebilir Enerji Potansiyeli

Enerji politikası bir ülkenin gelişmişliğinin en önemli göstergelerinden biridir. Gelişmiş ülkelere bakıldığında, çevreye zararı az olan yenilenebilir enerji kaynaklarına ilgi artmaktadır. Enerjinin hiç tükenmeyen ve doğada var olan kaynaklardan üretilmesi bunun en önemli nedenlerindedir. Fosil yakıtlar dünyanın enerji ihtiyacının oldukça büyük bir kısmını karşılamaktadır. Bu yakıtların zamanla tükenecek olması ve çevreye olan zararları nedeniyle yenilenebilir enerji kaynakları daha da önem kazanmaktadır. Bu bölümde yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş ve rüzgâr enerjisinin ülkemizdeki potansiyeli incelenmiştir.

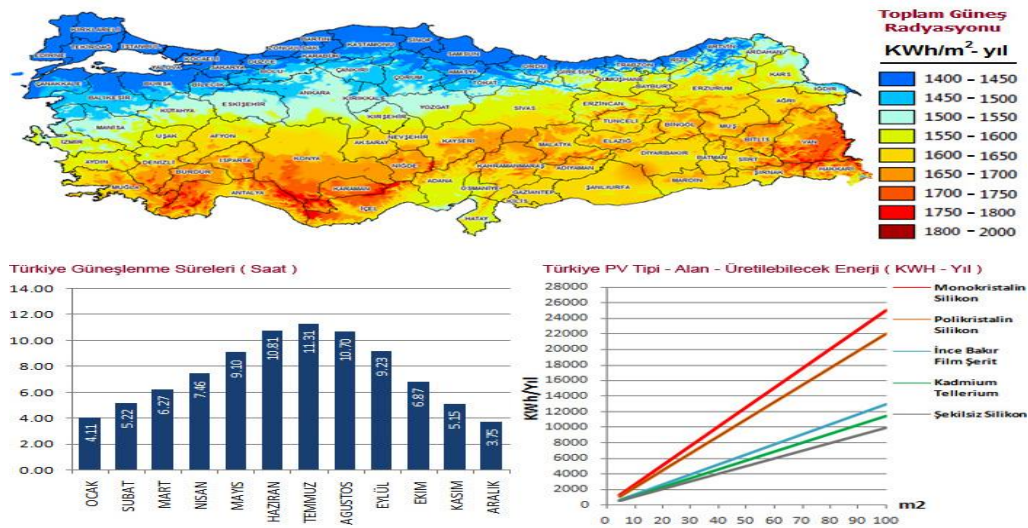
1.3.1 PV (Photovoltaic)

Güneş enerjisini, yarı iletkenler aracılığıyla elektrik enerjisini çeviren modüllerdir. Basit olarak bir fotovoltaiik panelin içinden geçen ışığın yarı iletkenden yapılmış ince tabakalardan oluşan düz kristallerin alt ve üst tabaka arasında bir elektrik alan meydana getirmesiyle elektrik enerjisine dönüşmesidir.

Yaşanan enerji darboğazı fotovoltaiik sistemlerde yapılan araştırma ve geliştirmeye paralel olarak yapılan yatırımların artması, PV sistemleri uzun vadede

potansiyel bir alternatif enerji kaynağı yapmıştır. Güneş panelleri binaların çatı ve yüzeylerinde yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Şebekeye bağlı On Grid PV sistemler, endüstrileşmiş ülkelerde çoğunlukla binalarda kullanılmaya başlanmıştır. Bu sistemlerin bina çevresinde kullanılması, maliyetleri azaltarak şehir merkezinin genel değerine de katkıda bulmaktadır. İyi tasarlanmış bir PV sistem, modern teknoloji ve çevreci çağdaş şehir tasarımına model olacaktır. Son yıllarda dünya nüfusunun önemli bir oranının, kırsal kesimde yaşaması beklenmektedir ve bu merkezi olmayan elektrik üretimini zorunlu kılmaktadır. Yarı iletken teknolojindeki gelişmeler, güneş panellerinin veriminin artırılması için yapılan çalışmalar yeni malzemelerin ve proseslerin keşfine ve gelişmesine yönelik araştırmaları artırmaktadır.

Güneş Enerjisi Pazar Araştırma Şirketi Solar Buzz 'dan edindiğimiz bilgiye göre, 2010 yılında solar panel pazar talebi %60 büyümüş (2009: 7,59 GW 2010 12,22GW). Coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2.640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1.311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir [17]. Güneş Enerjisi potansiyeli 380 milyar kWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Şekil 11'de Türkiye güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresi gösterilmiştir [18].



Şekil 11 Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli ve güneşlenme süresi[18]

1.3.2 Rüzgâr Enerjisi

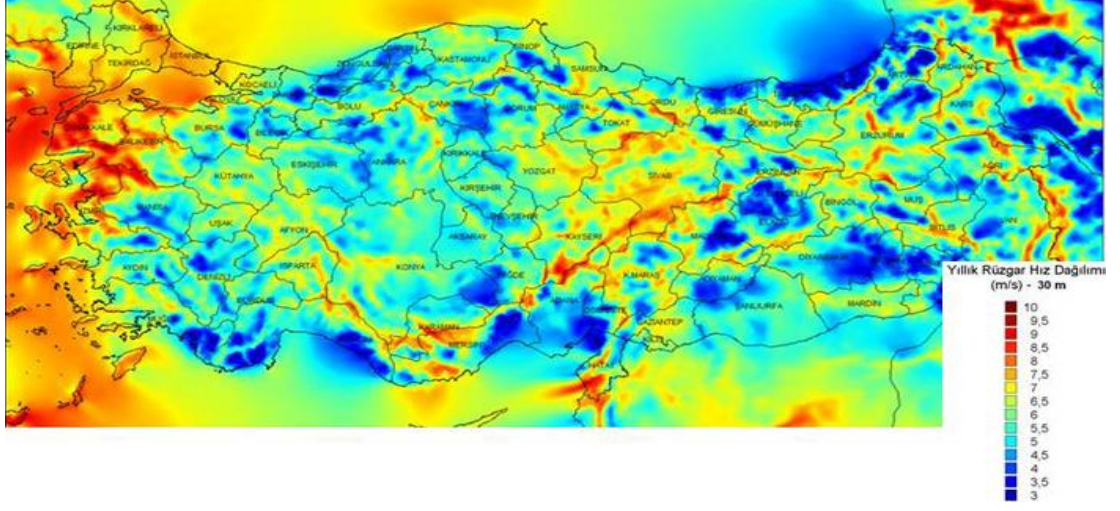
Isıları farklı olan hava kütlelerinin yer değiştirmesiyle rüzgâr enerjisi oluşur. Güneşten yeryüzüne ulaşan enerjinin %1-2'si rüzgâr enerjisine dönüşmektedir [19]. Rüzgâr türbinleri enerji güvenliği açısından yakıt maliyetlerini, ekonomik, politik ve tedarik riskleri açısından diğer ülkelere bağımlılığı azaltan, her zaman kullanılabilir bir yerli kaynaktır. Ancak rüzgâr türbinlerinin kapladığı büyük alan, oluşturduğu gürültü kirliliği ve üretilen elektrik enerjisindeki kalite sorunları dezavantajları arasındadır.

Dünya rüzgâr enerji potansiyeli 53 TWh/yıl olarak hesaplanmakta olup, günümüzde toplam rüzgâr enerjisi kurulu gücü 40.301 MW' tır. Bunun üçte biri Almanya'da bulunmaktadır. 2020 yılında 1,245 GW dünya rüzgâr gücü hedefine ulaşmak için gereken yatırım miktarı 692 milyar Euro'dur. Bu süre içinde üretim maliyetlerinin 3,79 E-cents/kWh'dan 2,45 Euro-cents/kWh'a düşmesi beklenmektedir. Rüzgâr türbinlerin, küresel piyasada 2020 yılına kadar yıllık 8 milyar Euro'dan 80 milyar Euro iş hacmine çıkması beklenmektedir. Toplam potansiyeli en az 48.000 MW olan, yıllık ortalaması 7,5 m/s 'nin üzerindeki bölgelerde günümüz fiyatlarıyla ekonomik olabilecek yatırımlar yapmak mümkündür [19]. Şekil 12 de Türkiye Rüzgâr Enerjisi potansiyeli gösterilmiştir.

TÜRKİYE RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYEL ATLASI

Rüzgar Hızı Haritası

100 m Yükseklikte Yıllık Ortalama



Şekil 12 Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası[19]

İKİNCİ BÖLÜM

KÜÇÜK ÖLÇEKLİ ŞEBEKELER

Elektrik taleplerindeki hızlı artış, klasik enerji kaynaklarının tükenmesi, güç elektroniği teknolojilerindeki gelişmeler ve enerji üretimi için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı dağıtık üretim kullanımına yol açarak, akıllı şebekeler de Microgrid kavramını oluşturmuştur [20]. Sürdürülebilir bir elektrik sistemi kurma yolunda akıllı şebeke kavramın önemi göz önüne alındığında, pek çok yenilikçi kavramlar, araştırmacılar tarafından öne sürülmüştür. ABD Consortium for Electric Reliability Technology Solutions (CERTS) Elektrik Güvenilirlik Teknoloji Çözümleri için Konsorsiyumu 1999 yılında kurulmuştur. AB, 2006 yılında Avrupa Birliği Akıllı Şebekeler Teknoloji Platformunu oluşturmuştur. ABD ve AB haricinde Çin, Güney Kore, Kanada ve Avustralya'da akıllı şebekeler ile yakından ilgilenmeye başlamıştır [2]. Bununla birlikte, tam olarak gerçek sistemlere uygulanmadan önce, ilk olarak laboratuvar düzeyinde önerilen kavramları test etmek için milyon dolarlık projelerle konuya destek çıkmışlardır. En yakın örnek olarak 2012 yılı haziran ayında NewMexico, ABD'de 1 Milyar Dolar bütçeli **The Centrefor Innovation, Testingand Evaluation (CITE)**, projesi başlamıştır. Bu çalışmada test platformlarının geliştirilmesi günümüz güç sistemin akıllı şebekeler üzerinde uygulaması ve kurulan sistemin daha verimli olması için alternatif bağlantı şekillerinin denenmesi ile oluşabilecek bağlantı sorunlarıyla başa çıkmada yardımcı olacaktır. Böylece bu test platformları geleceğin mühendislerini eğitecek ve onları bu yeni sistemin işlem kavramları hakkında daha bilgili yapacaktır.

2.1 KÜÇÜK ÖLÇEKLİ ŞEBEKELERİN YAPISI

Microgrid, birleşik güç sistemi sağlamak için kullanılan birden çok güç kaynağı ve yerel kontrollerin olduğu yönetilebilir, fiziksel olarak yakın olan jeneratörler ve yük kaynaklarının toplamı olarak da adlandırılmaktadır. Microgrid yapısı üzerine birçok prototip geliştirilmiş ve her tasarlanan sistem bu yapıya farklı bir tanım getirmiştir. Farklı tanımlamalar olsa da bütün geliştirilen Microgrid yapılarında Microgrid'in beş ana bileşeni bulunmaktadır. Bunlar; güç kaynakları, yükler, depolama aygıtları, kontrol sistemleri ve şebekeye ortak bağlantı noktası (**Point of Common Coupling PCC**), aracılığıyla dağıtım şebekesi noktalarına bağlanır.

2.1.1 Mikro Kaynaklar

Bir Microgrid içerisindeki Mikro kaynaklar jeneratörler ve yenilenebilir enerji kaynakları (PV, rüzgâr, Jeotermal vb.) genellikle Microgrid'lere yakın bölgelerde bulunmaktadır. Mikro kaynaklarının bazı tiplerinde çalışma sırasında oluşan atık ısının geri kazanımı (**Combined Heat and Power, CHP**) ile enerji tasarrufu sağlanmıştır. Böylece, mikro kaynak ünitesinin genel verimliliği önemli ölçüde artacak ve hem son kullanıcı hem de güç sistemi yararlanacaktır. Microgrid tarafındaki mikro jeneratörler için giriş gücü sabit veya değişken frekanslı AC ya da DC olabilir. Bu nedenle, yenilenebilir enerji kaynakları ile çalışan dağıtılmış jeneratörlerin çoğu, şebekenin ihtiyaç duyduğu bir formda, gücü dönüştürmek için bir güç elektroniği ara yüzüne ihtiyaç duymaktadır. Bu dönüştürücüler, hem doğrultucu hem de evirici ya da sadece evirici cihazları içerebilir [21]. Çıkış frekansı ve elektronik arabirim gerilimi şebeke ile benzer olmalıdır.

2.1.2 Yükler

Akıllı bir elektrik Şebekesinde, Şebekenin esneklik ve güvenilirliğini artırmak için bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanır. Microgrid uygulamaları konut, ticari ve endüstriyel olarak çeşitli alanlarda uygulanabilir. Genel olarak, ticari ve endüstriyel kullanıcılar kritik ve hassas yk talepleri için, güç kalitesi ve güvenilirliği yüksek olmasını isterler. Microgrid kurulumundaki amaçlanan çalışma stratejine ulaşmak için yüklerin sınıflandırılması genel olarak aşağıdaki gibidir.

- Şebekeye bağlı modda, net üretim/tüketim gücünü karşılamak için Microgrid içindeki üretim/tüketim cihazlarının kontrolün sağlanması,
- Şebekeden bağımsız çalışmada, voltaj ve frekans stabilize etmek için üretim /tüketim cihazlarının kontrolünün sağlanması,
- Kritik ve hassas yüklerin güç kalitesini ve güvenilirliğinin sağlanması,
- Dağıtılmış enerji kaynaklarının derecelendirilmesini optimize etmek.

Hassas olmayan yüklerin bir kısmı Microgrid içinde yukarıdaki işletim stratejilerini elde etmek için kontrol edilebilir bir yük olarak da kullanılabilir [22].

2.1.3 Depolama Aygıtları

Akıllı ve mikro Şebekelerde kullanılan enerji depolama teknolojileri; elektrik üretim ve dağıtım Şirketleri, tesis isletmecileri ve elektrikli araç üreticileri için oldukça önemli bir ilgi alanıdır. Büyük miktarlarda enerjinin depo edilebilmesi elektrik Şirketlerinin operasyonları için büyük bir esneklik sağlayabilir. Çünkü bu sayede, talep edilen enerjinin aynı anda üretilmesine gerek kalmaz [23]. Enerji depolama teknolojilerinin geliştirilmesi, gerilim düşmesi ve kesintiler gibi güç kalitesi problemlerinin hem sistem hem de ekipman düzeyinde sağlandığı çözümler büyük önem taŐımaktadır [24]. Bununla birlikte, enerji depolamanın; sistem verimliliğini artırması, yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonuna olanak

vermesi, şebeke kararlılığını ve güvenilirliğini artırmasına ek olarak sera gazı emisyonu azaltması gibi faydaları vardır [25]. Elektrik enerjisinin ucuz olarak direkt depolanması kolay olmamasına rağmen, ihtiyaç olduğunda elektrik enerjisine dönüştürüp kullanılmak üzere farklı formlarda depolanabilir. Enerjinin depolanması için geliştirilen başlıca teknolojiler; elektriksel, mekaniksel, kimyasal ve ısı depolama teknolojileridir.

2.1.3.1 Elektriksel Enerji Depolama Teknolojileri

Depolama teknolojisi güç kalitesinin iyileştirilmesinde, elektrikli araçlarda ve akıllı şebeke uygulamalarında büyük miktarlarda enerji depolayabilmek, elektrik şirketleri için büyük bir esneklik sağlayabilmektedir. Ani talep artışlarında üretim kapasitesinin artırılmasına gerek duymadan depolanan enerji ile karşılanabilir. Bunlar; kapasitörler, ultrakapasitörler ve süper iletken manyetik enerji depolama teknolojileridir.

Kapasitörler: Elektrostatik formda depolanan enerjiyi, elektrik enerjisi olarak açığa çıkaran enerji depolama teknolojisidir. Elektrik yükü depolama, reaktif güç kontrolü, bilgi kaybı engelleme, AC/DC arasında dönüşüm yapmada kullanılırlar ve tüm entegre elektronik devrelerin vazgeçilmez elemanlarıdır. Kapasitörler, öncelikle tüketicilerin küçük elektronik cihazları için kullanılmış, ancak giderek silah ve ticari elektrikli araçların, güç temini için geliştirilmektedir.

Ultra Kapasitörler/Süper Kapasitörler: Ultra kapasitör ile oluşturulan enerji depolama sistemi, enerji tamponu görevi dışında aynı zamanda şebekenin güç kalitesinin iyileştirilmesini de sağlamaktadır. Ultra kapasitörler, oldukça yüksek güç yoğunlukları nedeniyle (18 KW/kg) çok kısa bir süre içinde güç sistemine yüzlerce hatta binlerce amper akım verebilmektedir. Böylece kısa sürede yüksek güç gerektiren güç kalitesi problemlerinin çözümünde önemli rol alabilmektedirler. Ultra kapasitörlerin en önemli üstünlükleri, uzun işletim ömürleri, esnek gerilim düzeyi,

yüksek akım gücü olarak sayılabilir. Ultra kapasitörler, çok yüksek güçleri çok hızlı depolayıp geri verebildikleri için özellikle güç sistemlerinde meydana gelen gerilim çökmesi veya kısa süreli kesintiler gibi geçici durumların giderilmesinde önemli görevler alabilmektedir [26].

Süper iletken Manyetik Enerji Depolama (Superconduction Magnetic Energy Storage, SMES): Bu teknoloji halka şeklinde sarılmış süper iletken tellerden oluşan bir bobinden oluşur. Üretilen elektrik bu bobinlerde manyetik alan olarak depolanır. Sistemin verimi, %90'dan daha fazladır ve cevap süresi çok kısadır. Bu teknolojinin uygulama alanlarının geniş olması (yük akısı, frekans kontrolü, sistem kararlılığı, enerji yönetimi vb.) ve yüksek verimliliği göz önüne alındığında geleceğin akıllı şebeke uygulamalarında önemli bir enerji depolama birimi olduğu söylenebilir [26].

