

**AKILLI ŞEBEKELRDE (Smart Grid) DAĞITIM
SİSTEM OTOMASYONDAKİ GELİŞMELER**

**2016
LİSANS TEZİ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ**

Muhammed YENİLMEZ

**AKILLI ŞEBEKELRDE (Smart Grid) DAĞITIM SİSTEM
OTOMASYONDAKİ GELİŞMELER**

Muhammed YENİLMEZ

**Karabük Üniversitesi
Mühendislik Fakóltesi
Mekatronik Mühendisliği Bölümünde
Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
NİSAN 2016**

TEZ KABUL VE ONAY FORMU

Muhammed YENİLMEZ tarafından hazırlanan hazırlanan “AKILLI ŞEBEKELRDE (Smart Grid) DAĞITIM SİSTEM OTOMASYONDAKİ GELİŞMELER” başlıklı bu tezin Lisans Bitirme Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

..19 /..08 ./2016

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Ayte BOZKURT 7.

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalında Lisans Bitirme Tezi olarak kabul edilmiştir.

..19 /..08 ./2016

Tez Jürisi

Akademik Unvanı, Adı ve Soyadı

İMZA

Başkan:

Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU

Üye :

Doç. Dr. Ahmet Demirci

Üye :

Arş. Gör. Oguz ÇEVİK

KBÜ Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Mezuniyet Komisyonu ve Bölüm Başkanlığı bu tezi Lisans Bitirme Tezi olarak onamıştır.

..19 /..08 ./2016

Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU

Mekatronik Mühendisliği

Bölüm Başkanı

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Muhammed YENİLMEZ

ÖZET

Lisans Tezi

AKILLI ŞEBEKELRDE (Smart Grid) DAĞITIM SİSTEM OTOMASYONDAKİ GELİŞMELER

Muhammed YENİLMEZ

Karabük Üniversitesi

Mühendislik Fakültesi

Mekatronik Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı:

Yrd.Doç.Dr. Aytül BOZKURT

Ay 2016, XX sayfa

Bu çalışmada; Enerjiyi daha verimli kullanmak için yeni nesil elektrik güç sistemleri olarak adlandırılan akıllı şebekeler yani (Smart Grid) üzerine çalışmalar yapılmıştır. Dağıtım sektöründe enerji dağıtım ağlarının operasyon sırasında gerçek zamanlı veri en büyük kullanıcılarından biri olduğunu ve bu nedenle, veri işleme teknolojisi için doğal bir ihtiyaç vardır. Akıllı cihazlar ve iletişim protokollerinin geliştirilmesine (DSA) dağıtım sistemi otomasyonu kavramını doğurmuştur. Bu çalışmada ilk olarak akıllı şebekenin temel bileşenleri ve teknolojileri, enerjiyi etkin ve verimli kullanma, DSA gelişimi temel özellikleri ele alınmıştır, daha sonra Dünyada ve Türkiye de akıllı şebekelerdeki dağıtım sistemlerdeki gelişmelerden bahsedilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Akıllı Şebekeler, Enerji Verimliliği, Dağıtım Sistemi

ABSTRACT

B. Sc. Thesis

THESIS TITLE

Muhammed YENİLMEZ

Karabük University

Faculty of Engineering

Department of Electrical-Electronics Engineering

Thesis Advisor:

Yrd.Doç.Dr. Aytül BOZKURT

Month 2016, XX pages

In this study,

Key Words : Xxx, Yyy, Zz

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
BÖLÜM 1	1
1. GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
2. AKILLI ŞEBEKELER	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
2.1. Akıllı Şebeke Teknolojisi ve Bileşenleri	3
2.1.1. Akıllı Üretim	4
2.1.2. Akıllı İstasyonlar	7
2.1.3. Akıllı Dağıtım.....	7
2.1.3.1. Akıllı Alarm Yönetimi	9
2.1.3.2. Etiketleme	9
2.1.3.3. Dağıtım Sistemi Modeli	9
2.1.3.4. Yük Akışı	10
2.1.3.5. Performans Endeksleri	10
2.1.3.6. Anahtarlama Yönetimi	10
2.1.3.7. Arıza Yönetimi.....	11
2.1.3.8. Yük Atma	11
2.1.3.9. Güvenilirlik Analizi	11
2.1.3.10. Güvenlik Değerlendirmesi	12

2.1.3.11. Volt/VAR Kontrolü.....	12
2.1.3.12. Optimize Şebeke Konfigürasyonu	12
2.1.3.14. Kontrol Merkezi Mimarisi	13
2.1.4. Akıllı Sayaçlar.....	14
2.1.5. Bütünleştirilmiş Haberleşme	17
2.1.6. İleri Kontrol Metotları.....	18
2.2. Akıllı Şebeke Yapısı.....	19
2.3. Sistemin Ekonomik Modellenmesi.....	20
2.4. Smart Grid Teknolojisinin Haberleşme Ağı.....	21
2.5. Dağıtık Veritabanı Yapısı.....	22
2.6. Gerçek Zamanlı Bilgi Altyapısı.....	22
2.7. Akıllı Şebeke Teknolojisinin Yararları	24
2.8. Akıllı Şebeke Bileşenleri	26
2.8.1. Donanım Bileşenleri	26
2.8.2. Yazılım Yönü	28
 BÖLÜM 3	 29
3. AKILLI ŞEBEKELER VE ENTEGRASYON	29
3.1. Heterojen BT Sistem Yapısı.....	30
3.2. Dağıtık (decentral) Enerji Üretimi.....	30
3.3. Yasal Çerçeve	31
3.4. Yapısal Açidan Entegrasyon	31
3.5. Yapısal Açidan Entegrasyon	30
3.5.1. Süreçler	33