2.1.3.2 Mekaniksel Enerji Depolama Teknolojileri

Bu teknoloji potansiyel ve kinetik enerji olarak depolama yapmaktadır. Bunlar, pompalı hidroelektrik depolama, sıkıştırılmış hava ile enerji depolama ve volan enerji depolama teknolojileridir.

Volanlar (Flywheels): Volan kinetik enerjiyi mekanik olarak depolayan teknolojilerden biridir. Sistem enerjisini, yüksek devir sayısı ile dönen bir rotorun sağladığı atalet ile depolar. Sistemden enerji alındığında, enerjinin korunumu kanununa göre devir sayısı azalır. Ters olarak da sisteme enerji verildiğinde devir sayısı artar. Devir sayısı yaklaşık 75.000 devir/dakikayı bulabilir. Volan temelli enerji depolama sistemlerinin temel avantajları uzun bir çevrim ömrüne sahip olmaları ve yüksek şarj-deşarj hızlarına uygun bir yapı içermeleri olarak sıralanabilir. Volan sistemlerinin en önemli dezavantajları ise yüksek fiyatları ve boştaki kayıplarının oldukça yüksek olmasıdır. Volanların saat başına boştaki kayıpları %20 seviyelerine ulaşabilmektedir [27].

Pompa Hidroelektrik Depolama: Suyun düşük seviyedeki bir rezervuardan daha yüksek seviyedeki rezervuara pompalanarak potansiyel enerjinin depolanmasıdır. Bu işlem; enerji tüketiminin düşük olduğu zamanlarda rüzgâr türbininin ürettiği veya şebekeden alınan elektrik enerjisinin su pompalarını çalıştırmak üzere kullanımıyla gerçekleştirilir. Depolanmış su, elektrik enerjisi gereksiniminin fazla olduğu durumlarda su türbinine aktarılarak enerji elde edilir, dünya genelinde 300 civarında bu tip santral olduğu bilinmektedir.

Sıkıştırılmış Hava ile Enerji Depolama: Elektriğin fazla ve ucuz olduğu saatlerde, kompresör çalıştırılarak ortamdaki hava yeraltındaki geçirimsiz mağaralarda sıkıştırılarak depolanmakta, ihtiyacın olduğu saatlerde ise basınçlı hava ile türbinler çalıştırılarak elektrik üretilmektedir [26]. Bu teknolojinin ilk uygulaması 1978 yılında 290 MW'lık kapasitesi olan Huntorf Santralidir yine Almanya 2013 yılında inşaatı devam eden 200 MW'lık ADELE Santralini projesini sürdürmektedir.

2.1.3.3 Kimyasal Enerji Depolama Teknolojileri

Bu alanda birçok uygulama olup bazı örnekler aşağıdaki gibidir:

Şarj Edilebilir Piller, Gelişmiş Kurşun-Asit Piller, Akış Piller, Lityum-İyon Piller, Metal-Hava Piller, Lityum-Metal Piller, Sodyum Piller ve Nikel Kadmiyum Piller. Bunlar dışında yakıt hücreleri, hidrojen üretimi ile depolama ve ısı enerjisi depolama yöntemleri bulunmaktadır. Bütün bu depolama yöntemlerinin uygulama alanları Tablo 4'de genel olarak aşağıdaki gibi gösterilmiştir [26].

Tablo 4 Enerji depolama teknolojileri ve uygulama alanları[26]

Uygulamalar	Enerji Depolama Teknolojileri
Elektrikli Araçlar	Elektriksel (Süper kapasitör/Ultra kapasitör) Kimyasal (Yakıt hücreleri, kurşun - asit pilleri, Lityum-iyon pilleri, Metal hava pilleri, Nikel kadmiyum pilleri)
Akıllı Şebekeler	Elektriksel (Süper kapasitör/Ultra kapasitör, Mikro Süper iletken manyetik enerji depolama) Mekaniksel (Yüksek güç volanlar, pompalı hidroelektrik, Sıkıştırılmış hava enerji depolama(CAES) Isıl enerji depolama Kimyasal (Sodyum Sülfür-NaS pilleri, Kurşun-asit pilleri, Lityum iyon pilleri, Metal hava pilleri, Nikel kadmiyum-NiCd pilleri, Yakıt hücreleri, Akış Çinko bromür-ZnBr)
Bina ve Evler	Kimyasal (Kurşun-asit pilleri, Lityum-iyon pilleri, Metal hava pilleri, Yakıt hücresi) Isıl enerji depolama

2.1.4 Kontrol Sistemleri

Microgrid içindeki kontrol ünitesi sistemin güvenli bir şekilde şebekeye bağlanmasını ve ada modunda (Island Mod) sisteminin çalışmasını tasarlanan diğer bağlantı düzenekleri arasında geçişi düzenlemek için tasarlanmıştır. IEEE 1547,4 "Elektrik Güç Sistemlerinde Dağıtık Kaynakların Ada Sistemleri İşletim ve Entegrasyon" standardı Ada Microgrid (Isolated MicroGrid, IMG) potansiyel faydaları aşağıdaki gibidir.

- Müşterilerin güvenilirliği artırmak,
- Elektrik sistemi aşırı yük sorunlarını gidermek,

- Güç kalitesi sorunlarını çözmek,
- Müşterileri kesintiye uğratmadan, güç sistemi bileşenlerine bakım imkân sağlamak.

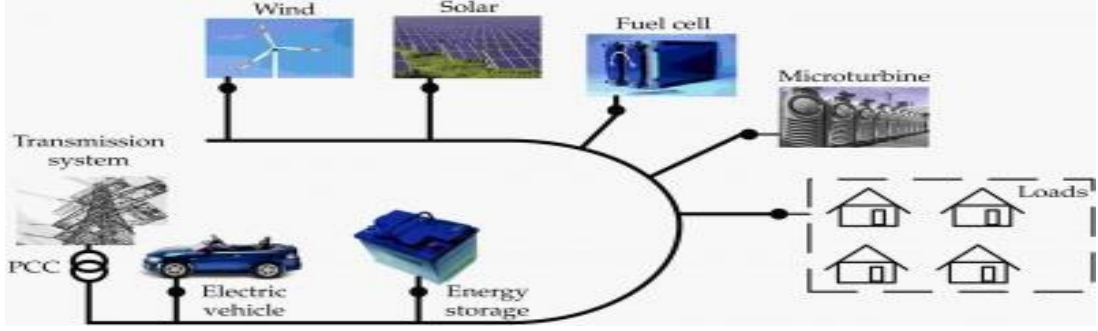
Bu avantajlar ada Modda Microgrid sistemlerinin çalışmasını teşvik etmektedir. Bu nedenle, bir Microgrid ile ana şebeke arasındaki bağlantı isteğe bağlı olarak açık olabilir. Her iki durumda da, kontrol sisteminin amacı, Microgrid şebekeden bağımsız olduğu sürece, Microgrid şebekesinin gerilim ve frekans kontrolü ile bu parametrelerin kabul edilebilir sınırlar içinde kalmasını sağlamaktır. Ayrıca yeniden ana şebekeye bağlandığı zamanlarda şebeke voltajı ile mikro kaynakların gerilimlerini yeniden eşitlemektedir. Sistemde enerji alan /veren durumuna göre aktif ve reaktif güç için tanımlanan ayar noktalarını referans alarak bu kaynaklardan çıkış gücü düzenlemektedir.

2.1.5 Ortak Bağlantı Noktası

Ortak bağlantı noktası, ana şebekeden gelen güç dalgalanmalarını Microgrid'ten izole eden ve bozukluk nedeni giderildiğinde, Microgrid'i yeniden ana şebekeye bağlayan statik bir anahtardır. Statik anahtar, Microgrid ile ana şebeke arasında bir ara yüz olarak çok önemli bir rol oynamaktadır. Statik Anahtarın asıl işi ana şebekeye bağlı olduğunda güç kalitesindeki dalgalanmalar önleyerek Microgrid içindeki hassas yükler korumaktır.

Şekil 13'de Ortak Bağlantı Noktasının bir temsili görülmektedir. Statik anahtarın 4 farklı çalışma durumu vardır. Bunlar:

1. Şebeke hatlarındaki frekansın kabul edilebilir sınırlar içinde olmaması,
2. Sistemde yüksek akımdan kaynaklanan hata oluşması,
3. Ana şebekenin kötü gerilim kalitesi,
4. Gerilim sarkmalarında hassas yükleri belirli bir süreliğine tolerans edebilir.



Şekil 13 Microgrid Ortak Bağlantı Noktası[22]

2.2 KÜÇÜK ÖLÇEKLİ ŞEBEKELERİN AKILLI ŞEBEKELER KAPSAMINDA YERİ VE ÖNEMİ

Dünya genelinde yaklaşık yüz yıldır ciddi bir değişikliğe uğramadan hizmet vermekte olan enerji şebekeleri, son yıllarda başlatılan çalışmalarla akıllı şebekeler (Smart Grids) dönüşmeye başlamıştır. Hali hazırda tamamlanmış çalışmalar çok az olmakla beraber, bilim dünyası ve gelişmiş ülkeler bu değişimin gerekliliği konusunda fikir birliğine varmıştır ve başlatılan çalışmaların tamamlanması için azımsanamayacak kadar önemli bütçeler ayrılmıştır. Akıllı şebekeler kavramı ile beraber gelişen diğer bir kavram da küçük ölçekli şebekelerdir. Küçük ölçekli şebekeler, akıllı şebekeler sisteminin performansını yükseltebilecek önemli bir potansiyele sahiptir. Tanım olarak ele alındığında, merkezi enerji şebekesi ile uyumlu fakat gerektiğinde bağımsız çalışabilen, bölgesel olarak kurulan ve işletilen, kullanıcıya yüksek kalitede ucuz hizmet sunmayı hedefleyen, modern küçük ölçekli şebekelerdir. Akıllı şebekeler ile benzer teknolojiyi kullanmayı hedefleyen uygulamalar, akıllı küçük ölçekli şebekeler (Smart Microgrids) şeklinde de anılmaktadır.

Küçük ölçekli şebekeler, bir iş merkezi, hastane, üniversite kampüsü, askeri alan, mahalle, ilçe hatta bir şehir bile olabilir. Eğer kendi enerjisini kendi üretebilen,

abonelerine dağıtabilen bir kontrol otomasyon sistemi kullanıyorsa, bu tür yapılar küçük ölçekli şebeke olarak kabul edilmektedir. Küçük ölçekli şebekelerin mümkün olduğunca merkezi şebekeye az yük olması, hatta bazen destek olması arzu edilmektedir. Birçok gelişmiş ülke, bu yapıdaki küçük ölçekli şebekelerin artmasını arzu etmektedir. Akıllı şebekeler, akıllı küçük ölçekli şebeke sistemlerini birleştirdiğinde, merkezi şebekeye yük olmayan hatta gerektiğinde destek olan bir sistem oluşturmaktadır.

Akıllı Şebekeler ve Küçük Ölçekli Şebeke ifadeleri, ilk bakışta küçük ölçekli şebekelerin birleşerek büyük şebekeyi yani merkezi şebekeyi oluşturduğu izlenimini vermektedir. Fakat gerçekte küçük ölçekli şebekelerin, merkezi şebekeden bağımsız çalışabilme özelliği olduğu için, merkezi şebekeyi oluşturan zorunlu parçalar olarak kabul edilmezler. Örneğin bir akıllı şebeke, akıllı sayaçlar sayesinde her aboneye ulaşır, onların enerji kullarımlarını kontrol etmelerini, onlara günün farklı saatlerinde daha ucuz enerji satmayı, bazen onların fazla enerjisini satın almayı, bir hizmet olarak sunabilir. Bu sistemde hiçbir küçük ölçekli şebeke olmayabilir. Fakat aynı sistemin içinde bulunan hastane binası bir miktar yatırım yaparak, kendi içinde bir küçük ölçekli şebeke oluşturup enerjiyi daha da ucuza kullanmayı hedefleyebilir. Hatta eğer yüksek potansiyelli enerji üretimine sahipse çevredeki evleri de kendi sistemine katabilir. Bu durum merkezi şebeke için fazla yükten kurtulma yani bir avantaj anlamına gelmektedir. Çünkü mevcut enerji hatları daha az yüklenecektir. Eğer merkezi şebeke gerektiğinde hastanenin fazla enerjisini de kullanabilecekse bu ikinci bir avantaj oluşturmaktadır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

KÜÇÜK ÖLÇEKLİ ŞEBEKELERLE İLGİLİ PROTOTİP VE LABORATUAR ÇALIŞMALARI

Tasarlanan her teknolojinin doğru optimizasyonu için üretim, iletim, dağıtım ve kontrol günümüzde güç sisteminin yapısına göre değişiklikler gösterir. Microgrid üzerindeki araştırma çalışmaları farklı Microgrid topolojileri kullanarak oluşturulan test düzenekleri ve simülasyonlara dayanmaktadır. Bu bölümde dünya çapında literatüre giren test düzenekleri hakkında özet bilgiler verilmiştir. Test düzenekleri incelendiğinde, ülkelerin farklı görüşler etrafında yatırım ve teşvikler verdiği görülmüştür. Kuzey Amerika ülkeleri yenilenebilir enerji kaynaklarından ziyade enerji kaynaklarının güvenliğini sürdürmek üzerine yoğunlaşmış. Avrupa ve Asya ülkeleri yenilenebilir enerji ve yeni enerji üretim teknolojilerini, birçok test düzeneği üzerinde yaptığı görülmektedir. ABD enerji depolama sistemlerinin uygulamaları üzerinde yoğunlaşmışken Avrupa ve Asya ülkeleri daha çok yerel ve merkezi kontrol sistemleri üzerine çalışmalar sürdürmektedir. Tasarımı gerçekleştirilen her test düzeneği Microgrid standartlarının gelişmesine yardımcı olmuştur.

3.1 BÜYÜK ÖLÇEKLİ MICRO GRID LABORATUVARLARI

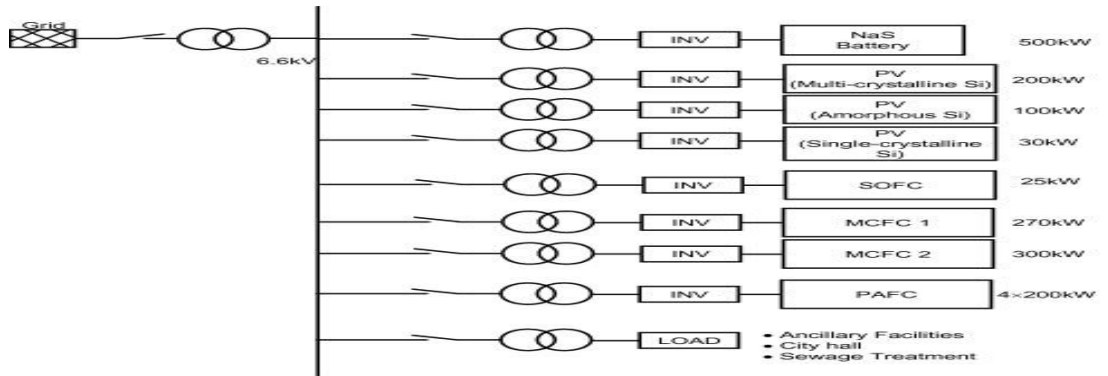
Büyük ölçekli Microgrid laboratuvar deneyleri, sistem gücünün bir yerleşim yeri veya bir kamu kuruluşunun taleplerini karşılayabilecek kapasitede gerçek hayat uygulamalarıdır. Bu deneylerde üretilen enerji ile tüketilen enerji arasında dengenin korunması, enerji yönetimi, enerji kalitesi ve yüksek kapasiteli depolama sistemlerindeki verim gibi oluşturulan sistemlerin gerçekleştirildiği projelerdir. Projeleri yürüten ülke veya kuruluş kendi standartlarının kabul ettirmeyi hedeflemiş, böylece her kurum veya ülke kendi standartlarını oluşturarak kurum yâda ülke bütçesine katkı sağlamayı planlamışlardır.

3.1.1 Aichi Microgrid Projesi- Japanyo Merkez Havaalanı:

Aichi Microgrid Projesi(New Energyand Industrial Technology Development Organization NEDO) tarafından yaptırılan bir uygulama projesinin bir parçası olarak inşa edilmiştir. NEDO projeleri belli bir süre içinde üretilen enerji ve tüketilen enerji arasında tahmini hata payını korumak için ayarlanmış bir kontrol hedefi üzerine çalışır. Aichi Microgrid sistemi yakıt hücrelerinden oluşan bir güç kaynağı sistemidir:

- Bir adet 270 kW ve bir adet 300kW kapasiteli Erimiş Karbonat Yakıt Hücresi (MCFC),
- 1 adet 25 kW Katı Oksit Yakıt Hücresi (SOFC),
- 4 adet 200 kW Fosforik Asit Yakıt Hücresi (PAFC),
- 330 kW PV,
- 1 adet 500kW Sodyum-Sülfür (NaS) tabanlı Pil Deposu ve bunlara ait dönüştürücüler ile tasarlanmıştır.

MCFC yakıtı, doğal gazın yüksek sıcaklıkta gaz ekstrası haline getirilmiş bir biyogaz karışımıdır. Biyogaz çöp tesisi içinde işlenen metanın fermantasyon sistemi ile üretilir. Şekil 14’de Aichi Microgrid tek-hat şeması gösterilmiştir [28] ve [29] . Bu projenin amacı güneş ve rüzgâr enerjisi kullanan dağıtılmış kaynakların kararsız üretiminin mevcut elektrik sistemi üzerindeki sorunlarına çözüm aramak için 2005 yılında yapılmıştır.



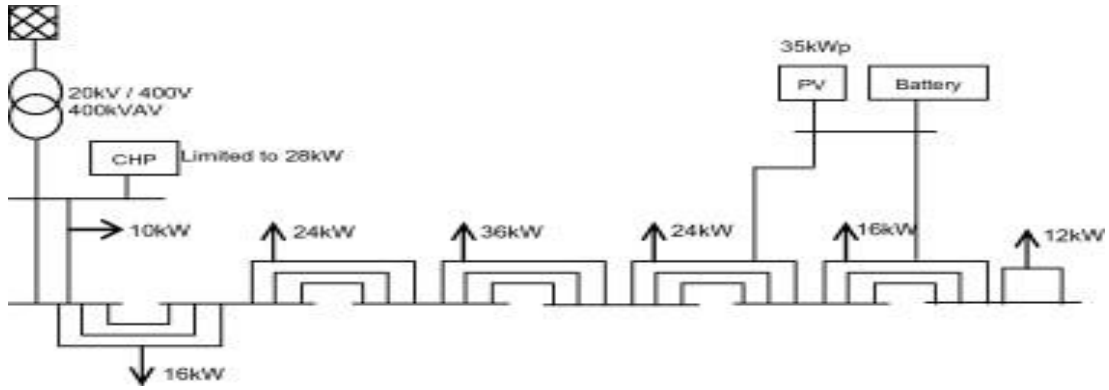
Şekil 14 Aichi Microgrid Projesi[29]

3.1.2 StutenseeAmSteinweg101 Konutlu Microgrid – Almanya:

Bu test sistemi DISPOWER projesi kapsamında yürütülen çalışmaları test etmek için inşa edilmiştir. Microgrid üç fazlı alçak gerilim (400 V) 400 kVA trafo ile orta gerilim (20 kV) ağına bağlı dört telli sistemdir. Bu sistemde enerji kaynakları;

- 28 kW mevcut elektrik gücü ile bir CHP
- 35 kWp anma gücü
- 880 Ah kurşun asit akü bankası
- 100 kW bir çift yönlü evirici ile bağlanır.

Toplam olarak, 101 dairenin olduğu bu Microgrid yapısında maksimum aktif güç 150 kW olarak belirlenmiştir [30-31]. Depolama kapasitesi 30 dakikalık bir süre için sistemin gücünü karşılamaktadır. Şekil 15'te Microgrid şematik bir diyagramı gösterilmektedir.



Şekil 15 Stutensee Am Steinweg 101 Konutlu Microgrid Şeması[31]

Test sistemi Güç Akışı ve Güç Kalite Yönetim Sistemi (Power Flow and Power Quality Management System, PoMS) kullanılarak işletilmektedir. PoMS şebeke çalışmasını, dağıtılmış kaynakları kontrol ve talep tarafı yönetimi yöneten bir alçak gerilim şebeke optimizasyon aracıdır. PoMS, bir merkezi birim (Power Central Unit, PCU) ve birkaç merkezi olmayan arabirim kutularından (Power Interface Boxes, PIB) oluşmaktadır. Kontrol edilebilir şebeke cihazları ve ölçüm cihazları

PIB'lerin aracılığıyla PCU ile iletişimi sağlamıştır. Test sisteminde kullanılan iletişim aracı, bilgisayar ağları iletişim standardı olan İletim Kontrol Protokolü ve İnternet Protokolü (Transmission Control Protocol and İnternet Protocol TCP / IP)'dür.

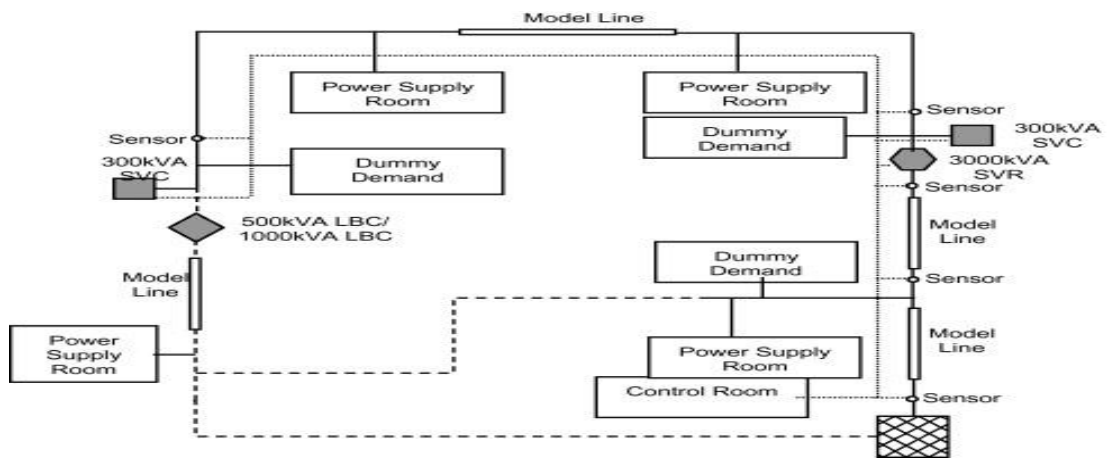
3.2 ORTA ÖLÇEKLİ MICRO GRİD LABORATUVARLARI

Orta ölçekli Microgrid laboratuvarlarda sistemini oluşturan bileşenlerin kontrol değerlendirilmesi, sisteme dâhil olan evirici tabanlı kaynakların kontrol sorunları, depolama çeşitliliğinin sonuçları, cihazlar arasındaki iletişim testlerinin değerlendirilmesi, sistemi uzaktan izleme ve kontrol stratejileri belirlenmesi incelenmiştir. Hatta kurulan sistemlerin AC veya DC tabanlı besleme olmasının karşılaştırılması yapılmıştır.

3.2.1 Akagi Elektrik Sanayi Merkez Araştırma Enstitüsü Microgrid Testi – JAPONYA:

Bu projede yeni test cihazlarının birleştirilmesinde oluşabilecek kontrol sorunlarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Test sisteminin blok diyagramı Şekil 16'da gösterilmektedir. Test sisteminde, güç kaynağı odasındaki 200 kVA suni yük dirençleri ve reaktanslar olup, 3x100 kW evirici aracılığıyla PV üretimi simüle edilmiştir. Test sistemi ekipmanları güç kontrol amacıyla bir Statik VAR kompensatör (SVC), bir voltaj regülâtörü (SVR) ve döngü denge kontrol (LBCs) cihazından oluşmaktadır. Enerji depolama bu sisteme dâhil değildir.

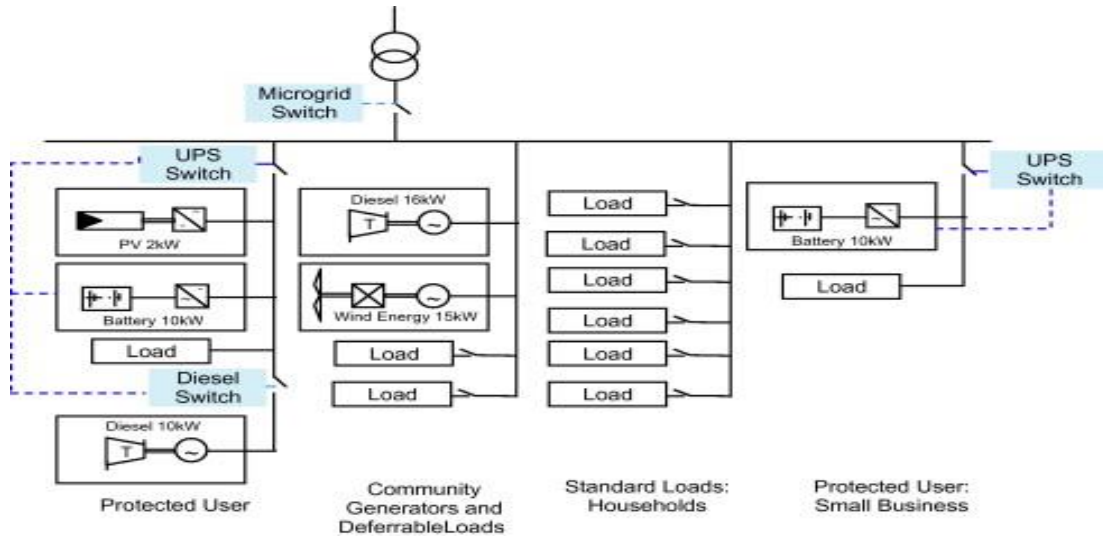
Test sistemi fiber optik haberleşme ile diğer ekipmanlara bağlı bir merkezi kumanda ile çalıştırılmış. SVC ve SVR 6,6 kV dağıtım gerilimini regüle etmek için kullanılmış ve bazen gerçek bir yardımcı şebeke ağı ile kullanılmıştır. LBCs bir back-to-back evirici ile iki dağıtım arasındaki güç akışını kontrol edebilen, dağıtım ağı ekipmanlarının yeni bir türüdür. DC-Link LBCs farklı gerilim ve frekanslarda Dağıtılmış Enerji Kaynaklarına (**D**istributed **E**nergy **R**esources, DERs) bağlantısı izin verir [32] ve [33] .



Şekil 16 Akagi Elektrik Sanayi Merkez Araştırma Enstitüsü Microgrid Testi[33]

3.2.2 DeMoTec Microgrid Test Sistemi-ALMANYA:

DeMoTeC Microgrid test sistemi, iki batarya ünitesi, iki dizel jeneratör, PV jeneratör ve bir rüzgâr jeneratöründen oluşur. Toplam kullanılabilir üretim kapasitesi yaklaşık 200 kW'dır. Çeşitli otomatik anahtarlar ile farklı öncelikli yük düzeyleri için 3 farklı Microgrid düzeyine sahiptir. Sistemde bir merkeze bağlı akü bankası ve bir fazlı PV sistemi ile bağlantılı bir fazlı akü eviricisi bulunmaktadır. Şekil17'de DEMOTEC testi Microgrid bir hat şeması gösterilmektedir.



Şekil 17 DeMoTec Microgrid Test Sistemi[34]

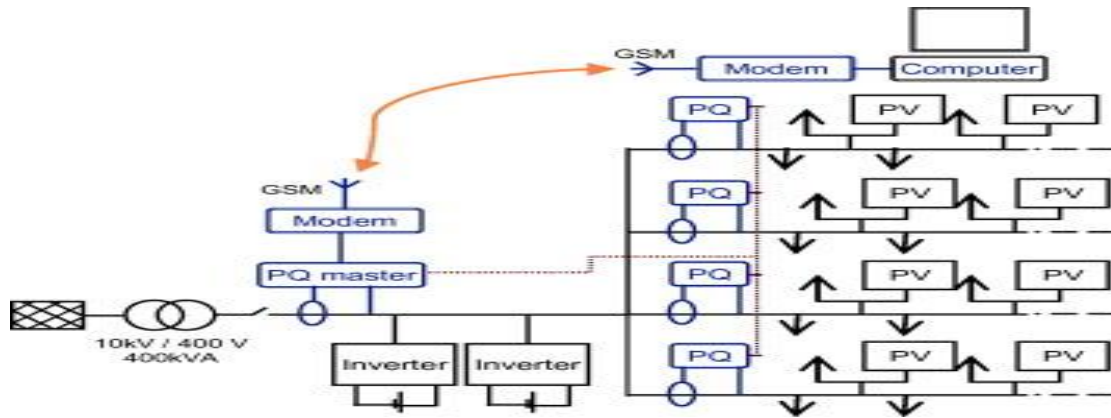
SCADA sistemi ile jeneratörlerin kontrolü ve sistemin işletim durumunun izlenmesi sağlanmıştır. İletişim ayrı bir Ethernet iletişim hattı üzerinden yapılmış ve iletişim protokolü olarak XML-RPC kullanılmıştır [34].

3.2.3 Bronsbergen Holiday Park Microgrid – HOLLANDA:

Avrupa Birliği tarafından desteklenen Microgrid projelerinden biridir. Bronsbergen Holiday Park 208 adet tatil evlerinden oluşmuştur. Microgrid parkta 108 adet çatıya monte PV panelinden oluşmuş ve maksimum üretim kapasitesi 315 kW'tır. Microgrid 400 kVA trafo (400 V/10 kV) ile 10 kV orta gerilim şebekesine bağlanmıştır. Sistemin ortak bağlantı noktasına bağlı iki akü bankası ile merkezi bir enerji depolama oluşturulmuştur [35]. Şekil 18'de Bronsbergen Holiday Park Microgrid şematik diyagramı görülmektedir.

Bronsbergen Holiday Park Microgrid kontrol seçenekleri şunlardır:

- Merkezi kontrol yönetimi kullanılmıştır.
- Her besleyicinin aktif ve reaktif gücü ölçülmüş ve mikro şebeke ile orta gerilim şebekesi arasındaki değiş-tokuş aktif ve reaktif güç toplam miktarını ölçerek merkezi kontrole gönderilir.
- GSM iletişimi merkezi kontrol değişimleri ile veri merkezinde bilgisayar üzerinden gerçekleştirilir.
- Otomatik izolasyon ve yeniden bağlanma mevcuttur (Yöntem literatürde açıklanmamıştır).



Şekil 18 Bronsbergen Holiday Park MicroGrids Şematik Diyagramı[35]

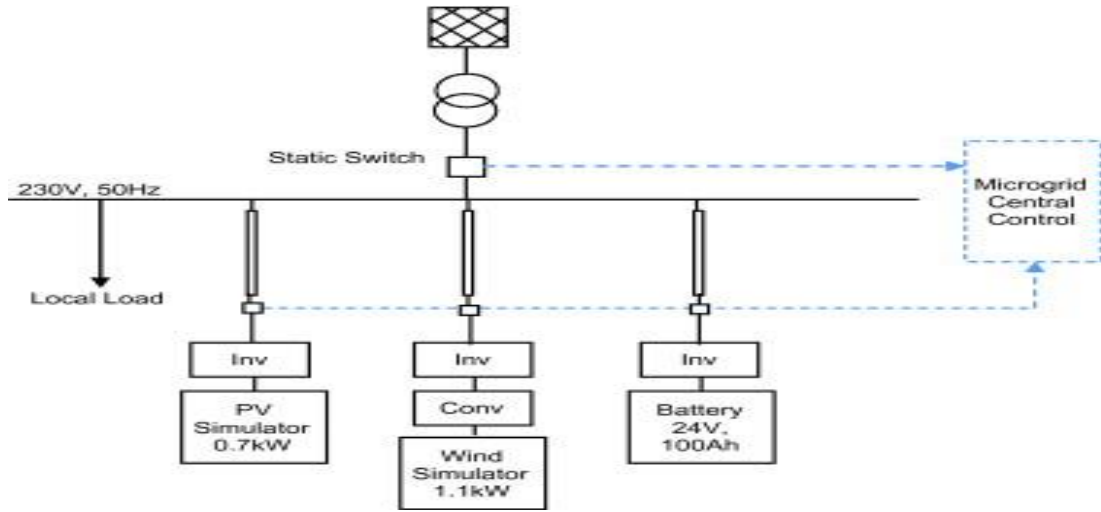
3.3 LABORATUVAR ÖLÇEKLİ MICRO GRID

Laboratuar ölçekli tasarlanan Microgrid çalışmalarında, bileşenler çeşitlilik göstermektedir. Bu bileşenler arasındaki bağlantı sorunları, yenilenebilir enerji kaynaklarının değişken karakteristik sorunları, (panel de güneş önüne bulutun geçmesi ve değişen rüzgâr hızı vb.) depolama çeşitliliği ve kapasitesi farklılık göstermektedir. Tasarlanan sistem ana şebekeden bağımsız çalışma(Ada Modu) durumu veya ana şebekeye bağlandığındaki sistem dengesinin korunması gibi nedenlere göre değişiklik göstermektedir. Genel olarak küçük bir güç sistemi içinde üretim ve tüketim arasındaki dinamik dengeyi sürdürmenin kısıtlamaları ile kullanıcı

tercihlerini birleştiren gelişmiş bir kontrol sistemidir. Aşağıda dünya çapında uygulaması yapılan birkaç örnek incelenmiştir.

3.3.1 Hong Kong Laboratuar Ölçekli Microgrid-ÇİN

Şekil 19'da kurulan test düzeneği 230 V, 50 Hz tek fazlı sistem olarak inşa edilmiştir ve PV simülatörü, rüzgâr simülatörü ve akü bankasından oluşmaktadır. Şebekeye mikro kaynaklarının bağlantısı, esnek güç elektroniği arabirimleri üzerinden yapılmıştır. Merkezi kontrol Microgrid üzerindeki gücü dengelemek için kullanılmış, iletişim RS485 hattı üzerinden yapılmıştır. Kontrol aşamaları çalışma modları üzerinden değiştirilmiştir. Ada modun da akü bankası eviricisi ile gerilim kontrol modun da çalıştırılmıştır [36].

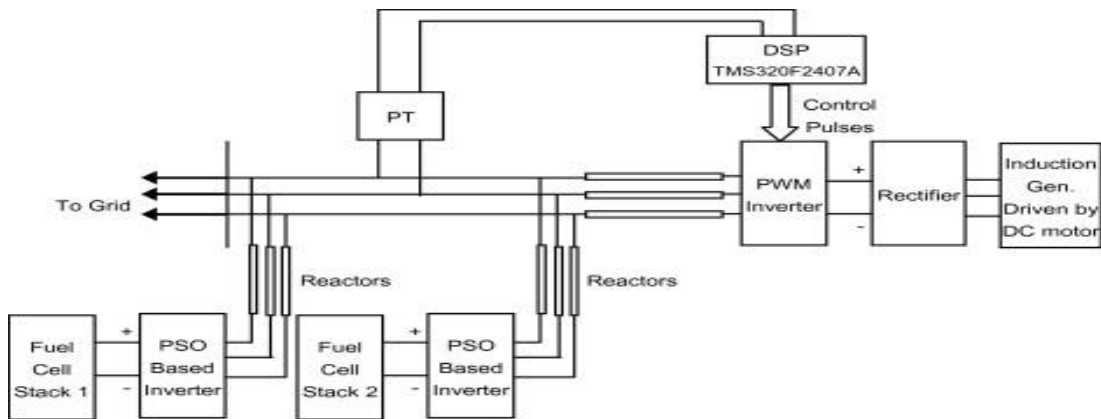


Şekil 19 Laboratuar Ölçekli Microgrid[36]

3.3.2 Mühendislik ve Teknoloji Enstitüsü'nde Microgrid Testi- HİNDİSTAN

Bu laboratuvar ölçekli Microgrid modeli yakıt hücresinden beslenen iki adet Parçacık Sürü Optimizasyonu (Particle Swarm Optimization, PSO) tabanlı evirici, bir adet sinüs PWM evirici ve DC motorlu indüksiyon jeneratöründen (2,2 kW, 415 V, 50 Hz, üç fazlı) oluşmaktadır.