3.5.2. BT Sistemleri	34
3.5.3. Kullanıcılar.....	35
3.5.4. Süreç - Sistem Entegrasyonu	37
3.5.5. Entegrasyonda BT sistemleri arası veri akışı	38
3.5.6. İş gücü yönetimi ve arıza giderimi için entegrasyon örneği	39
3.5.7. Bakım için Entegrasyon örneği	41
3.6. Teknik Açıdan Entegrasyon	44
3.6.1. Akıllı Şebeke Mimarisi	45
3.6.2. Enerji sektöründe yaygın standartlar.....	46
3.6.3. Entegrasyon metotları ve teknolojileri	47
3.6.3.1. Noktadan Noktaya Entegrasyon.....	47
3.6.3.2. SOA Tabanlı Süreç ve Sistem Entegrasyonu.....	48
3.6.4. Entegrasyon katmanları.....	50
3.6.4.1. Veri Entegrasyonu	51
3.6.4.2. Uygulama Entegrasyonu (Fonksiyonel Enteg.)	51
3.6.4.3. Süreç Entegrasyonu.....	52
3.6.4.4. GUI Entegrasyonu.....	52
 BÖLÜM 4	 54
4. AKILLI DAĞITIM OTOMASYONU SİSTEMİ	54
4.1. Akıllı Dağıtım Sistemiyle İlgili Literatür Taraması	56
4.2. Akıllı Sayaç Uygulamaları	56
4.3. Dağıtım Otomasyonu Sistemleri	57
4.4. Dağıtık Üretim Tesislerinin Dağıtım Sistemleri İşletme ve Planlamasına Etkileri.....	58

BÖLÜM 5	61
5. Türkiye’de ve Dünyada Akıllı Şebeke Otomasyondaki Gelişmeler	61
5.1. Almanya MOMA Akıllı Şebeke uygulaması	66
5.2. Türkiye’de Akıllı Şebekeler	71
5.3. Türkiye Elektrik Enerji Sisteminin Mevcut Durum Analizi	73
5.3.1. Enerji Üretimi	74
5.3.2. Enerji İletimi ve Dağıtımı	74
5.4. Akıllı Şebeke Açısından Türkiye Ulusal Enerji Sistemi	76
KAYNAKLAR	78
ÖZGEÇMİŞ	82

BÖLÜM 1

1. GİRİŞ

Bu tez çalışması akıllı şebekelerde dağıtım sistemi ve otomasyondaki gelişmeler üzerine hazırlanmıştır.

Günümüz elektrik dağıtım yapısı çok karmaşık olmakla birlikte 21. yüzyılın ihtiyaçlarına cevap verememektedir. Eksiklikleri arasında yavaş tepki sürelerine neden olan mekanik anahtarlar, otomatik analiz eksikliği, zayıf görünürlük, durumsal farkındalık eksikliği gösterilebilir. Bazı ek kısıtlayıcı faktörler ise nüfus ve enerji talebindeki artış, küresel iklim değişikliği, donanım arızaları, enerji depolama problemleri, fosil yakıtlardaki azalma, tek-yönlü iletişim, elektrik üretiminde kapasite sınırlamaları ve esneklik problemleridir. Bu nedenle, yeni bir şebeke altyapısı bu zorlukların üstesinden gelinmesi için gereklidir.

Akıllı şebeke; tedarikçi ve tüketici arasında karşılıklı elektronik İletişimin sağlanması amacıyla akıllı sayaç ve izleme sistemlerinin elektrik şebekelerine eklenerek elektrik şebekelerinin izlenmesi, güncellenmesi ve sürekli güvenilir, kaliteli olarak dağıtım yapılırken kullanıcı güvenliğinin sağlanması gereken bir yaklaşımdır.

BÖLÜM 2

2. AKILLI ŞEBEKELER

Tesla'dan bu yana hemen hemen aynı şekilde çalışan 20.yy'dan kalma şebekelere 21.yy'ın bilgisayar ve ağ teknolojisi entegre edilerek elde edilen şebeke sistemine "Akıllı Şebeke" (Smart Grid) denilmektedir. Akıllı şebekeler 2000'lerin başında ortaya konan yeni ve popüler bir kavram olmakla birlikte araştırma ve geliştirme alanında önemli bir potansiyele sahiptir. Akıllı şebeke, temel olarak operasyon, bilgi ve haberleşme sistemlerinin entegrasyonu ile şekillenmiş elektrik dağıtım şebekesidir. Akıllı şebekeler, enerjinin üretiminden, tüketimine kadar her aşamada gerçek zamanlı iki yönlü bilgi transferi sağlayarak, sürdürülebilir, güvenli ve enerji verimliliği yüksek bir enerji ağı sunmaktadır.



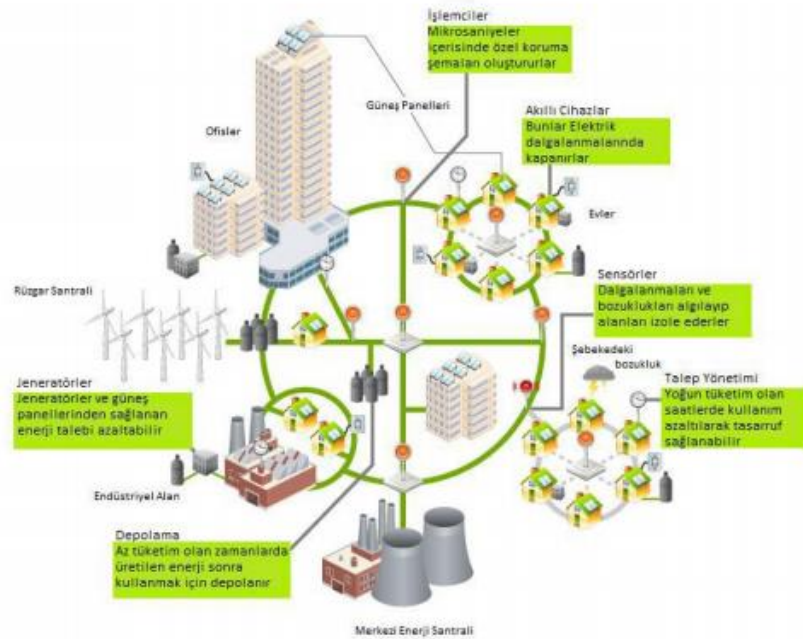
Şekil 1. Akıllı Şebeke

2.1. Akıllı Şebeke Teknolojisi ve Bileşenleri

Akıllı teknolojisi sabit ve gezgin enerji depolamasında ve dağıtık yenilenebilir enerji kaynaklarında aktif rol alır. Ayrıca akıllı şebekelerin enerji depolamanın yanında haberleşme ağını içeren altyapı desteğinin güvenlik ve ekonomik özellikleri de vardır. Dünya genelinde hükümetler ve teknik kuruluşlarda güç şebekelerinin önemini fark etmişlerdir.