DeneySEL kurulum için kabul edilen şebeke kapasitesi 3,2 kVA, 415 V, üç fazlı ve şebeke frekansının 50 Hz olduğu test şeması 20'de gösterilmiştir. Gerilim ve frekans kontrolü PWM evirici üzerinden yapılmıştır. Enerji depolama ya da iletişim sisteminin ihtiyacı ele alınmamıştır[37].



Şekil 20 Hindistan Mühendislik ve Teknoloji Enstitüsü'nde Microgrid Testi[37]

Microgridler akıllı şebekelerin geliştirilmesinde kilit rol oynamaktadır. Microgrid mimarisi ve tasarımında birçok çeşitliliğin olması sistem güvenilirliğini ve dağıtılmış üretim kaynaklarının optimasyonunda ortak bakış açısını belirlemektedir. Yapılan uygulamalardan elde edilen tecrübeler güvenilir kontrol stratejileri belirlenmesi ve daha fazla sistem güvenilirliğini artırmak için en büyük hedeflerden biridir. Geleneksel kontrol yöntemlerinin Microgrid uygulamalarında kullanılması ile gerçekleştirilen Microgrid Modelin sistem kararlılık performansı, koruma, kontrol stratejileri ve Microgrid tasarım yönergeleri geliştirilmesinde daha fazla araştırma yapılmasını kolaylaştırmaktadır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

TURGUT ÖZAL UNİVERSİTESİ (TOU) KÜÇÜK ÖLÇEKLİ ŞEBEKE PROTOTİPİ

Gerçekleştirilmek istenen prototip genel olarak 8x80 Wp PV dizisi, 400 W rüzgâr Jeneratörü, 3000 W OffGrid evirici, 2x500 W OnGrid evirici, 8x40 Ah Akü Bankası, 1 adet 40 A MPPT Şarj cihazı ve güç analizöründen oluşmaktadır. Tasarlanan hibrid uygulaması, akülü sistem olan OffGrid ve OnGrid sistemde karşılaşılabilecek muhtemel senaryolar, tasarlanan Modlar üzerinden gerçekleştirilmiştir. Senaryolar değişen hava şartlarına, mevcut şebekede elektrik birim ücretine ve mevcut şebekenin olup olmamasına göre oluşturulmuştur.

4.1 PROTOTİPİN GENEL ÖZELLİKLERİ

4.1.1 3000 W OffGrid Smart Evirici ve Şarj Cihazı


Birleşik aktarma anahtarlı iki bağımsız alternatif akım kaynağının bağlanabildiği bu evirici ile hem şebeke hattı hem de alternatif bir jeneratör hattı aynı anda bağlanabilmektedir. İki adet alternatif akım güç çıkışından biri ana güç çıkışı kesintisizlik fonksiyonuna sahip olup şebeke veya jeneratör geçişlerinde otomatik geçiş ile çıkış geriliminde herhangi bir bozukluğa uğramadan çalışmasına devam eder. İkinci güç çıkışı sadece eviricinin güç girişlerinden birisinde alternatif akım mevcutken çalışmaktadır. Bu güç çıkışına bağlanacak yüklerin akünün şarjını boşaltmayacak türde olmalıdır. Maksimum güç seviyesinin genellikle sınırlı bir süre için gerektiği durumlarda, Evirici yetersiz şebeke veya jeneratör gücünün derhal aküden alınan güçle telafi edilmesini sağlar [38].

4.1.2 2x500W OnGrid Evirici

OnGrid evirici ile klasik evirici arasındaki fark OnGrid evirici çıkış gerilimin mevcut şebeke faz, frekans ve büyüklük olarak eşitlenmesini sağlayarak şebekeye güç sağlar. Bu eviriciler mevcut şebeke hattının kesilmesi durumunda kendini kapatır. PV panel ve Rüzgâr jeneratöründen gelen yeterli gerilim seviyesi korundukça şebekeye güç sağlar aksi durumda yine kendini kapatır.

4.1.3 8 Adet 80 Wp PV Panel

Güneş panellerinden DC Gerilim kaynağı olarak kullanılır. Bu projede 8 adet 80 Wp oluşan seri bağlı toplam 640 Wp güç kapasiteli elde edilmiştir. Panellere ait etiket bilgisi Şekil 21’de görülmektedir.

	
PV Model	SR-M53680
Standard Power:	80W
Short Circuit Current(Isc):	4.84A
Open Circuit Voltage(Voc):	22.05V
Max. Power Current(Imp):	4.46A
Max. Power Voltage(Vmp):	17.93V
Max. System Voltage:	DC1000V
Number of Cells:	36
Size Of Module:	1197X535X35mm
At Standard Test Conditions:	AM1.5 1000W/m ² 25°C
  	
Sunrise Solartech Co.,Ltd. ADD:No.65-22 Xinggang Road Zhonglou Development Zone Changzhou, Jiangsu, China Tel:+86-519-83906502 http://www.srsolartech.cn	
Fax:+86-519-83906508 Email:info@srsolartech.cn	

Şekil 21 PV Etiket Bilgileri

4.1.4 500W Rüzgar Turbinü

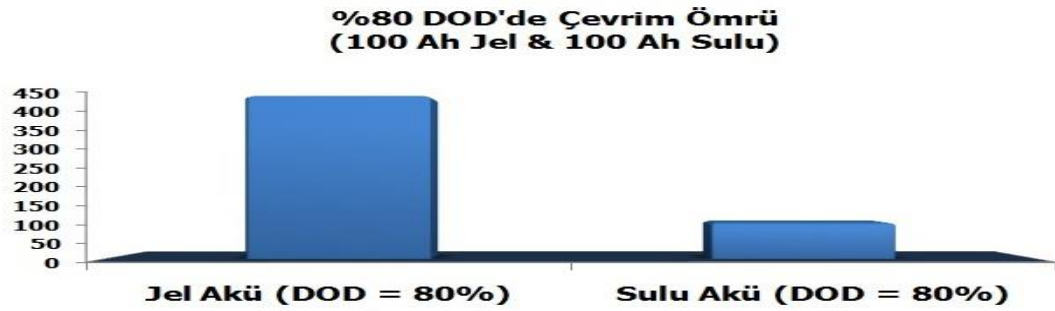
Rüzgâr santrallerinin öne çıkan problemleri, güç çıkışının kontrol edilmesi, yüksek dereceli rüzgârda güvenliğin sağlanması ve sistemin frenlenmesi ile aşırı üretimin önüne geçilmesidir. Değişken rotor hızını kontrol etmek için güç elektroniği kontrol devrelerine ihtiyaç duyulmuştur[39]. Bu nedenle tasarlanan hibrid yapının küçük güçlü olması kullanılacak rüzgâr türbünü 3 fazlı 500 W çıkış gücüne sahip 24 V şarj ünitesi ile üretilen enerji direk olarak akülere şarj edilmektedir. İhtiyaç duyulan enerji aküler üzerinden eviriciler ile kullanılmıştır. Rüzgâr hızın 3 m/s ile 12,5 m/s arasında verimli çalışma aralığına sahiptir.

4.1.5 8 Adet 12V 40Ah Deep Cycal (Jel) Akü

Kurşun asit aküler, enerji depolama birimi gerektiren birçok sistemde yaygın olarak kullanılmaktadır. Farklı uygulamalarda yüksek performansa sahip akü ihtiyaçlarının artmasıyla birlikte jel aküler, standart sulu akülerin istenen performansı sağlayamadığı alanlarda geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Jel akülerde güvenlik nedeniyle sadece yüksek basınçta açılan özel valf sistemi bulunur ve bu sistem gazların aküden uzaklaşmasını engelleyerek su kaybını minimize eder [40].

Jel aküler bakımsız tip akülerdir, dolayısıyla jel akülere hiçbir şekilde saf su v.b. ilave edilmez. Jel akülerin avantajlarından biri de bünyesinde sıvı elektrolit bulundurmayaşdır. Bu nedenle herhangi bir şekilde elektrolitin akıp akünün bulunduğu ortama zarar verme ihtimali yoktur. Jel akülerde sülfürik asit belli bir oranda silika ile karıştırılarak jel kıvamı elde edilir, akü içindeki iyon transferi de bu jel elektrolit ortamında gerçekleşir. Kullanıcıların jel aküyü tercih etmelerindeki önemli etkenlerden biri jel akülerin kullanılabilir kapasitesidir. Sulu akülerde kullanılabilir kapasite maksimum %50 düzeyindeyken, jel akülerde bu değer %80'dir. Yani 100 Ah'lik bir sulu aküden 50 Ah kullanılabilirken, 100 Ah'lik jel akünün rahatlıkla 80 Ah'lik dilimi kullanılabilir. Jel akülerin sahada geniş bir

kullanım alanı bulmasının en önemli etkeni jel akülerin çevrim ömrüdür. Jel aküler sulu akülerle kıyaslandığında, aynı kullanım koşullarında jel akülerin 4-5 kat arası daha yüksek ömrü vardır. Şekil 22’de %80 oranında deşarj edilen bir sulu aküyle, jel akünün kıyaslaması verilmiştir. Sulu akünün çevrim ömrü 100 iken jel akünün çevrim ömrü 450’dir, yani akünün %80’ini deşarj etmek koşuluyla jel akü 450 kere deşarj ve şarj edilebilir [40].



Şekil 22 Jel Akü İle Sulu Akü Arasındaki Çevrim Ömrü Avantajı[40]

4.1.6 Akü Bankası Güç İzleme Monitörü

Akü bankası güç izleme monitörü ile gerçek zamanlı olarak aküler üzerindeki gerilim ve doluluk oranı takip edilebilmektedir. Akü bankası üzerindeki şarj ve deşarj akımlarının ölçülmesi, ayrıca şarj durumu ve akünün kalan süresini hesaplamaktadır. Ayrıca cihaz kendine ait bir haberleşme ağına sahiptir. Şekil 23’te Akü Monitörüne ait farklı zamanlardaki bekleme ve şarj durumda çektiği akımları gösteren iki kesit görülmektedir.



Şekil 23 Akü Bankası Güç İzleme Monitörü

4.1.7 Güç Analizörü

Bir sistemde kullanılan enerjinin bileşenlerini değişik zaman ve şartlarda ölçen, birden fazla değeri aynı anda ölçü aleti üzerinde göstererek gerekli karşılaştırma ve işlemler yapılabilir. Güç analizörleri üç fazlı sistemlerde her faz için ayrı ayrı akım, gerilim ve güç değerlerini ölçerek sonuçları ekranında göstermektedir. Ayrıca kullanılan güç analizörü 4 tarifeli enerji ölçümü yapabilmektedir.

Özet rapor menüsü ile geçmiş tarihli enerji tüketim, toplam güç, ortalama gerilim, ortalama akım, maksimum ve minimum talep değerlerinin raporlanması yapılabilmektedir. Bununla beraber cihaz haberleşme ağını Ethernet veya RS485 iletişim portlarından yapabilmektedir. Şekil 24’de güç analizörüne ait bir kesit görülmektedir.

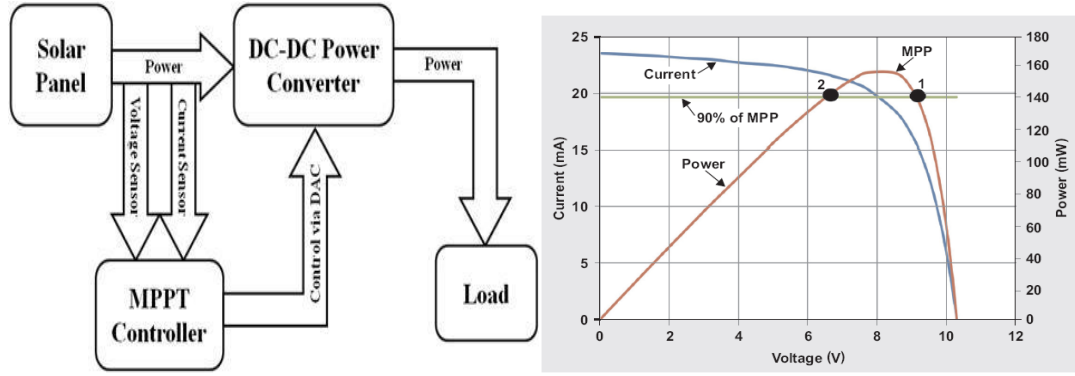


Şekil 24 Güç Analizörüne Ait Bir Kesit

4.1.8 MPPT Şarj Cihazı

MPPT cihazları PV ve batarya arasına yerleştirilen, yüksek frekanslı DC-DC dönüştürücülerdir. Ancak MPPT devreler PV tarafından üretilen çıkış geriliminin bir

parçasını tüketirler. MPPT işletme kaybı, bir MPPT cihazının dönüşüm verimi göstermektedir. En gelişmiş MPPT cihazlarının verimi %92-97 arasındadır. MPPT, PV kaynağının yükün çalışma geriliminden bağımsız olarak maksimum güç geriliminde çalışmasını sağlayarak PV'den yüke maksimum güç transfer etmesini sağlamaktadır. Şekil 25'de MPPT cihazının blok diyagramı ve çalışma grafiği görülmektedir.



Şekil 25 MPPT Cihazının Blok Diyagramı ve Çalışma Grafiği[41]

4.1.9 TOU MicroGrid Laboratuvarının Oluşturulmasında Dikkate Alınan Kriterler

- Dağıtılmış enerji kaynaklarının talep yönetimi, depolama ve üretimi kapsayacak şekilde ana şebeke ile paralel çalışabilmesi.
- Tüketicilerin ticari, müstakil ve bağlı olduğu ana şebekeye çözümler sunarken güvenilir ve ekonomik enerji güvenliği sağlamak.
- İklim değişikliğine neden olan sera gazı emisyonları azaltmak.
- Dağıtım omurgası üzerindeki baskıyı azaltmak.
- Microgrid bileşenlerin fonksiyonel gereksinimleri ve birleşenler arasındaki karşılaşılmamış durumları belirleme, tanımlama ve çözmek.
- Normal ve yoğun tüketim durumlarında enerji yönetimi yapabilmek.
- Arıza durumlarında sistem bütünlüğünü etkilemeden arızaları izole edebilmek.

- Microgrid mevcut güç sistemi bilgi sistemi ve ağ altyapısı ile birlikte çalışan şebeke arızası ve şebeke kesintisi zamanlarında ana şebekeye güç sağlama yeteneğine sahip olması.
- OnGrid –OffGrid çalışmaların ayrı ayrı gözlenebilmesi.
- Sisteme ait en yüksek performans ile çalışmasını sağlamak.
- Enerji yönetimine sahip evirici ile çalışmasında gözlenemeyen farklı çalışma fonksiyonlarını ayrı ayrı Modlar oluşturularak gözlenmek.
- Microgrid laboratuvar ile geleceğin mühendisleri için, genel güç kavramları, Microgrid kavramları ve bileşenleri öğrenmesi için görsel bir deneyim sağlamak.

4.2 GÜÇ İZLEME

Tasarlanan proje çalışmasında daha önce tanıtılan Güç analizörü ve Akü Bankası İzleme Monitörü ile sistem de mevcut depolanan enerji miktarı sistem üzerinde gerçekleşen üretim ve tüketim miktarları gözlenmektedir. Şekil 26’da görülen güç analizörü ait bir kesit görülmektedir.

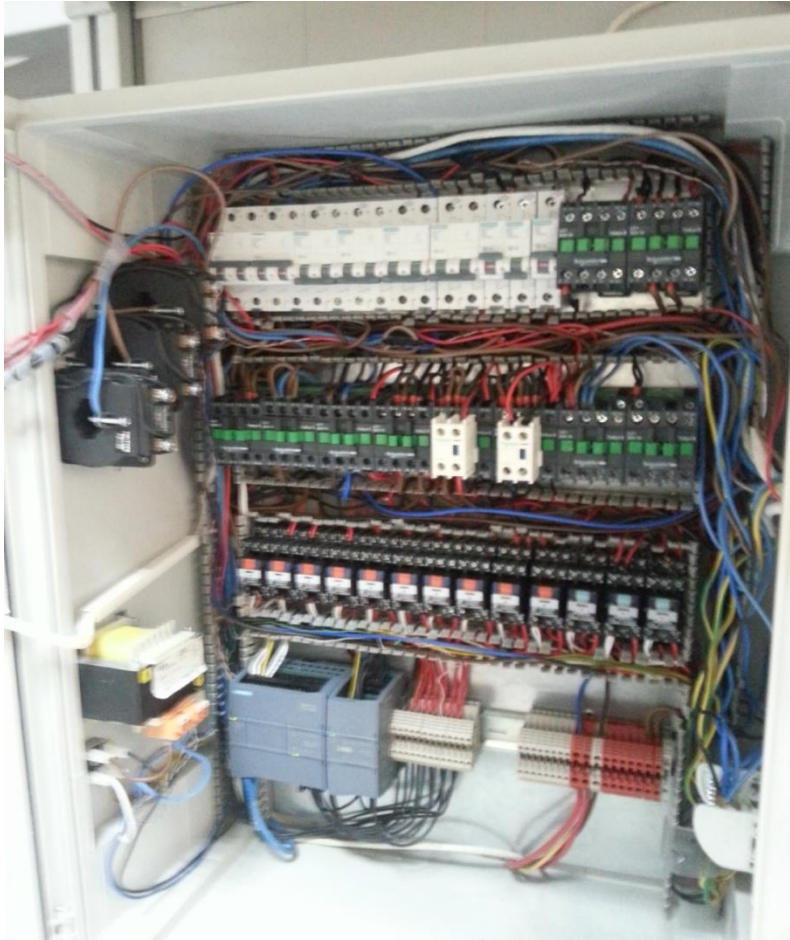


Şekil 26 Akü Bankası Monitörü

4.3 KONTROL BİRİMİ

TOU bünyesinde hazırlanan prototipin kontrolü Siemens'in S71200 serisi PLC ile yine Siemens'in Tia Portal Yazılımı ile oluşturuldu. SCADA kontrol paneli olarak Siemens'in KTP 400 modeli kullanılmıştır. Modlar arası geçişlerin kontrol edildiği kumanda devre şeması Ek 7.2.1'de verilmiştir.

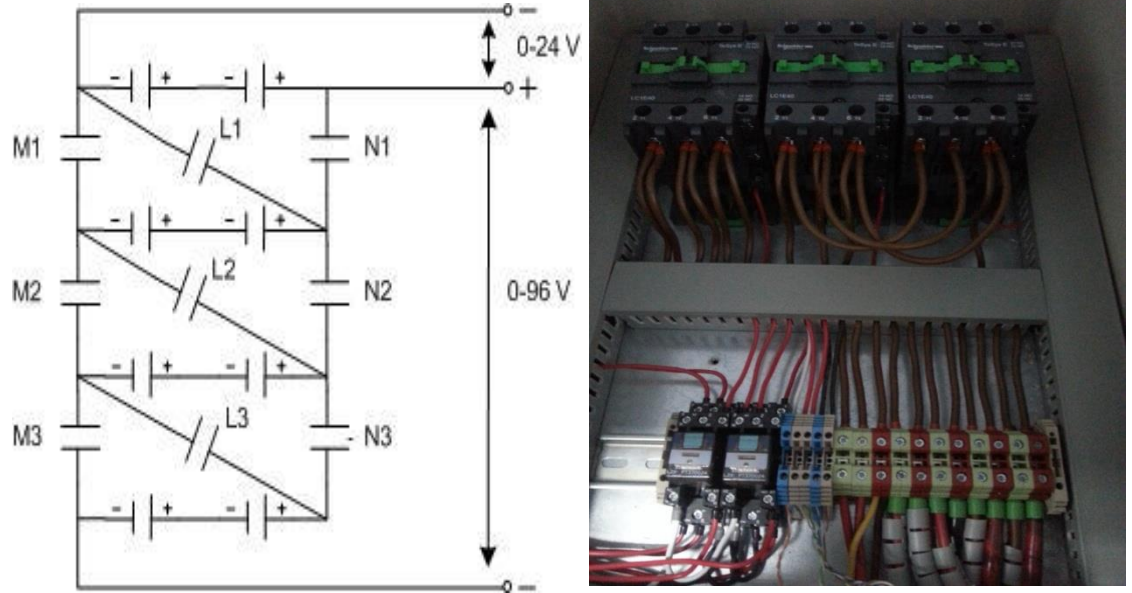
PLC çıkış uçları 2A'lık akıma dayanıklı 24V röleler ile kumanda devresi sürülmüştür. Bu rölelerde daha güçlü olan 220V kontaktörler ile devrenin güç kumandası yapılmıştır. Kumanda panosuna ait bir kesit şekil 27'de gösterilmiştir. Sisteme ait güç devresi Ek 7.2.2'de verilmiştir.



Şekil 27 TOU Micro Grid Kontrol Panosu

4.4 BATARYA YÖNETİMİ

Proje başlangıç seviyesinde 1 adet 200 Ah'lık bir akü üzerinden planlanmış fakat yaptığımız çalışmalar ve araştırmalar neticesinde akü gruplarının mümkün olduğu kadar küçük güçlü ve kolay temin edilebilir olması gerekliliği ortaya çıkmıştır [42]. Böylece 8 adet 12V 40Ah akü grubundan oluşan akü bankası oluşmuştur. Kullandığımız OnGrid eviricinin çalışma gerilimi 106V-170V doğru akım aralığındadır. Akü destekli çalışma modların da, akü bankasındaki gerilim seviyesini 96V, akü şarj modların da 24V elde edecek şekilde, Şekil 22'de tasarım oluşturulmuştur. M ve N kontaktörleri enerjilendirilerek 24 V 160Ah yaklaşık 3,6 KVA bir güç elde edilmiştir, L kontaktörü enerjilendirilerek 96 V 40 Ah bir güç elde edilerek Ongrid eviricilerin çalışması sağlanmıştır. Aküler arasındaki mod geçişler de akım yönü çakışmaması için elektriksel kilitleme ile bir modda çalışırken diğer modun çalışması önlenmiştir. Şekil 28'de akü bankası şeması gösterilmektedir.

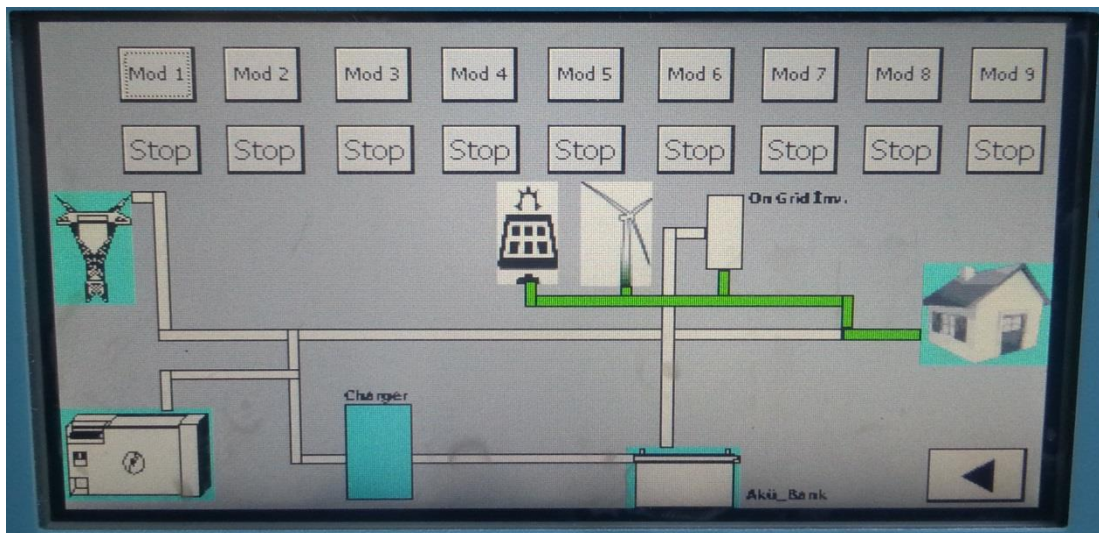


Şekil 28 Akü Bankası Devre Şeması ve Uygulama Kesiti

4.5 TOU MİKRO GRİD PROTOTİPİ ÇALIŞMA MODLARIN FARKLI SENARYOLARDA TEST EDİLMESİ

Hazırlanan Microgrid uygulaması üretim-tüketim dengesi korumak ve enerji verimliliğini en yüksek düzeyde sağlayabilmek için tasarlanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin ve mevcut şebeke enerjisinin kullanımı sırasında enerji akışı için muhtemel senaryolar oluşturulmuştur. Üretim, tüketim, depolama ve elektrik birim fiyatı durumuna göre uygun çalışma modları oluşturulmuştur. Enerji sürekliliğini sağlamak için, Modlar arasındaki geçişler pano üzerindeki kontrol paneli üzerinden gerçekleştirilmiştir. Geçişler Siemens S7 1200 serisi PLC ile röle ve kontaktörler üzerinden 6 düğüm noktasının farklı pozisyonlar olarak muhtemel senaryolar arası geçiş sağlanmıştır. PLC yazılımı Ek 7.2.3'te verilmiştir. Bu bölümde karşılaşılabilecek muhtemel senaryolar hakkında bilgi verilmiştir.

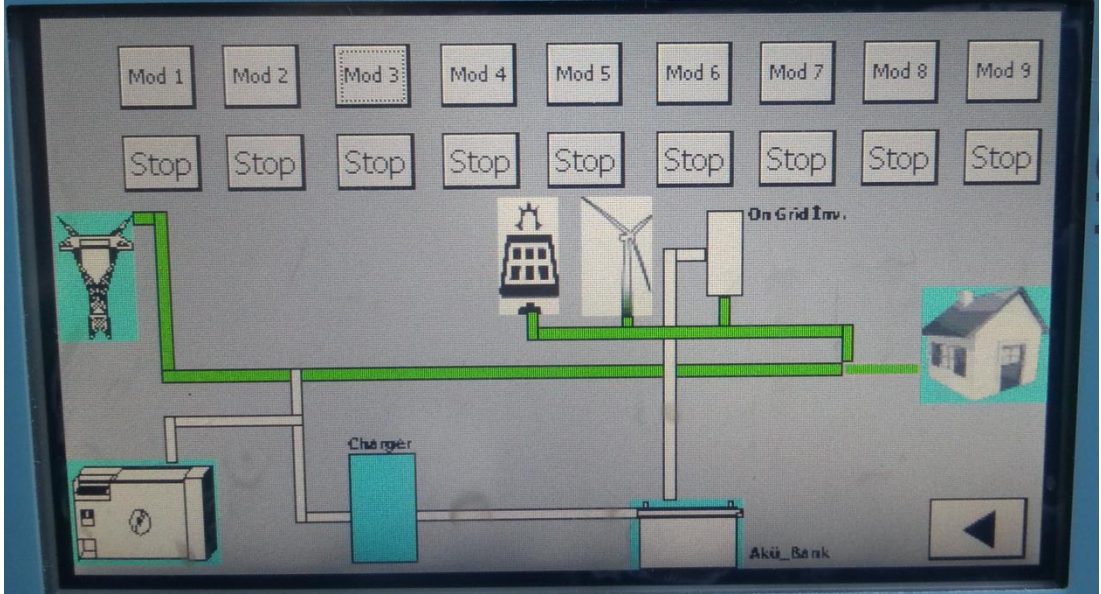
4.5.1 Off Grid Çalışma Modu



Şekil 29 Off Grid Çalışma Modu

Şekil 29'daki OffGrid çalışma Modunda ana şebekeden bağımsız olarak yenilebilir enerji kaynakları ile sistem talebinin karşılanması amaçlanmıştır. Bu mod ADA Modu (Island Mod) olarak da literatüre geçmiştir. Sisteme dâhil olan güneş paneli ve rüzgâr türbininden enerji sağlandıkça sistem kendi kendini beslemektedir. Dağıtılmış kaynaklardan elde edilen enerji OnGrid eviricilerin çalışma aralığında olduğu sürece sistemin elektrik ihtiyacı karşılanacaktır. Bizim kullandığımız 500W'lık eviricinin çalışma aralığı 106V-170V DC gerilim aralığında sisteme enerji sağlamaktadır. Bu sayede kullanıcı ana şebekeden bağımsız olarak daha tasarruflu ve temiz enerji kullanarak ekonomik avantaj sağlayacaktır.

4.5.2 On Grid Çalışma Modu

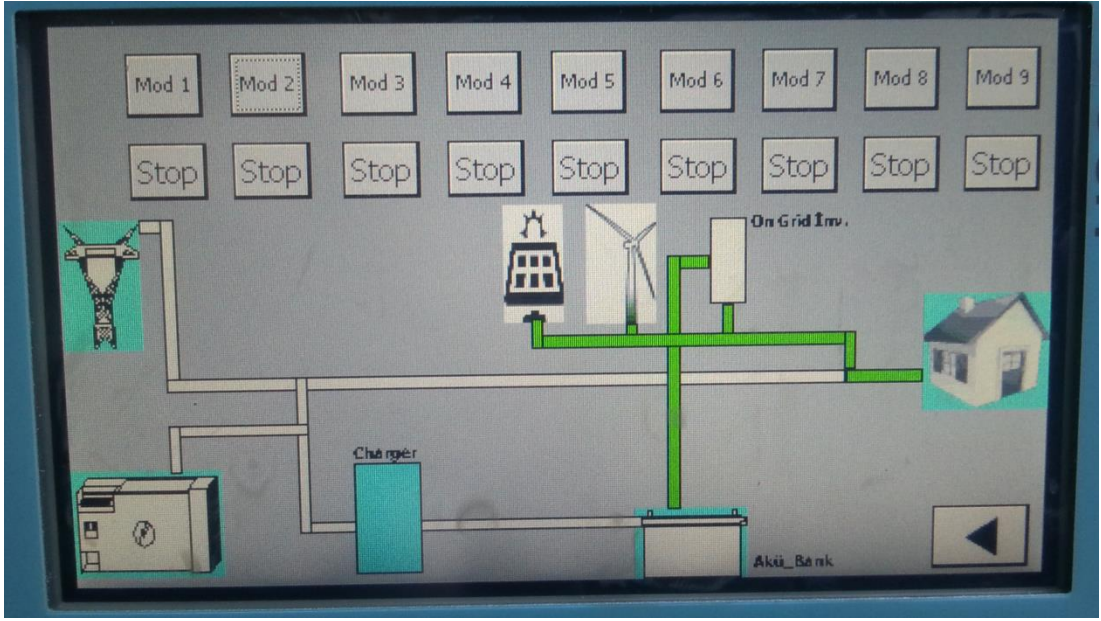


Şekil 30 OnGrid Çalışma Modu

Şekil 30'da OnGrid çalışma Modu ile yenilenebilir enerji kaynağından elde edilen enerjinin sistem talebinden fazla olması durumunda ana şebekeye enerji takviyesi (yâda satışı) gerçekleştirmek amaçlanmıştır. Sistem talebinin az olduğu durumlarda veya önceden belirlenen durum veya saatlerde yenilenebilir enerji

kaynaklarından elde edilen enerji şebekeye satılarak kullanıcının ay sonunda ki faturası düşecek ve ana şebeke üzerindeki baskıyı azaltıcı bir etkisi olacaktır.

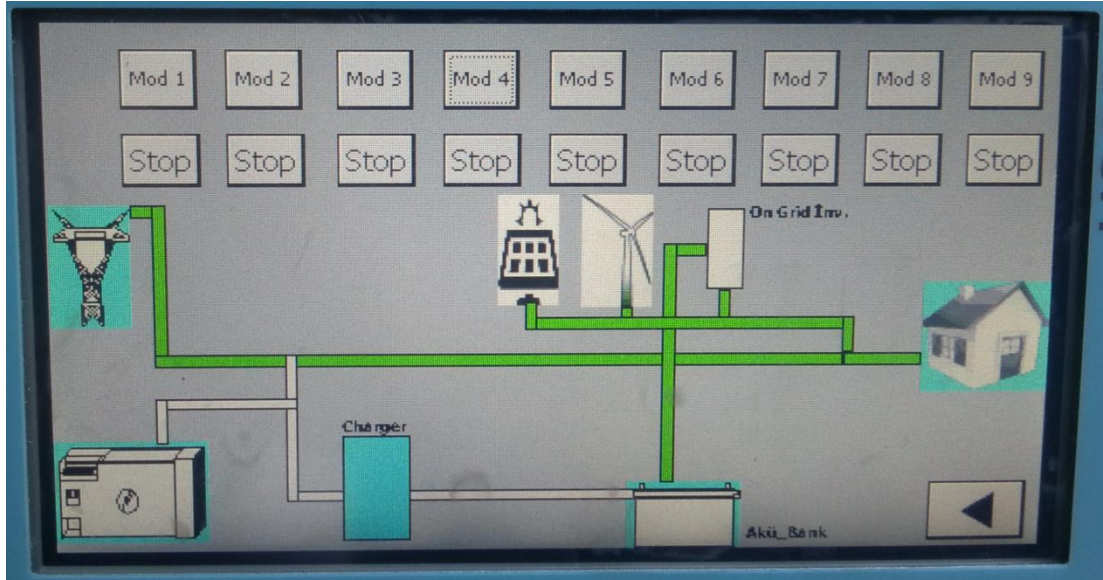
4.5.3 Akü Destekli Off Grid Çalışma Modu



Şekil 31 Akü Destekli Off Grid Çalışma Modu

Şekil 31'deki akü destekli OffGrid çalışma Modu güneş enerjisinin yetersiz olduğu veya yeterli rüzgâr hızının olmadığı zamanlarda, takviye güç aktarımı yaparak, sisteme enerji esnekliği sağlar. Aküler, daha önceden ana şebekeden düşük saat tarifelerinde (örneğin gece saatlerinde) veya güneş ve rüzgâr türbininde enerji akışının olduğu zamanlarda, sistem talebinden fazla üretim yaptığı saatlerde fazla enerjiyi akülere depolamaktadır. Akülerde depolanan enerji yenilenebilir enerji kaynaklarından yetersiz kalması durumunda sistem talebini karşılayacak şekilde ana şebekeden bağımsız olarak çalışmasını devam etmesi amaçlanmıştır. Böylece yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerji maksimum düzeyde değerlendirilmiştir olacaktır.

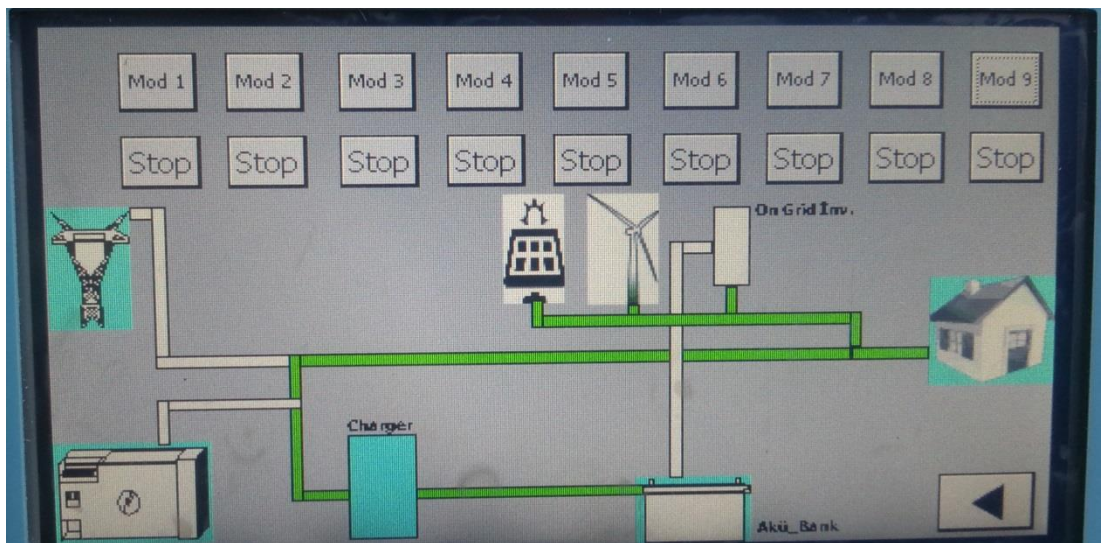
4.5.4 Akü Destekli Ongrid Çalışma Modu



Şekil 32 Akü Destekli OnGrid Çalışma Modu

Şekil 32'deki Mod ile yenilenebilir enerji kaynağından elde edilen enerjinin, sistem talebinden fazla olması durumunda ve ana şebekenin acil enerji talebini karşılamak için ana şebekeye enerji takviyesi (satış) gerçekleştirmektedir.