Akıllı sistemlere geçişe karar verildiğine bu kararı hemen uygulamak çok zordur. Bunu tam olarak başarmak, 20-30 yıllık bir süreç bile alabilir. Akıllı sistemler için yasal düzenlemeler, standart yapılar belirlenmeli ve çerçevede tüm insanlara oluşan bilinç verilmelidir. İnsanlar konu ile ilgili bilinçlendirilmelidir. Kısa, orta ve uzun vadeli planlar yapılmalıdır.

Akıllı Şebeke'lerin IP tabanlı haberleşme ağı için dağıtık bir veri altyapısı kullanılır. Bir uygunlaştırıcı yazılım ile altyapı sağlanır. Bu altyapı, Akıllı Şebeke için düşük gecikme ve gerçekleştirilebilirliği sağlayan bir dağıtıcı-abone modelini temel alır. Ekonomik, fiziksel ve sayısal teknoloji gereklerinin hepsi sağlanırsa Akıllı Şebeke verim bir şekilde çalışır. Bir akıllı şebekenin bileşenleri ve teknolojileri, Amerika Enerji Departmanı'na göre (DOE) şu yapıları içermelidir:



Şekil 2. Akıllı Şebeke Teknolojisi

- Akıllı üretim
- Akıllı istasyonlar
- Akıllı dağıtım
- Akıllı sayaçlar
- Bütünleştirilmiş haberleşme
- İleri kontrol metotları

2.1.1. Akıllı Üretim

Şebekenin birçok noktasından alınan geri beslemeler ile enerji üretiminin optimize edilmesi; gerilimin, frekansın ve güç faktörünün otomatik olarak ayarlanabilmesi özelliklerine sahip güç üretimini sağlamak amacıyla.

Günümüzde geleneksel verimlilik artırma stratejileriyle daha fazla yol alamayacağını ve rekabetçi güçlerini kaybetmemek için teknolojik yatırımlara yönelmeleri gerektiğini anlayan işletmeler, tedarikçiden son tüketiciye kadar tüm üretim ve değer zincirinin dijital sistemlerle entegre hale gelmesini amaçlayan çözümlere yönelmektedir. Bu çözümlerin başında Akıllı Üretim gelmektedir.

Avrupa ve Amerika’da Industry 4.0, Smart Manufacturing Leadership Coalition (SMLC) gibi proje ve organizasyonlar tarafından desteklenen Akıllı Üretim’in şu sonuçları doğurması beklenmektedir:

- Yönetim biçimleri ve iş gücü profilleri değişecek

- Teknoloji kontrolüne geçen sistemler artacak ve hata oranı büyük ölçüde azalacak
- Sanayi, pazarda bu entegrasyonu sağlayarak daha büyük bir paya ulaşacak
- Tedarik zincirlerinin yönetimi ve süreçlerin takibi kolaylaşacak
- Çalışanların performansı artacak, iyileştirme sürecinde odak değişecek
- Kalite sistemleri ve müşteri gereksinimlerine uyum daha hızlı ve otomatik hale gelecek
- Kağıt kullanımını neredeyse sıfıra ulaşacak

Akıllı Üretim'in SMLC tarafından endüstri çevresine ilan edilen tanımı şöyledir:

Bir üretim ve tedarik zincirinde gerçek zamanlı bilgi akışı sağlayan, mantıklı sebep sonuç ilişkileri kurabilen, planlama ve yönetim aracı olarak kullanılabilen, ağ tabanlı veri ve bilgi entegrasyonuna Akıllı Üretim denir. Akıllı Üretim, sensör tabanlı verinin analizi, modellenmesi ve gerçek zamanlı olarak simülasyonunu sağlamada kolaylık sağlar. Tasarım, mühendislik, planlama ve üretim yaşam döngüsü boyunca tüm bu veriler her zaman ihtiyaç halinde ve en uygun formda ulaşılabilir durumdadır.

Sistemin sürekliliği için ek ara yönetici istihdamı gerekli olmamakla birlikte mevcut süreçlerin daha etkin ve verimli kullanılmasına katkı sağlamaktadır. Ara yöneticilerin analiz ve raporlama zamanlarını ciddi derecede kısaltarak yöneticinin bilgiye ulaşma çabalarını minimize etmektedir. Çalışanlar sistemin etkinliğinden haberdar olduğu için performansları olağan halinden doğal olarak çok daha yüksek seyretmektedir.

Ekipmanların performansını sürekli gösterdiği için ekipman yatırımında gereksiz olanların önünü kesmekte, maliyetlerin ürün ve sipariş bazında anlık görülmesine olanak sağlamaktadır. Önleyici tedbirlerin alınması bu nedenle daha basit hale gelmektedir.

Veriler anlık takip edildiği için gereksiz hareketler ve zaman kayıpları kolayca görülmektedir. Yöneticinin isteyebileceği raporlar sistemden karşılaştırmalı ve

otomatik olarak anlık alınmaktadır. Verilerin sistemde anlık paylaşılmasından dolayı iletişim elektronik ortamdan kolayca sağlanıp gereksiz koşuşturma ve kontroller ortadan kalkmıştır. Özellikle ara yöneticilerin sistem üzerinde daha etkili ve daha verimli olmak adına düşünce ve hareket biçimleri büyük ölçüde değişmiş ve gelişme göstermiştir.

Operatörlerin performanslarını karşılaştırmalı olarak görmek mümkün olduğundan eğitim, yönlendirme ve diğer iyileştirme faaliyetleri daha etkin hale gelmektedir. Sisteme veri girişi çok basit ve çok etkili olduğundan çalışanların daha önemli şeylere konsantre olması sağlanmaktadır.

Sistem, yönetici açısından her türlü eksik ve yanlışı anında öğrenme, hızlı ve etkili müdahale etme şansına sahiptir. Ekipmanların, çalışanların, siparişlerin ve diğer faaliyetlerin anlık olarak durumunu her yerden ve her türlü elektronik cihazdan izleyebilmek ve arzu edildiği takdirde müşteri ve tedarikçi entegrasyonu sayesinde müşterilerin veya tedarikçilerin bağlantılı faaliyetlerinin hangi aşamada ve hangi performans düzeyinde olduğunu anlık olarak izleyebilmek mümkündür. Çalışanlarla anlık ve yerine ulaşan bilgiyle iletişim yeteneği yüksektir.