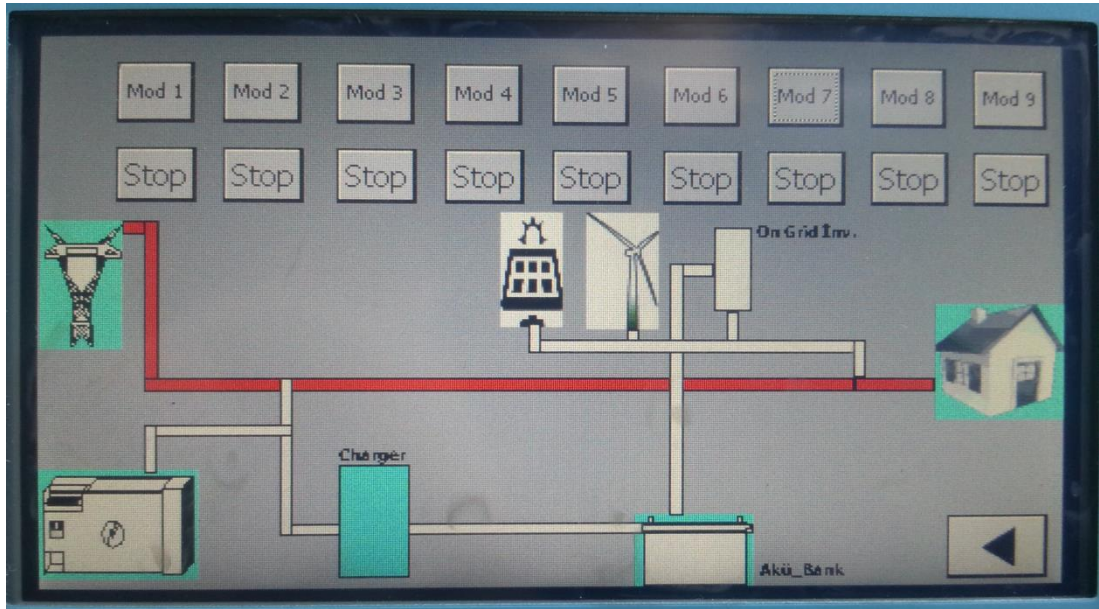
4.5.5 Off Grid Akü Şarj Modu



Şekil 33 Off Grid Akü Şarj Modu

Şekil 33'deki mod ile yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin sistem talebinden fazla olması durumunda akü bankasının şarj edilmesi amaçlanmıştır. Enerji akü bankasından daha sonraki süreçlerde kullanılmak üzere depolanmıştır.

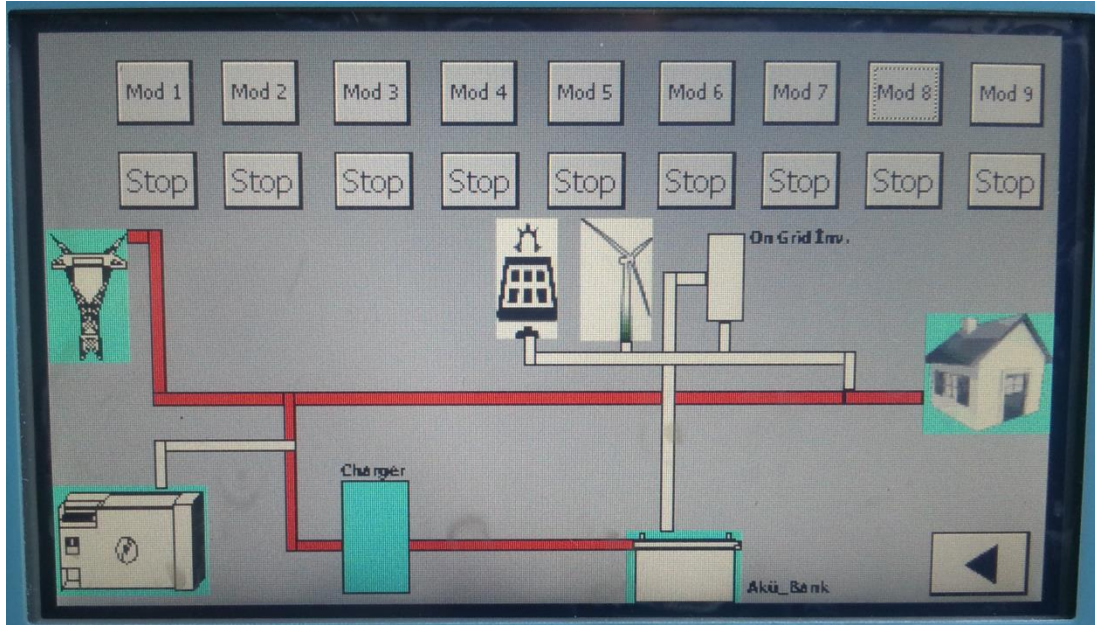
4.5.6 Normal Şebeke Modu



Şekil 34 Normal Şebeke Modu

Şekil 34'deki bu Mod ile Ana Şebekede elektrik birim fiyatının düşük olduğu saatlerde veya alternatif enerji kaynaklarından hiç birinden enerji üretilmediği saatlerde sistem sürekliliği sağlanmıştır.

4.5.7 Şebeke İle Akü Şarj Modu

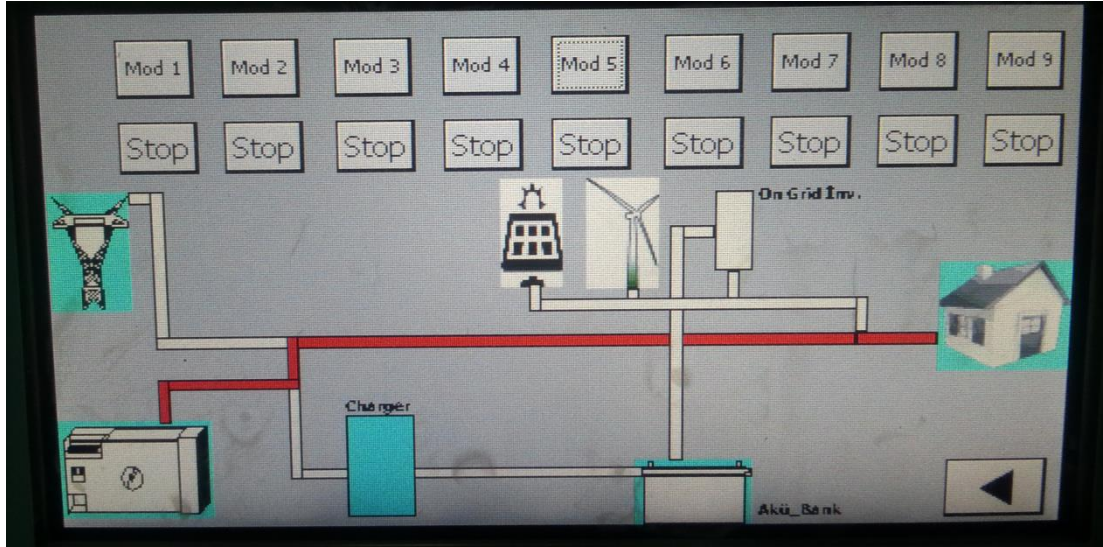


Şekil 35 Şebeke ile Akü Şarj Modu

Şekil 35'deki Mod ile Ana Şebekede elektrik birim fiyatının düşük olduğu saatlerde akü bankasının şarj edilmesi amaçlanmıştır, böylelikle kullanıcı akü bankasının kapasitesine bağlı olarak depolanan enerjiyi elektrik birim fiyat ücretinin yüksek olduğu saatlerde ana şebekeye satarak sistem maliyetlerini azaltacak yâda sistem içerisinde enerji sürekliliği sağlayacaktır.

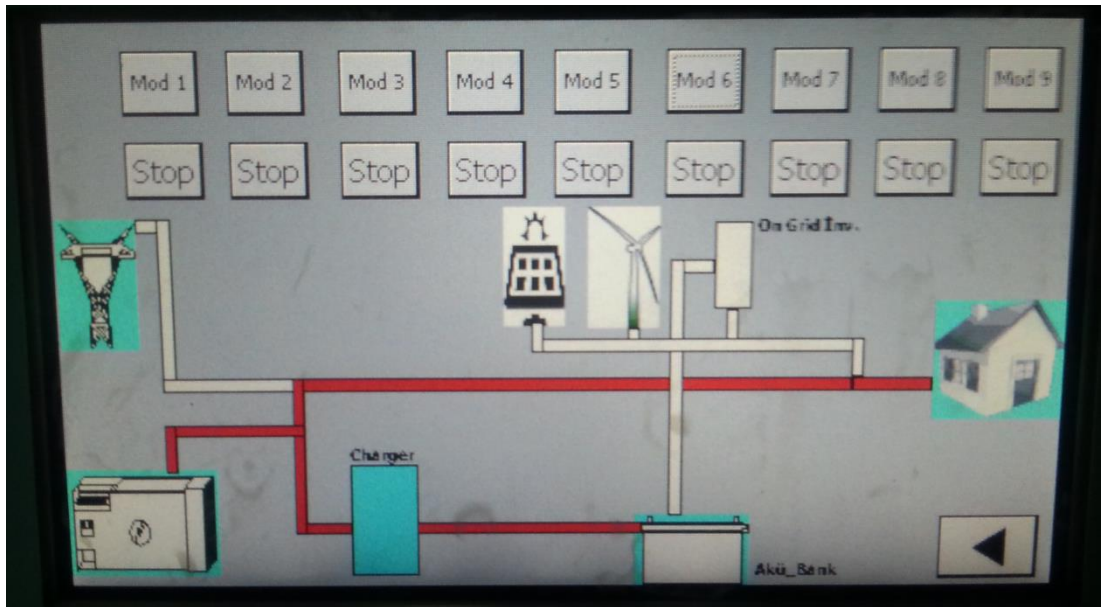
4.5.8 Jeneratör İle Çalışma Modu

Şekil 36'daki Jeneratör ile çalışma Modu ile yenilebilir enerji kaynakları ve ana şebekenin olmaması durumunda kullanılmaktadır. Sistem jeneratörün üretebileceği en yüksek gücün kullanılabildiği çalışma şekli olup kısa süreli kesintilerde için(1-5 saat/gün) amaçlanmıştır [43].



Şekil 36 Jeneratör ile Çalışma Modu

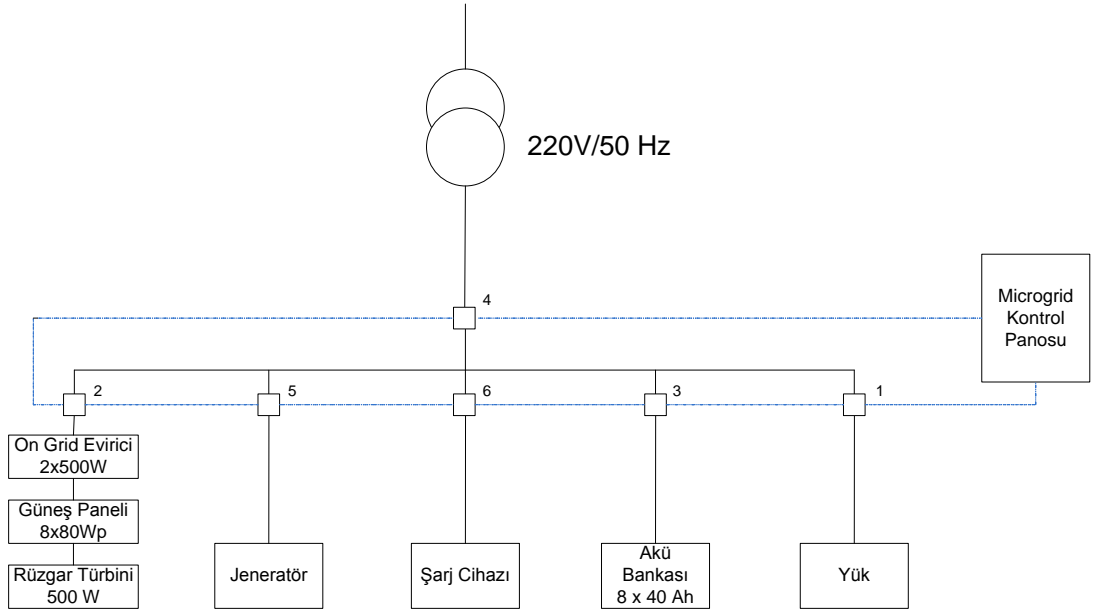
4.5.9 Jeneratör İle Akü Şarj Modu



Şekil 37 Jeneratör İle Akü Şarj Modu

Jeneratörler kullanılarak elde edilen enerjinin elektrik birim maliyeti, yakıt fiyatlarının yüksekliğinden dolayı, şebekeden temin edilen elektrik birim fiyatının yaklaşık iki katıdır. Bu nedenle anlık (Standby) olarak kullanılmaktadır. Anlık kullanım; şebeke enerjisinin bulunmadığı durumlarda jeneratör setinin üretebileceği en yüksek gücün kullanılabilirdiği çalışma şekli olup kısa süreli kesintilerde için (1–5saat/gün) uygundur[43]. Bu nedenle sistem talebinin jeneratör de üretilen enerji miktarından az olduğunda, jeneratörün verimi azalacak ve maliyet artacaktır. Şekil 37’deki Mod ile jeneratörün ürettiği ancak kullanılmayan enerjinin Akü Bankasında şarj edilmesi amaçlanmıştır.

4.5.10 TOU Microgrid Uygulaması



Şekil 38 TOU Microgrid Uygulaması Tek Hat Şeması

Tasarlanan bütün senaryolar Şekil 38’de görülen tek hat şeması oluşturmuştur. Oluşturulan farklı senaryoların akış şeması Ek 7.1’de gösterilmiştir. Her Mod sistemi oluşturan değişkenlere bağlı olarak seçilerek, sistemin enerji

sürekliği sağlanmaya çalışılmıştır. Karşılaşılan zorluklar ve sistemin genel değerlendirmesi ileri bölümlerde anlatılmaktadır.

4.6 PROTOTİP PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ& KARŞILAŞINAN ZORLUKLAR

Gerçekleşmesi muhtemel senaryoların uygulamasında bütün Modlar sorunsuz olarak çalışmıştır. Yenilebilir enerji kaynaklarından üretilen gerilim üzerindeki Nötr hattının ortak bara da toplanması, gerçekleşmesi muhtemel senaryolar arasında geçişte kısa devreye neden olmaktadır. Bu sorun, Nötr hattının farklı kontaktör üzerinden yönlendirilmesiyle çözülmüştür.

Tasarlanan Modlar arasında otomatik geçişin olmaması eksiklik olarak görülse de geçişleri sağlayacak birçok dijital ve analog bilginin değerlendirilmesi hatta şebeke puant fiyatları takip edecek bir yapının hali hazırda olmaması ayrıca hava tahminleri öngörececek bir veri tabanının olmaması bu Modlar arasındaki otomatik geçişlerin uygulanabilirliğini kısıtlamıştır.

Tasarlanan Prototip, laboratuvar ortamında gerçekleştirildiği için yenilenebilir enerji kaynakları ayarlanabilir DC güç kaynağından simüle edilmiştir.

SONUÇLAR

Küçük ölçekli şebekeler, elektrik şebekesinin omurgası üzerindeki baskıyı azaltmaları, üretim verimliliğini artırmaları, hat kayıplarını azaltmaları, enerji ağına yenilenebilir enerji kaynaklarının ve elektrikli araçların entegrasyonu kolaylaştırmaları ve son kullanıcılara kendi güçleri üzerinde daha fazla kontrol imkânı sağlamaları sebebiyle akıllı şebekeler için büyük öneme sahiptir. Bu sebeple Dünya genelinde birçok üniversitede konu ele alınmış ve küçük ölçekli şebeke araştırmaları için prototipler oluşturulmuş ve laboratuvarlar kurulmuştur.

Türkiye’de akıllı şebekeler ve küçük ölçekli şebekeler konusu henüz yeni yeni ele alınmaya başlanmıştır ve uygulamaları oldukça azdır.

Bu tez çalışmasında küçük ölçekli şebekelerin akıllı şebekeler içindeki yeri ve önemi ele alınmış ve tasarlanan bir küçük ölçekli şebeke prototipi takdim edilmiştir. Prototipin kontrolünde bir PLC kullanılmış ve çalışma modlarının izlenebilmesi için bir LCD ekran üzerinde eş zamanlı animasyon oluşturulmuştur. Prototip tasarımı yapılırken dünya genelinde çeşitli üniversitelerde ve araştırma merkezlerinde kurulmuş olan küçük ölçekli şebeke laboratuvarlarının bazıları detaylı olarak incelenmiş ve tespit edilen temel özellikler tasarlanan prototipe aktarılmıştır. Tasarlanan prototip Türkiye için önemli bir kazanım ve örnek uygulama oluşturmaktadır.

Tasarlanan prototipte gerçekleştirilen işlemlerin anlaşılabilir ve gözlemlenebilir olmasına büyük özen gösterilmiş ve bu amaçla bir LCD ekran üzerinde, dokuz farklı çalışma modunun her birisi için eş zamanlı animasyon oluşturulmuştur. Çalışmanın bu yönü ülkemizdeki akıllı şebeke ve küçük ölçekli şebeke uygulamalarına önemli bir katkı sağlamıştır.

Geliştirilen prototip Turgut Özal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje desteği alınarak tamamlanmıştır. Proje birkaç aşamalı olarak tasarlanmış ve bazı araştırmalar

ileriki aşamalara bırakılmıştır. Örneğin sisteme ait güç izleme işlemleri istenilen seviyede gerçekleştirilememiştir. Projenin bundan sonraki aşamalarında, programlanabilir yük modülleri kullanılarak, farklı yük senaryolarında çalışma modlarının güç analizörü ile daha detaylı izlenmesi ve küçük ölçekli şebekelerle ilgili muhtemel problemlerinde gözlenerek, yeni araştırmalara zemin hazırlanması hedeflenmektedir.

Küçük ölçekli şebeke konusu Türkiye için büyük öneme sahiptir. Çünkü ülkemizin enerjide dışa bağımlılığını azaltması için sahip olduğu temiz enerji potansiyelini organize etmesi gerekmektedir. Küçük ölçekli şebekeler konusu bu kapsamda özel bir öneme sahiptir. Yakın gelecekte bu konunun Mühendislik Fakültelerinde daha detaylı olarak ele alınacağı ve bu çalışmada ortaya konulan uygulamanın diğer çalışmalara bir basamak oluşturacağı ümit edilmektedir.

REFERANSLAR

1. **Çetinkaya, H.B.** (2009).Rüzgâr ve Güneş Santrallerinin Şebeke Bağlantısı Teknik ve Ekonomik Sorunlar Paneli, ODTÜ, ANKARA.
2. **Farhangi, H.**(2000). “The Path of the Smart Grid” in *IEEE Power & Energy Magazine*, sf. 18–28.
3. **Sanlı, B., Hınç, A.** (t.y). Smart Grid (Akıllı Şebekeler) : Türkiye’de Neler Yapılabilir? Sf.1-6.
4. **Okyay, G.**(2012). *Akıllı Elektrik Şebekelerinde SIP Protokolünün Kullanımı* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
5. **Gungor, V. C., Sahin, D., Kocak, T., Ergut, S., Buccella, C., Cecati, C. and Hancke, G.P.** (2013). “A Survey on Smart Grid Potential Applications and Communication Requirements to appear” in *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. Vol. 9, No. 1.sf.1-12
6. **Url-1**<<http://www.guneshaber.net/haber/891-uygulamalar-smart-gridakilli-sebeke.html>>, alındığı tarih: 16.9.2013.
7. **Palensky P. and Dietrich, D.** (2011). “Demand side management: Demand response”, *İntelligent Energy Systems, And Smart Loads*, IEEE Trans. Ind. Inf., vol. 7, no. 3, sf. 381–388.
8. **Deloitte Türkiye Yayınları.**(2013).Elektrik Sistemlerinde Akıllı Şebekeler: Dünya ve Türkiye uygulamaları, sf.10.
9. **Communications Requirements of Smart Grid Technologies**,(2010).: *Dept.Energy*. Washington, DC
10. **Dongli, J., Meng, X. and Song, X.**(2011). “Study on technology system of self-healing control in smart distribution grid”, *China Electric Power Research Institute*, Haidian District, Beijing China.sf.1-8
11. **Vojdani, A.** (2008). Smart Integration, *IEEE Power&Energy Magazine*.
12. **Url-2**<www.akillisebekeler.com>,alındığı tarih: 18.11.2013.
13. **Url-3**<http://www.emo.org.tr/ekler/d95e6636990ba2e_ek.pdf?dergi=904>, alındığı tarih: 06.11.2013.
14. **Dzung, D., Vonhoff, T. and Kranich, M.**(t.y). ABB İsviçre, James Stoupis / ABB İngiltere, Çeviri: Ediz Rona, ABB Review 1.
15. **Cityscape: A Journal of Policy Development and Research**,(2013). Department of Housingand Urban Development Office of Policy, *Development and Research*. Volume 15, Number 2,U.S.
16. **Bıcen Y., Aras F. ve İsmailoğlu H.**(t.y).”Akıllı Şebekelerde Çoklu-Etmen Sistemleri ve Arıza Tanılama: Güç Transformatörü Uygulaması.” Sf.1-6.
17. **Url-4**<<http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=gunes&urbn=233&hn=&nm=384&id=40695>>, alındığı tarih: 16.12.2013
18. **Url-5**<<http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>>, alındığı tarih: 16.12.2013
19. **Url-6**<<http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=ruzgar&bn=231&hn=&nm=384&id=40696>>, alındığı tarih: 16.12.2013
20. **IEEE Standard 1547.4**, (2011). IEEE guide for design, operation, and integration of distributed resource island systems with electric power systems.

21. **Kroposki, B., Toshifumi, R. L., Morozumi, S., Papathanassiou S, and Hatziargyriou, N.**(2008). Making Microgrids Work. *IEEE Power&Energy Magazine*, sf. 40-53.
22. **Katiraei, F., Iravani, R., Hatziargyriou, N., and Dimeas, A.** (2008). Microgrids management: controls and operation aspects of microgrids. *IEEE Power Energy Magazine*, May/June,sf.54–65.
23. **Rahman, S.** (2000). Advanced Energy Technologies, chapter in the Electric Power Engineering Handbook, CRC Press, Leo Grigsby, Editor-in-Chief.
24. **Gencer, Ö** ,(2006). *Dalgacık Dönüşümü Tabanlı Dinamik Gerilim Düzenleyici Tasarımı*, (Doktora Tezi), Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli
25. **Electrical Energy Storage.** (2011). International Electro technical Commission (IEC).
26. **Kocaman B.**(2012).“Akıllı Şebekeler ve Mikro Şebekelerde Enerji Depolama Teknolojileri”, Bitlis Eren Üniversitesi Tatvan Meslek Yüksekokulu, sf.1-6
27. **Hadjipaschalis, I., Poullikkas, A. and Efthimiou, V.,**(2009). Overview of current and future energy storage Technologies for electric power applications, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(6-7)., sf.1513–1522.
28. **Araki, I., Tatsunokuchi, M., Nakahara, H. and Tomita, T.**(2009).Bifacial PV system in Aichi Airport-site demonstrative research plant for new energy power generatio, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 93(6–7):911–6.
29. **Shimakage, T., Jirosumit, A., Uchiyama, N., Kat, T. and Suzuoki, Y.**(2008).Supply and demand control of distributed generators in a microgrid. In: INTELEC, 30th *International Elecommunications Energy Conference*, IEEE, sf. 1–5.
30. **Bossi, C., Degner, T. and Tselepis, S.**(2006). Distributed generation with high penetration of renewable energy sources, Chapter 3: laboratory tests case studies and field experience. Kessel, ermany: Dispower, Final public report–ENK-CT- 2001-00522.
31. **Erge, T., Becker, R., Kroger-Vodde, A., Laukamp, H., Thoma, M., and Werner, R.**(2006). Report on improved power management in low voltage grids by the application of the PoMS system. Kessel, Germany: Dispower; ENK5-CT-2001-00522.
32. **Morozumi, S., Nakama, H. and Inoue, N.** (2008).Demonstration projects for grid-connection issues in Japan. *Elektrotechnik & Informations technik*, 125(12):426–31.
33. **Hatta, H. and Kobayashi, H.**(2007). A study of centralized voltage control method for distribution system with distributed generation In: *International Conference On Electricity Distribution*. Sf.330-333
34. **Barnes, M., Dimeas, A., Engler, A., Fitzer, C., Hatziargyriou, N. and Jones, C.** (2005).Microgrid laboratory facilities. In: International conference on future power systems, IEEE. p. 1–6.
35. **Loix, T. and Leuven, KU.** (2009).*The first microgrid in the Netherlands: Bronsbergen*, Available online on February.

36. **Che, Y., Yang, Z. and Cheng, K.**(2009).Construction, operation and control of a laboratory scale microgrid. In: PESA, 3rd *International Conference On Power Electronics Systems And Applications*. Sf. 1–5.
37. **Ray, Rn., Chatterjee, D. and Goswami, SK.** (2010).Reduction of voltage harmonics using ptimisation-based combined approach. *IET Power Electronics*, sf.34–44.
38. **Url-7**<<http://www.victronenergy.com.tr/inverters-chargers/quattro/>>, alındığı tarih: 02.10.2013.
39. **Zile, M.** (2013). *Tarsus İlçesinde Güneş Ve Rüzgâr Santrallerinin Akıllı Şebekelere Entegrasyonu*, Mersin Üniversitesi Uygulamalı Teknoloji Yüksekokulu.sf.1-4
40. **Url-8**<<http://blog.inciaku.com/neden-jel-aku/>>, alındığı tarih: 26.10.2013.
41. **Url-9**<<http://bama.ua.edu/~bwbuckley/projects/mppt.html/>>,alındığı tarih: 02.11.2013.
42. **Demirtaş, M.**(2013).Kişisel görüşme.
43. **Korkmaz, K.** (2010). *Dizel Jeneratör Uygulamaları ve Seçim Kriterleri*, sf.1-3

EKLER

7.1 SENARYO AKIŞ ŞEMASI



7.2 TEZ ÇALIŞMASININ ISSD 2013 ENERGY ISSUES AND SOLUTIONS İSİMLİ KONFERANS DA YAPILMIŞ OLAN SUNUMU

DEVELOPING A PROTOTYPE FOR SMART MICRO GRID STUDIES

KIRAY, Vedat and SIK, Mahmut (2013) *DEVELOPING A PROTOTYPE FOR SMART MICRO GRID STUDIES*. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT (ISSD2013) "ENERGY ISSUES AND SOLUTIONS" (1). ISSN 2233-1585



Text
DEVELOPING A PROTOTYPE FOR SMART MICRO GRID STUDIES.docx
[Download \(11Kb\)](#)



Text
DEVELOPING A PROTOTYPE FOR SMART MICRO GRID STUDIES.pdf
[Download \(130Kb\)](#) | [Preview](#)

Official URL: <http://issd.ibu.edu.ba/>

Abstract

Keywords: Smart Micro grids, smart grids
ABSTRACT In this paper, the studies about setting a smart micro grid laboratory, criterias taken into consideration, general and partial working modes, control unit design are dealt with. The prototype consists of a 3000w smart off grid inverter & charger, two 500w on grid invertors, eight PV panels, a 400w wind turbine, six storage batteries, a battery monitoring device, a power analyzer, an MPPT device, an GPS& internet communication module. In the general working mode an inverter & charger which has got an ability for energy management is used. In the partial working modes, ten different working modes are monitored. A Programmable Logic Controller is used for mode change operations in order to decrease possible problems.

Item Type: Article

[G Geography, Anthropology, Recreation > GE Environmental Sciences](#)

[H Social Sciences > HB Economic Theory](#)

[H Social Sciences > HE Transportation and Communications](#)

Subjects: [T Technology > T Technology \(General\)](#)

[T Technology > TA Engineering \(General\), Civil engineering \(General\)](#)

[T Technology > TD Environmental technology, Sanitary engineering](#)

[T Technology > TK Electrical engineering, Electronics Nuclear engineering](#)

[T Technology > TS Manufactures](#)

Divisions: [Faculty of Engineering and Information Technologies > Information Technologies Department](#)

Depositing User: Mr. Emir Cickusic

Date Deposited: 31 May 2013 13:02

Last Modified: 31 May 2013 13:02

URI: <http://eprints.ibu.edu.ba/id/eprint/2152>

Actions (login required)

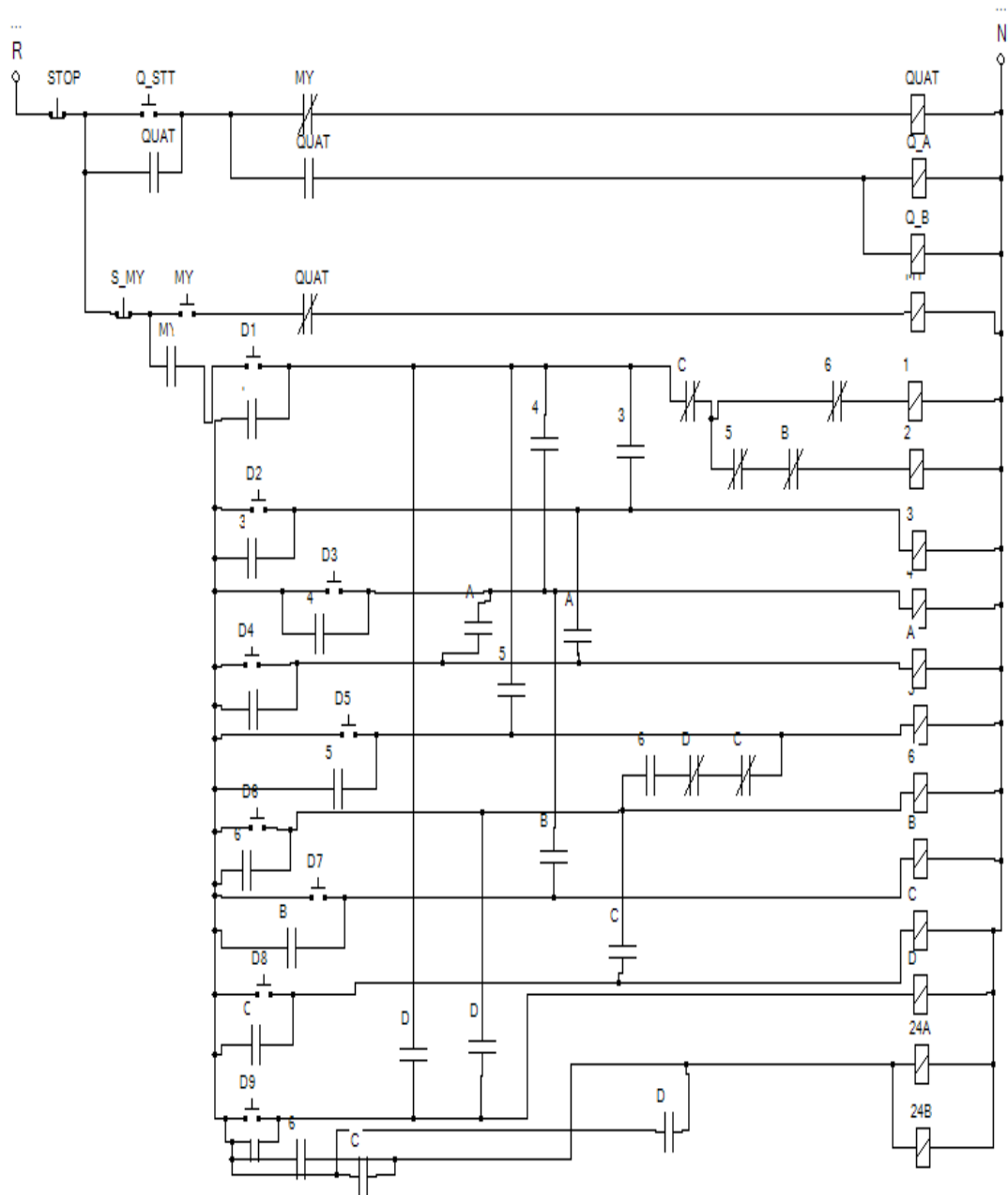


[View Item](#)