Şekil 3. Akıllı Üretim

2.1.2. Akıllı İstasyonlar

Güç faktörü performansı, kesici, trafo ve akü durumunun izlenmesi, kritik ve kritik olmayan işlem kontrolünü sağlar.



Şekil 4. Akıllı Üretim

2.1.3. Akıllı Dağıtım

Kendi kendini iyileştiren, dengeleyici ve optimize edici yapıdadır. Otomatik izleme ve analiz etme özelliği ile hava durumu ve enerjisiz kalma geçmişine bağlı olarak arızaları tahmin edebilecek yapıya sahip sistemlerdir.

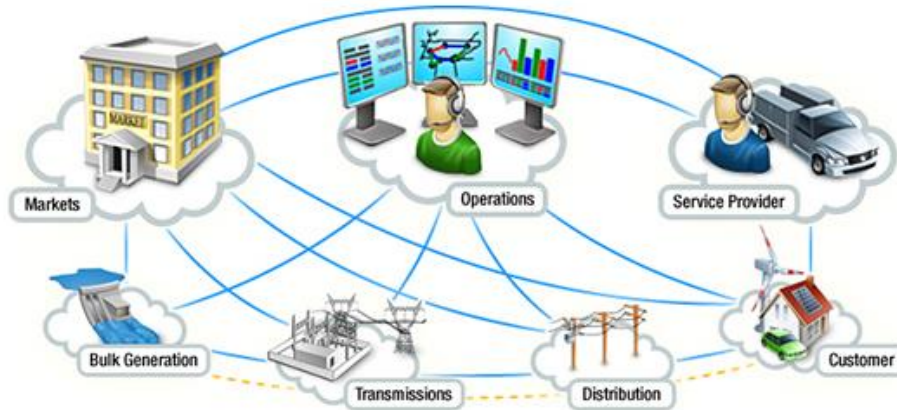
Mevcut elektrik dağıtım şebekelerinin kontrolünün zorluğu, elektrik dağıtım şebekelerinde enerji verimliliği sağlanması, operasyonel maliyetlerinin düşürülmesi ve bu sayede çevreye katkıda bulunulması için enerji otomasyon sistemleri geliştirilmektedir. Bu sistemlerin diğer bir önemli getirisi de, yasaların zorunlu kıldığı enerji kalitesi, sürdürülebilirlik, güvenilirlik ve sistem performansına katkıda

bulunmalarıdır. Dağıtım şebekelerine entegre edilen ve birbiriyle haberleşen akıllı ekipmanlar ve bunlardan toplanan bilgilerin kompleks algoritmalarla işlenmesiyle şebekeler optimize edilebilir. Dağıtım Yönetim Sistemleri (DMS-Distributed Management Systems) şebekeden toplanan bilgileri kompleks algoritmalar kullanarak operatöre kontrol, analiz optimizasyon ve planlama fonksiyonları sunmaktadır.

Söz konusu sistemler; şebekenin güvenlik, güvenilirlik ve verimliliğinin artırılmasının yanı sıra operasyonel maliyetlerin azaltılmasında kilit roller üstlenmektedir.

Aşağıda da görüldüğü gibi, sahadan gerçek zamanlı olarak standart protokollerle SCADA ile toplanan veriler DMS'in kompleks fonksiyonları tarafından kullanılarak izleme, analiz, kontrol, optimizasyon ve planlama yapılabilmektedir. Ayrıca DMS, Coğrafi Bilgi Sistemi, Kesinti Yönetim Sistemi ve Otomatik Sayaç Okuma Sistemleri ile entegre çalışmaktadır.

Dağıtım yönetim sistemleri operatöre şebeke hakkında kimi bilgileri görsel olarak sağlayarak (aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi fiderler gerilim seviyelerine ya da beslendikleri trafolarla göre renklendirilebilmekte, vb.) operatörün sistem hakkında farkındalığı yaratılmaktadır.



Şekil 5. Akıllı Dağıtım

2.1.3.1. Akıllı Alarm Yönetimi

Analog değerlerin çeşitli limitleri geçmesi durumunda devreye girer. Alarm önceliklendirme ve alarm filtreleme gibi özelliklere sahiptir.

2.1.3.2. Etiketleme

Güvenlik amaçlı anormal durumların bildirilmesi ve uzaktan kontrolün kısıtlanması için kullanılır.

2.1.3.3. Dağıtım Sistemi Modeli

DMS uygulamaları, şebekedeki istasyonları, fiderleri, dağıtım ağını ve ekipmanları kapsayan proje bölgeleri için ortak bir ağ (şebeke) modeline sahiptir. Bu model, DMS uygulamalarının altyapısını oluşturur, şebeke elemanlarının tanımlarını ve bu elemanlar arasındaki bağlantısalılığı içerir. Ayrıca temel fonksiyonların çalışabilmesi için şebekedeki yük profillerinin sisteme girilmesi gerekmektedir.



Şekil 6. Dağıtım Yöntem Sistemi

2.1.3.4. Yük Akışı

Belirtilen şebeke ayarları, şebeke kaynağının gerilim büyüklüğü ve yükler için dağıtım şebekesinin durumunu (düğümlerdeki gerilim seviyeleri, trafolardaki ve fiderlerdeki akım değerleri, trafolardaki aktif ve reaktif güç kayıpları, vb.) hesaplar. Böylelikle kullanıcı için geliştirilmiş sistem farkındalığı sağlanır.

Yük akışının doğru çalışabilmesi için kullanıcıların yk profillerinin bilinmesi gereklidir. Yapılan çalışmalarda yük akışı sonuçları %14 hata ile çalışırken, 1 aylık veriler toplanıp sisteme girildiğinde hatanın %5 seviyelerine indiği gözlenmiştir. Yük profilleri için otomatik sayaç okuma sisteminden gelen veriler kullanılabilir.

2.1.3.5. Performans Endeksleri

İhlallerin tespiti, alarm durumları, şebeke performans raporu (g enjeksiyonu, kayıpları, tüketimi, gerilim durumu ve sapması, aşırı yüklemeler vb.) performans endekslerini oluşturur.

2.1.3.6. Anahtarlama Yönetimi

Bir anahtarlama dizisi, dağıtım sisteminin operasyon durumu değiştirilirken kullanıcı tarafından yürütülecek (manuel ya da otomatik olarak) anahtarlamanın önceden tanımlanmış listesidir. Anahtarlama Yönetim fonksiyonu, yapılacak operasyonların manuel ya da otomatik oluşturulması, görüntülenmesi, analizi, anahtarlama emirlerinin modifikasyonu, arşivlenmesi ve yazdırılması gibi fonksiyonları sağlar.

2.1.3.7. Arıza Yönetimi (Fault Location, Isolation, Supply Restoration - FLISR)

Bu fonksiyon çeşitli alt fonksiyonlardan oluşur:

Arıza belirleme: Arızanın hangi fider bölümünde ya da bölümlerinde olduğunu hızlı bir şekilde tahmin edip belirleyebilir. Sistemdeki arızalı bölge bulunurken arıza tespit ekipmanları kullanılır (arıza bulucu, arıza kaydedici, röle vb.). Bu fonksiyon sayesinde kesintiler sırasında gelişmiş bir ekip verimliliği sağlanır ve SAIDI/CAIDI (sistem/müşteri ortalama kesinti süresi endeksi) azaltılır.

Arıza izolasyonu: Fider üzerindeki arızalı bölümün konumu ve izolasyonu için teknisyenlere önerilerde bulunur. Bu fonksiyonun sonucu uzaktan ve manuel olarak kontrol edilebilen kesicilerin anahtarlama operasyonlarıdır.

Söz konusu sistemlerin genel mimarisi ise aşağıdaki şekilde özetlenmiştir;

Tekrar enerjileendirme: Arıza tespiti ve izolasyonundan sonra enerjisiz kalan fider kısmının tekrar beslenmesi için en uygun anahtarlama işlemi planını sunar. Burada amaç, arızalı kısmın problemi çözülene kadar probleminden izole edilebilecek yerleri izole ederek beslemeyi sağlamaktır.

2.1.3.8. Yük Atma

Yük atma işlemi, acil durumlarda kesilebilir yükün azaltılmasını sağlar. Ağ parçalarının bağlantılarının kesilmesine olanak tanır. Bu şartlar yok olduktan sonra yükün yeniden yapılandırılmasını mümkün hale getirir.

2.1.3.9. Güvenilirlik Analizi

Güvenilirlik analizi, şebekenin herhangi bir bölümü için şebeke elemanının hata oranının, hata sıklığının, hata süresinin, kesinti sayısı ve kesinti süresinin belirlenmesini sağlar.

2.1.3.10. Güvenlik Değerlendirmesi

Güvenlik değerlendirmesinde belirlenen bölgedeki hataların analizi ve yeniden enerji sağlamak için test olanaklarının analizi yapılır. Eğer enerji bütün kullanıcılar için tekrar sağlanamazsa, sonuç bütün kullanıcıların tekrar enerjilendirilemeyeceği kritik elektrik kesintilerinin listesi ve bu sorunun üstesinden gelmek için gereken şebeke takviyesi sağlanır.

2.1.3.11. Volt/VAR Kontrolü

Şebekedeki en iyi gerilim profilini ve minimum reaktif güç akışını sağlar. Sistem kayıplarının azaltılmasını sağlar. Kullanıcının gerilim değişimlerinin en aza indirilmesine yardımcı olur. Yatırımların azaltılması, ertelenmesi, mevcut ekipmanların güç sağlama kapasitelerinin artırılmasını sağlar.

2007’de Kanada’da BC Hydro’da kurulan sistem, 7 GWh enerji kazancı sağlamıştır.

2.1.3.12. Optimize Şebeke Konfigürasyonu

Optimizasyon hedeflerini göz önünde bulundurarak en uygun dağıtım ağı düzenlemesinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilir. Bunu yaparken minimum güç kaybı, maksimum güvenilirlik ve iyi gerilim profilinin sağlanması hedeflenir. 2011’de İtalya Enel’de Milan şehrinde yapılan pilot çalışmada yılda 75.000 ton CO2 azaltımı sağlanmış ve enerji kaybında 144 GWh gerilemiştir.

2.1.3.13. Eğitim

Dağıtım şebekesini gerçekçi bir şekilde modeller ve öğrenci ile interaktif bir şekilde çalışır. Eğitmen eski anlık ve şebeke modellerini yükleyebilir ve çeşitli senaryolar oluşturabilir.

2.1.3.14. Kontrol Merkezi Mimarisi

Ana kontrol merkezi sunucuları 4 bölgeye (zone) ayrılır. Bunlar: Üretim, DMZ, DTS ve Test&QA'dır. Üretim bölgesi, güvenlik nedeniyle diğer bölgelerde karşı güvenlik duvarı ile korunur ve diğer bölgelerden üretim bölgesine istek gönderilemez.

Üretim bölgesi: Üretim ortamı gerçek zamanlı şebeke işletme ve simülasyon analizi sağlar. Kullanıcı, şebekeyi işletebilir, gerçek zamanlı veritabanında saklanan ve dinamik veri olarak adlandırılan diğer verileri değiştirebilir.

Historian sunucuları, geçmiş verilerini saklamayı ve almayı destekler.

Ana kontrol merkezi, günlük gerçek zamanlı operasyondan sorumludur; tüm bilgileri sahadan alır ve operatöre RTU ile haberleşmeyi kullanarak komutları uygulama imkanı sağlar.

QA ve Test Bölgesi: Bu bölgedeki sunucular, ADMS veya OS (İşletim Sistemi) için yeni yamaları test etme ve yeni şebeke modellerini hazırlama ve test etme işlemlerini destekler.

DMZ: Bu bölgenin ana amacı, ADMS web istemcisini kullanarak mevcut şebeke modelini ve dinamik verileri (şalt durumları, ölçüm değerleri, etiketler, vb.) web kullanıcılarına iletmeektir.