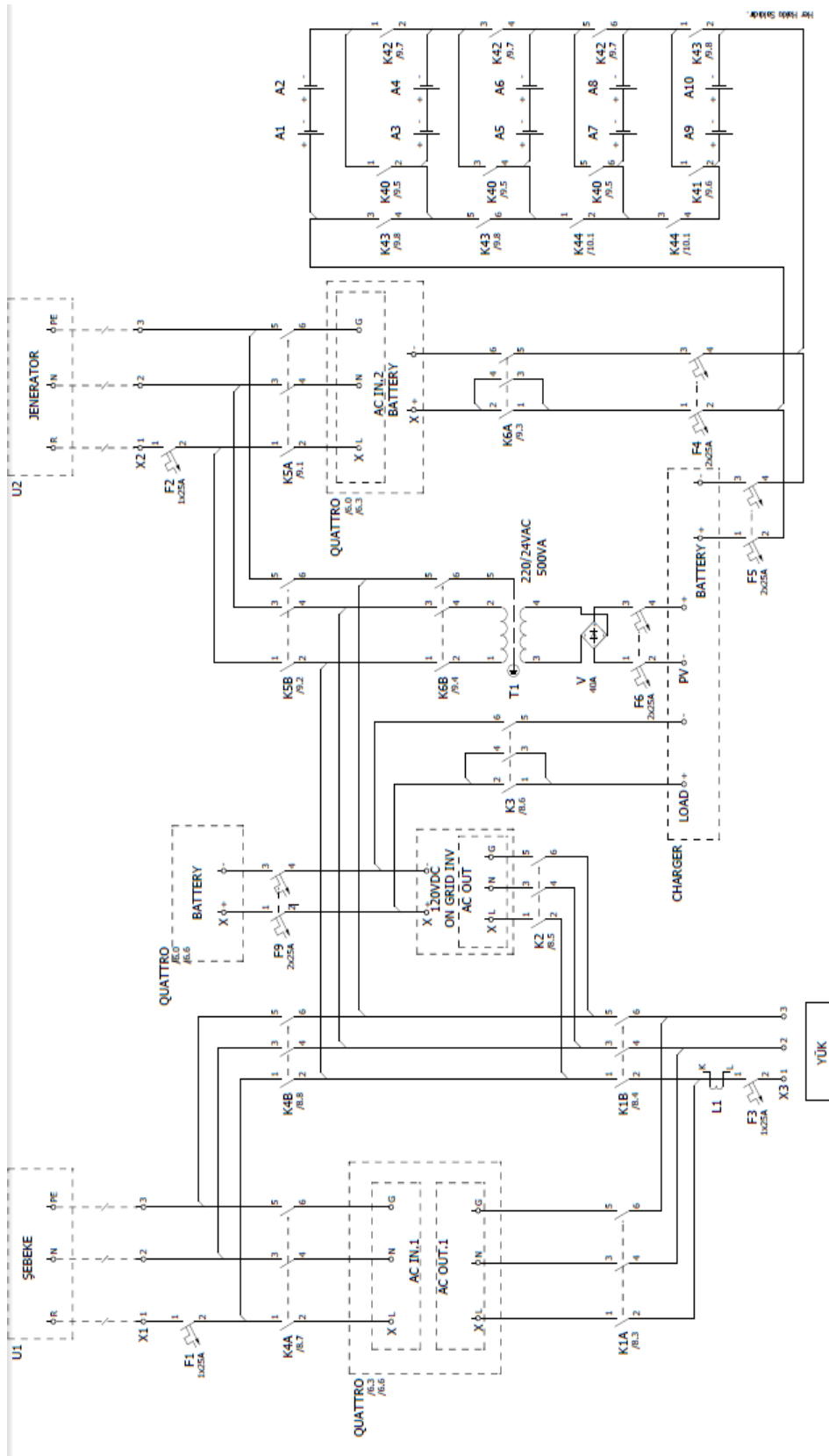
<http://eprints.ibu.edu.ba/2152/>

7.3 PLC (S7 1200) KONTROL YAZILIMI



7.3.1 Kumanda Devresi

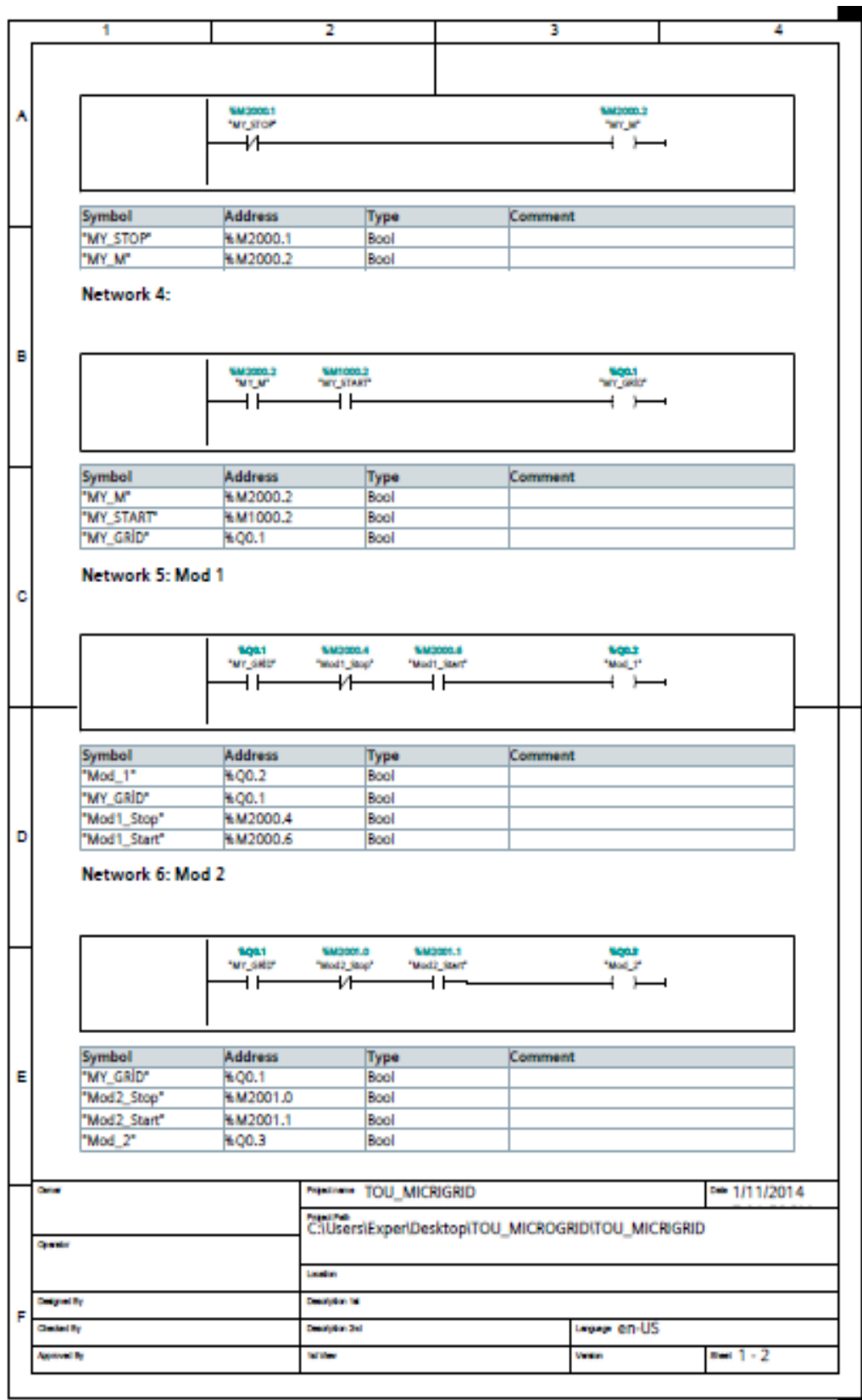


7.3.2 Güç Devresi



7.3.3 Kumanda Devresine ait PLC Yazılımı

	1	2	3	4																																																
A	<h2 style="margin: 0;">Block_1</h2> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="background-color: #e0e0e0;">Block_1 Properties</th> </tr> <tr> <th colspan="4" style="background-color: #e0e0e0;">General</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 33%;">Name</td> <td style="width: 33%;">Block_1</td> <td style="width: 17%;">Number</td> <td style="width: 17%;">1</td> </tr> <tr> <td>Type</td> <td>FB</td> <td>Language</td> <td>LAD</td> </tr> <tr> <th colspan="4" style="background-color: #e0e0e0;">Information</th> </tr> <tr> <td>Title</td> <td></td> <td>Author</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Comment</td> <td></td> <td>Family</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Version</td> <td>0.1</td> <td>User-defined ID</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Block_1 Properties				General				Name	Block_1	Number	1	Type	FB	Language	LAD	Information				Title		Author		Comment		Family		Version	0.1	User-defined ID																	
Block_1 Properties																																																				
General																																																				
Name	Block_1	Number	1																																																	
Type	FB	Language	LAD																																																	
Information																																																				
Title		Author																																																		
Comment		Family																																																		
Version	0.1	User-defined ID																																																		
B	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">Name</th> <th style="width: 10%;">Data type</th> <th style="width: 10%;">Offset</th> <th style="width: 15%;">Default value</th> <th style="width: 10%;">Retain</th> <th style="width: 10%;">Access-ible from HMI</th> <th style="width: 10%;">Visible in HMI</th> <th style="width: 10%;">Comment</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Input</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Output</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>InOut</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Static</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temp</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Name	Data type	Offset	Default value	Retain	Access-ible from HMI	Visible in HMI	Comment	Input								Output								InOut								Static								Temp							
Name	Data type	Offset	Default value	Retain	Access-ible from HMI	Visible in HMI	Comment																																													
Input																																																				
Output																																																				
InOut																																																				
Static																																																				
Temp																																																				
C	<p>Network 1:</p>  <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">Symbol</th> <th style="width: 25%;">Address</th> <th style="width: 25%;">Type</th> <th style="width: 25%;">Comment</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>"QUATRO_STOP"</td> <td>%M3000.0</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Q_M"</td> <td>%M2000.0</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Symbol	Address	Type	Comment	"QUATRO_STOP"	%M3000.0	Bool		"Q_M"	%M2000.0	Bool																																					
Symbol	Address	Type	Comment																																																	
"QUATRO_STOP"	%M3000.0	Bool																																																		
"Q_M"	%M2000.0	Bool																																																		
D	<p>Network 2:</p>  <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">Symbol</th> <th style="width: 25%;">Address</th> <th style="width: 25%;">Type</th> <th style="width: 25%;">Comment</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>"Q_M"</td> <td>%M2000.0</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"QUATRO_START"</td> <td>%M3000.1</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"QUATRO"</td> <td>%Q0.0</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Symbol	Address	Type	Comment	"Q_M"	%M2000.0	Bool		"QUATRO_START"	%M3000.1	Bool		"QUATRO"	%Q0.0	Bool																																	
Symbol	Address	Type	Comment																																																	
"Q_M"	%M2000.0	Bool																																																		
"QUATRO_START"	%M3000.1	Bool																																																		
"QUATRO"	%Q0.0	Bool																																																		
E	<p>Network 3:</p>																																																			
F	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Name</td> <td style="width: 33%;">Project name</td> <td style="width: 34%;">Date</td> </tr> <tr> <td></td> <td>TOU_MICRIGRID</td> <td>1/11/2014</td> </tr> <tr> <td>Operator</td> <td colspan="2">Project Path C:\Users\Exper\Desktop\TOU_MICROGRID\TOU_MICRIGRID</td> </tr> <tr> <td>Designed By</td> <td colspan="2">Description: 1#</td> </tr> <tr> <td>Checked By</td> <td>Description: 2#</td> <td>Language: en-US</td> </tr> <tr> <td>Approved By</td> <td>Version</td> <td>Sheet: 1 - 1</td> </tr> </table>			Name	Project name	Date		TOU_MICRIGRID	1/11/2014	Operator	Project Path C:\Users\Exper\Desktop\TOU_MICROGRID\TOU_MICRIGRID		Designed By	Description: 1#		Checked By	Description: 2#	Language: en-US	Approved By	Version	Sheet: 1 - 1																															
Name	Project name	Date																																																		
	TOU_MICRIGRID	1/11/2014																																																		
Operator	Project Path C:\Users\Exper\Desktop\TOU_MICROGRID\TOU_MICRIGRID																																																			
Designed By	Description: 1#																																																			
Checked By	Description: 2#	Language: en-US																																																		
Approved By	Version	Sheet: 1 - 1																																																		



	1	2	3	4																									
A	<p>Network 7: Mod 3</p>																												
B	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Symbol</th> <th>Address</th> <th>Type</th> <th>Comment</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>"MY_GRID"</td> <td>%Q0.1</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Mod3_Stop"</td> <td>%M2002.0</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Mod3_Start"</td> <td>%M2002.1</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Mod_3"</td> <td>%Q0.4</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Symbol	Address	Type	Comment	"MY_GRID"	%Q0.1	Bool		"Mod3_Stop"	%M2002.0	Bool		"Mod3_Start"	%M2002.1	Bool		"Mod_3"	%Q0.4	Bool						
Symbol	Address	Type	Comment																										
"MY_GRID"	%Q0.1	Bool																											
"Mod3_Stop"	%M2002.0	Bool																											
"Mod3_Start"	%M2002.1	Bool																											
"Mod_3"	%Q0.4	Bool																											
C	<p>Network 8: Mod 4</p>																												
C	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Symbol</th> <th>Address</th> <th>Type</th> <th>Comment</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>"MY_GRID"</td> <td>%Q0.1</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Mod4_Stop"</td> <td>%M2003.0</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Mod4_Start"</td> <td>%M2003.1</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Mod_4"</td> <td>%Q0.5</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Symbol	Address	Type	Comment	"MY_GRID"	%Q0.1	Bool		"Mod4_Stop"	%M2003.0	Bool		"Mod4_Start"	%M2003.1	Bool		"Mod_4"	%Q0.5	Bool						
Symbol	Address	Type	Comment																										
"MY_GRID"	%Q0.1	Bool																											
"Mod4_Stop"	%M2003.0	Bool																											
"Mod4_Start"	%M2003.1	Bool																											
"Mod_4"	%Q0.5	Bool																											
D	<p>Network 9: Mod 5</p>																												
D	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Symbol</th> <th>Address</th> <th>Type</th> <th>Comment</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>"MY_GRID"</td> <td>%Q0.1</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Mod5_Stop"</td> <td>%M2004.0</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Mod5_Start"</td> <td>%M2004.1</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Mod_5"</td> <td>%Q9.0</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Symbol	Address	Type	Comment	"MY_GRID"	%Q0.1	Bool		"Mod5_Stop"	%M2004.0	Bool		"Mod5_Start"	%M2004.1	Bool		"Mod_5"	%Q9.0	Bool						
Symbol	Address	Type	Comment																										
"MY_GRID"	%Q0.1	Bool																											
"Mod5_Stop"	%M2004.0	Bool																											
"Mod5_Start"	%M2004.1	Bool																											
"Mod_5"	%Q9.0	Bool																											
E	<p>Network 10: Mod 6</p>																												
E	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="width: 30%;">Date</td> <td style="width: 40%;">Project Name</td> <td style="width: 30%;">TOU_MICRIGRID</td> <td style="width: 10%;">Date</td> <td>1/11/2014</td> </tr> <tr> <td>Operator</td> <td>Project Path</td> <td colspan="3">C:\Users\Exper\Desktop\TOU_MICROGRID\TOU_MICRIGRID</td> </tr> <tr> <td>Designed By</td> <td>Description No</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Checked By</td> <td>Description Del</td> <td>Language</td> <td colspan="2">en-US</td> </tr> <tr> <td>Approved By</td> <td>W/ Date</td> <td>Version</td> <td colspan="2">Sheet 1 - 3</td> </tr> </tbody> </table>				Date	Project Name	TOU_MICRIGRID	Date	1/11/2014	Operator	Project Path	C:\Users\Exper\Desktop\TOU_MICROGRID\TOU_MICRIGRID			Designed By	Description No				Checked By	Description Del	Language	en-US		Approved By	W/ Date	Version	Sheet 1 - 3	
Date	Project Name	TOU_MICRIGRID	Date	1/11/2014																									
Operator	Project Path	C:\Users\Exper\Desktop\TOU_MICROGRID\TOU_MICRIGRID																											
Designed By	Description No																												
Checked By	Description Del	Language	en-US																										
Approved By	W/ Date	Version	Sheet 1 - 3																										
F																													

	1	2	3	4																																																												
A	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Symbol</th> <th>Address</th> <th>Type</th> <th>Comment</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>"MY_GRID"</td> <td>%Q0.1</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Mod6_Stop"</td> <td>%M2005.0</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Mod6_Start"</td> <td>%M2005.1</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Mod_6"</td> <td>%Q9.1</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Network 11: Mod 7</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Symbol</th> <th>Address</th> <th>Type</th> <th>Comment</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>"MY_GRID"</td> <td>%Q0.1</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Mod7_Stop"</td> <td>%M2006.0</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Mod7_Start"</td> <td>%M2006.1</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Mod_7"</td> <td>%Q8.0</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Network 12: Mod 8</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Symbol</th> <th>Address</th> <th>Type</th> <th>Comment</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>"MY_GRID"</td> <td>%Q0.1</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Mod8_Stop"</td> <td>%M2007.0</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Mod8_Start"</td> <td>%M2007.1</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Mod_8"</td> <td>%Q8.1</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Symbol	Address	Type	Comment	"MY_GRID"	%Q0.1	Bool		"Mod6_Stop"	%M2005.0	Bool		"Mod6_Start"	%M2005.1	Bool		"Mod_6"	%Q9.1	Bool		Symbol	Address	Type	Comment	"MY_GRID"	%Q0.1	Bool		"Mod7_Stop"	%M2006.0	Bool		"Mod7_Start"	%M2006.1	Bool		"Mod_7"	%Q8.0	Bool		Symbol	Address	Type	Comment	"MY_GRID"	%Q0.1	Bool		"Mod8_Stop"	%M2007.0	Bool		"Mod8_Start"	%M2007.1	Bool		"Mod_8"	%Q8.1	Bool	
Symbol	Address	Type	Comment																																																													
"MY_GRID"	%Q0.1	Bool																																																														
"Mod6_Stop"	%M2005.0	Bool																																																														
"Mod6_Start"	%M2005.1	Bool																																																														
"Mod_6"	%Q9.1	Bool																																																														
Symbol	Address	Type	Comment																																																													
"MY_GRID"	%Q0.1	Bool																																																														
"Mod7_Stop"	%M2006.0	Bool																																																														
"Mod7_Start"	%M2006.1	Bool																																																														
"Mod_7"	%Q8.0	Bool																																																														
Symbol	Address	Type	Comment																																																													
"MY_GRID"	%Q0.1	Bool																																																														
"Mod8_Stop"	%M2007.0	Bool																																																														
"Mod8_Start"	%M2007.1	Bool																																																														
"Mod_8"	%Q8.1	Bool																																																														
B																																																																
C																																																																
D	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Symbol</th> <th>Address</th> <th>Type</th> <th>Comment</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>"MY_GRID"</td> <td>%Q0.1</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Mod8_Stop"</td> <td>%M2007.0</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Mod8_Start"</td> <td>%M2007.1</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Mod_8"</td> <td>%Q8.1</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Network 13: Mod 9</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Symbol</th> <th>Address</th> <th>Type</th> <th>Comment</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>"MY_GRID"</td> <td>%Q0.1</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Mod9_Stop"</td> <td>%M2008.0</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Mod9_Start"</td> <td>%M2008.1</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Mod_9"</td> <td>%Q8.2</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Symbol	Address	Type	Comment	"MY_GRID"	%Q0.1	Bool		"Mod8_Stop"	%M2007.0	Bool		"Mod8_Start"	%M2007.1	Bool		"Mod_8"	%Q8.1	Bool		Symbol	Address	Type	Comment	"MY_GRID"	%Q0.1	Bool		"Mod9_Stop"	%M2008.0	Bool		"Mod9_Start"	%M2008.1	Bool		"Mod_9"	%Q8.2	Bool																					
Symbol	Address	Type	Comment																																																													
"MY_GRID"	%Q0.1	Bool																																																														
"Mod8_Stop"	%M2007.0	Bool																																																														
"Mod8_Start"	%M2007.1	Bool																																																														
"Mod_8"	%Q8.1	Bool																																																														
Symbol	Address	Type	Comment																																																													
"MY_GRID"	%Q0.1	Bool																																																														
"Mod9_Stop"	%M2008.0	Bool																																																														
"Mod9_Start"	%M2008.1	Bool																																																														
"Mod_9"	%Q8.2	Bool																																																														
E																																																																
F	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Name</td> <td style="width: 33%;">Project Name: TOU_MICRIGRID</td> <td style="width: 34%;">Date: 1/11/2014</td> </tr> <tr> <td>Operator</td> <td colspan="2">Project Path: C:\Users\Exper\Desktop\TOU_MICROGRID\TOU_MICRIGRID</td> </tr> <tr> <td>Designed By</td> <td colspan="2">Location</td> </tr> <tr> <td>Checked By</td> <td colspan="2">Description: 14</td> </tr> <tr> <td>Approved By</td> <td>Description: 24</td> <td>Language: en-US</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Version</td> <td>Sheet: 1 - 4</td> </tr> </table>				Name	Project Name: TOU_MICRIGRID	Date: 1/11/2014	Operator	Project Path: C:\Users\Exper\Desktop\TOU_MICROGRID\TOU_MICRIGRID		Designed By	Location		Checked By	Description: 14		Approved By	Description: 24	Language: en-US		Version	Sheet: 1 - 4																																										
Name	Project Name: TOU_MICRIGRID	Date: 1/11/2014																																																														
Operator	Project Path: C:\Users\Exper\Desktop\TOU_MICROGRID\TOU_MICRIGRID																																																															
Designed By	Location																																																															
Checked By	Description: 14																																																															
Approved By	Description: 24	Language: en-US																																																														
	Version	Sheet: 1 - 4																																																														