DTS: DTS bölgesi, yeni operatörlerin eğitimi için bir ortam sağlar. Eğitilecek operatörler, gerçek SCADA sistemine bağlı olmamaları hariç, gerçek operatör ile tamamen aynı ortama sahiptir; onlar, eğitmen tarafından kontrol edilen bir SCADA simülatörüne bağlıdır

2.1.4. Akıllı Sayaçlar

Akıllı sayaçlar genellikle elektrik enerjisinin bir saatte bir veya daha kısa aralıklarla ölçülerek; en azından günde bir kontrol etme ve faturalandırma amacı ile sisteme bilgi verilmesi şeklinde tüketim miktarını kaydeden sayaç çeşididir. Akıllı sayaçlar sayesinde sayaç ile merkezi sistem arasındaki iletişim sağlanmış olur. Ev enerji kontrol sistemlerinin aksine, akıllı sayaçlar uzaktan bilgi raporlama özelliğine sahiptir.

Akıllı sayaçlar denildiğinde; genellikle akla elektrik sayaçları gelmesine rağmen, doğalgaz ve su tüketimini de ölçen akıllı sayaçlar da bulunmaktadır.

Benzer şekillerde çalışan sayaçlar, yıllardır bulunmaktadır; fakat akıllı sayaçlar gerçek zamanlı bilgi sağlayarak güç kalitesi ölçümü ve elektrik kesintisi bilgilerini iletebilmektedirler. Akıllı sayaçlar, alternatifleri olan geleneksel aralıklarla ölçülen sayaçlar veya zaman sayaçlarından daha az maliyete sahip olmasının yanı sıra yerleşim alanlarını da içine alarak, tüketici sınıfları arasında geniş çapta kullanımı amaçlanmaktadır. Aralıklı ölçülen sayaçlar ve zaman sayaçları eski bir teknoloji olmakla birlikte ticari ve endüstriyel tüketicilerin ölçümleri için kullanılmaktadır fakat otomatik ölçüm okuma özelliğine sahip değildirler. Akıllı sayaçlar, akıllı şebekelerin bir parçası olabilirler, fakat sadece akıllı sayaçlar kullanılarak akıllı şebeke oluşturulması söz konusu değildir.

Akıllı sayaçlar, zamana bağlı bilgi anlamında daha fazla parça üretebilmektedir. Ayrıca, voltaj değerleri ve enerji durumları tüm tüketici tabanında takip edilebilir ve günlük bilgileri tutulabilmektedir.

Tüketici tarafından bakıldığında, akıllı sayaçlar ile kendi tüketimlerini görebilmekte ve dolayısıyla tüketimlerini düşürebilmektedirler.

Maliyet açısından bakılırsa, akıllı sayaçlar aracılığı ile tüketicilerin saatlerini ölçen çalışan kadrosuna ihtiyaç ortadan kalkacaktır.

İş kuruluşları açısından bakıldığında, akıllı sayaçlar aracılığı ile daha hızlı oturma ve faturalandırma yapılabilmektedir

Son olarak, bu miktarda bilgi aracılığı ile küçük tepe noktaları hesaplanabilir ve bu kapasite hesaplanmasına yardımcı olur. Kapasite hesaplanması aracılığı ile, daha düşük tepe noktası üretimi veya daha efektif kullanım için planlamalar yapılabilir.

Tüm akıllı sayaç teknolojilerinin en kritik teknolojik problemi iletişimdir. Her sayaç, belli bir merkezde toplanan bu bilgileri eksiksiz ve güvenli bir biçimde iletme özelliklerine sahip olmalıdır. Değişen çevresel etkenler ve sayaçların bulundukları yerler göz önüne alındığında; bu iletişim probleminin ne denli büyük olduğu anlaşılabilir. Bu problemin çözümü için yapılan öneriler şöyledir: cep telefonu ağlarının kullanımı, uydu, lisanslı radyo dalgaları, lisanslı ve lisanssız radyo dalgalarının kombine edilmesi ve iletim hattı üzerinden iletişim. Sadece iletişim amaçları için kullanımı değil, kullanılacak ağın çeşidi de önem arz etmektedir. Bu ağlara örnek verirsek: sabit kablosuz erişim, örgüsel ağ veya bu ikisinin kombine halde kullanımı. Bunların dışında potansiyel olarak kullanılabilecek ağ çeşitleri Wi-Fi ve diğer internet bazlı ağlardır. Bugüne kadar bu ağlardan herhangi biri tüm uygulamalar için optimal değerleri sağlamış değildir. Kentsel yapılar ile karşılaştırıldığında kırsal yapılarda, dağlık alanlar veya wireless hizmetinin az sağlanması dolayısıyla iletişim problemleri yaşanmaktadır.

Geliştirilmiş Sayaç Altyapısı, enerji kullanımını bilgilerini toplayan, ölçen ve analiz eden sistemlerdir. Ayrıca elektrik, gaz, ısı ve su sayaçları ile sistemin haberleşmesini sağlayarak ihtiyacın talep edilmesini veya planlanmasını sağlamaktadır. Bu sistemlerde donanım, yazılım, iletişim, tüketici enerji ekranı ve denetleyicileri,

tüketici bağlantılı sistemler, Sayaç Bilgi Yönetimi yazılımı ve tedarikçi firma sistemleri bulunmaktadır.

Ölçüm cihazları ve firma sistemleri arasındaki ağ aracılığı ile toplanmış bilgiler, tüketicilere, tedarikçilere, yapı şirketlerine ve servis sağlayıcılarına sağlanmaktadır. Bu durum sayesinde şirketlerin arz talep sistemlerinde çalışması sağlanmaktadır. Tüketiciler, bu sistem tarafından sağlanan bu bilgileri kullanarak, normal tüketim modellerini kullanarak daha düşük fiyatlara ulaşabilmenin avantajını sağlayabilirler. Fiyatlandırma, tüketim tepe değeri artışını kontrol edebilmek için kullanılabilir

Geliştirilmiş Sayaç Altyapısının, otomatik sayaç ölçüm cihazlarından farkı sayaç ile iki yönlü iletişim sağlanabilmektedir. Sadece sayaç ölçümüne yarayan sistemler Geliştirilmiş Sayaç Altyapısı olarak nitelendirilemezler.



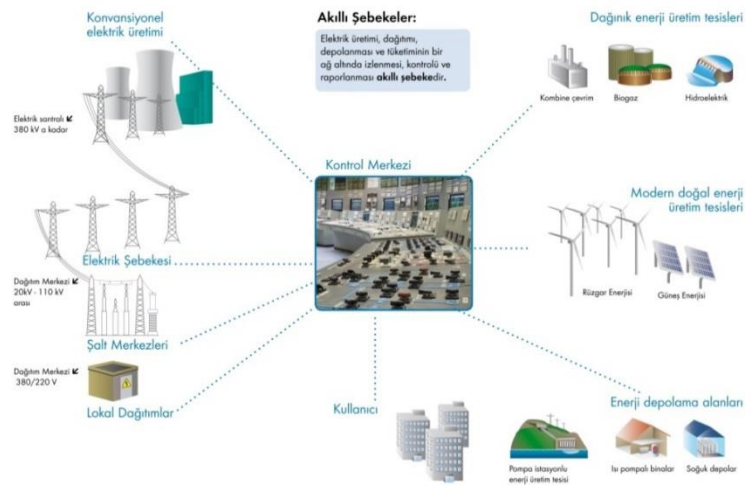
Şekil 7. Akıllı Sayaçlar

2.1.5. Bütünleştirilmiş Haberleşme

Veri toplama (SCADA-Supervisory Control and Data Acquisition), koruma ve kontrol sistemleri bütünleştirilmiş bir sistemde kullanıcının akıllı elektronik cihazlar ile etkileşimini sağlar.

Sayısal iletim teknolojileri güç üretim, dağıtım, kontrol ve işlemlerinde önemli bir rol alır ve Akıllı Şebeke teknolojilerinde temel yapıtaşlarındandır. Gelecek nesil güç şebekesi veri merkezli bir altyapıda ve üretici-abone tabanlı bir yazılımla haberleşme ağının yararlarından faydalanıla bilinir.

Akıllı Şebeke uygulamaları için IP QoS tabanlı uygulamalar tercih edilir. Akıllı Şebeke kontrol ve veri transferi uygulamaları veri-merkezli, esnek ve etkili bir ağ platformu gerektirir. Merkezi hale getirilmiş, veri merkezli bilgi altyapısı veri iletimini ve kontrol trafiğini desteklemelidir. Veri işleme zaman sınırlaması ve verinin yeri bakımından kritiktir. Veri konumsal olarak tanımlanmalıdır. Temel amaç; bilgi altyapısı ile tasarlanan sistemin doğru miktarda ölçülmüş ve hesaplanmış veriyi doğru zamanda makul bir maliyetle, güvenli biçimde iletmektir. Şekil 1’de Akıllı Şebeke kavramsal tasarımı gösterilmektedir.



Şekil 8. Akıllı Şebeke Haberleşme

2.1.6. İleri Kontrol Metotları

Şebekenin durumunu analiz ederek tanımlayan ve tahmin eden cihazlar ve algoritmalar topluluğunu ifade etmektedir. Otomatik olarak düzeltici önlemler alınarak enerji kesintilerini ve güç kalitesi problemleri engellenir ya da etkileri azaltılır.



Şekil 9. İleri Kontrol Metotları

2.2. Akıllı Şebeke Yapısı

Akıllı şebeke yapısının 3 anahtar bileşeni vardır:

Olay Önleme	Kendini onaran Şebeke	Gelişmiş Sayaç Altyapısı
- Uzaktan yük profillemey/yönetimi - Şebeke aktiviteleri incelemesi - Gelişmiş veri analizi - Şebeke durum ölçümü ve kestirimci tepki	- Gelişmiş varlık yönetimi/görünümü - Gerçek zamanlı şebeke durumunun izlenmesi - Otomatik şebeke anahtarlama - Sensör olarak sayaç - Trafo yük yönetimi - Duruma bağlı insan kaynağı yönlendirmesi - Şebeke olay ve lokasyon algılanması	- Sayaçlar - Sayaç sorgulaması - Sayaç açma/kapama - Elektrik kesintisi uyarısı - Sayaçlar ile iki yönlü haberleşme

Tablo 1.- Akıllı Şebeke Yapısı Anahtar Bileşenler

Tablo 1’den de görüldüğü üzere, akıllı şebekeler daha fazla iyi kalitede gerçek zamanlı veri toplanması temeline oturmaktadır. Bu verinin bilgisayarlar tarafından çok hızlı kararlar için analizi ve insanlar tarafından hızlı analizi ile sistem olacak olayları önlemekte, kendini onarmaktadır. Tüm bunlar ise gelişmiş bir sayaç yapısı ile mümkün olmaktadır. Bu şebekelerin:

1. Talep yönetimi
 2. Yenilenebilir kaynakların daha fazla entegrasyonu
 3. Kaynakların verimli kullanımı (Hem üretim hem tüketim tarafında)
 4. Enerji tasarrufu ve fiyat avantajı
 5. Sistem dengesi
- konularında faydalar sağlaması beklenmektedir.

Akıllı şebekeler gerçek zamanlı haberleşme altyapısı ile aşırı yüklenmeleri hissedebilecek, enerji akış yönlerini düzenleyecek, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımını optimize edecek ve kullanıcı maliyetlerini aşağı çekecek çevreci bir sistem oluşturacaktır. Bu sistemin mevcut sisteme göre avantajları aşağıdaki şekilde verilmektedir:



Şekil 10.- Mevcut Statik Şebekeler ve Akıllı Şebekeler

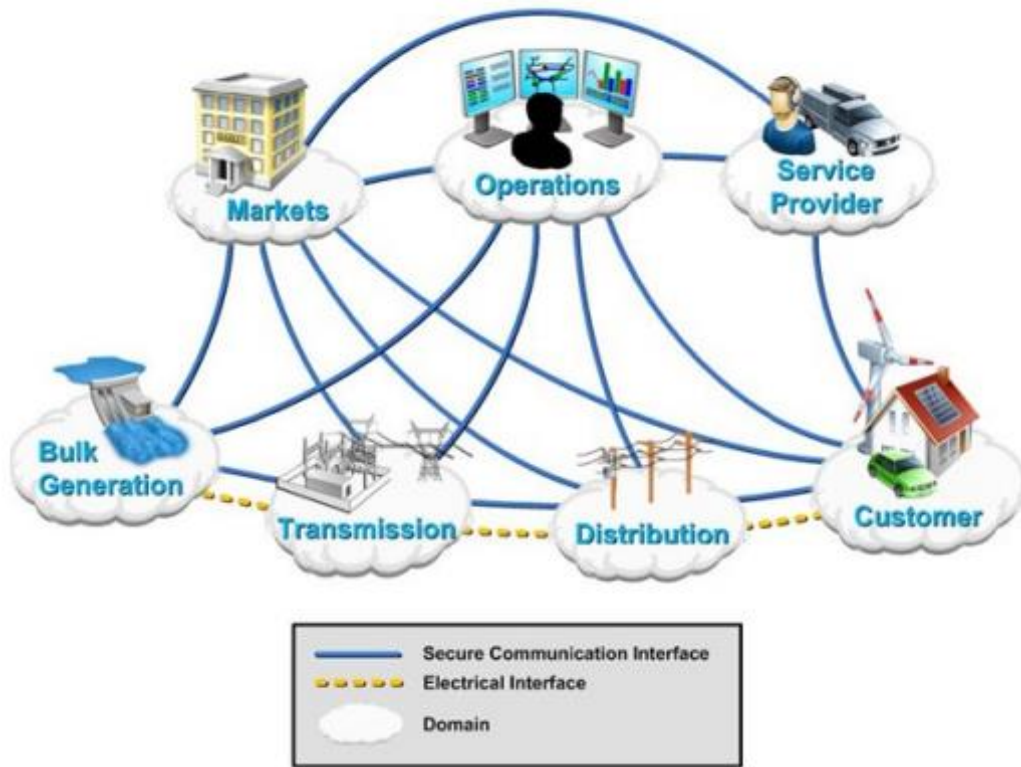
2.3. Sistemin Ekonomik Modellenmesi

Sistemin uygulanabilirliği, çevreyle uyumu gibi faktörlerin etkisini gözlemlemek için benzetim programları kullanılmalıdır. Güç endüstrisindeki yenilik, bir ülkenin ekonomisini etkiler. Teknolojik gelişmelerde uzun dönemde kararlılık, sosyal ve politik açıdan birçok aracın uygulaması ile sağlanabilir. Yeni nesil güç şebekelerinin modellenmesi, güç 194 şebekelerinin çevreye etkisini açıklayabilir. Bu, genişletilen temel çözümlere karşı karşılaştırmalı bir çalışma yapılarak sağlanabilir.

Smart Grid için bir ekonomi modeli oluşturmak uygulanabilir projenin araştırılmasına, analiz ve en uygunlaştırılmasına yardımcı olur. Smart Grid bir ekosistemdir. Smart Grid ekosistemini doğru biçimde benzetişim yapmak gelecek yeniliklerin yararlarını anlamada faydalıdır. Kapsamlı bir model oluşturarak, akıllı şebekelerin yeni teknolojik gelişmelerinin kontrolü sağlanabilir.

2.4. Smart Grid Teknolojisinin Haberleşme Ağı

Sayısal iletim teknolojileri güç üretim, dağıtım, kontrol ve işlemlerinde önemli bir rol alır ve Akıllı Şebeke teknolojilerinde temel yapıtaşlarıdır. Gelecek nesil güç şebekesi veri merkezli bir altyapıda ve üretici-abone tabanlı bir yazılımla haberleşme ağının yararlarından faydalanılabilir.



Şekil 11. Akıllı Şebeke Kavramsal Modeli

Akıllı Şebeke uygulamaları için IP QoS tabanlı uygulamalar tercih edilir. Akıllı Şebeke uygulamaları için IP QoS tabanlı uygulamalar tercih edilir. Akıllı Şebeke kontrol ve veri transferi uygulamaları veri-merkezli, esnek ve etkili bir ağ platformu gerektirir. Merkezi hale getirilmiş, veri merkezli bilgi altyapısı veri iletimini ve kontrol trafiğini desteklemelidir. Veri işleme zaman sınırlaması ve verinin yeri bakımından kritiktir. Veri konumsal olarak tanımlanmalıdır. Temel amaç; bilgi altyapısı ile tasarlanan sistemin doğru miktarda ölçülmüş ve hesaplanmış veriyi doğru zamanda makul bir maliyetle, güvenli biçimde iletmektir. Şekil 11’de Akıllı Şebeke kavramsal tasarımı gösterilmektedir.

2.5. Dağıtık Veritabanı Yapısı

Gerçek zamanlı veri tabanı SCADA sistem kontrol merkezinde bulunur. Verinin toplanması haberleşme kanalları ile yapılır. Gerçek zamanlı veri tabanı tüm dağıtık verilerin toplamından oluşur. Sistemde gerçek zaman değerlerinden veri hesaplanır.

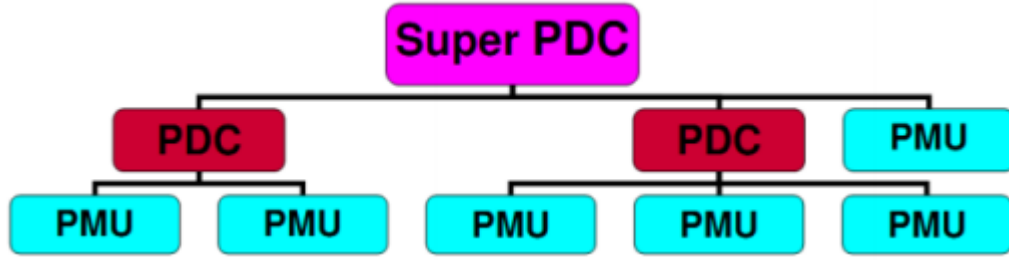
Dağıtık bir veri tabanı yönetimi tekil veri tabanı yönetiminden farklıdır. Bunun için veriyi kayıt altına almanın yanında doğru zamanda doğru uygulamalara ileten bir uyumlaştırıcı yazılım (middleware) vardır. Güç şebekeleri haberleşmesi için olan yazılımlar geliştirilmektedir.

2.6. Gerçek Zamanlı Bilgi Altyapısı

Haberleşme altyapısı iki seviyeye ayrılabilir. Her trafo yüksek hızlı yerel alan ağına (LAN) sahiptir. Her trafoda bulunan sunucu sayesinde yüksek seviyede haberleşme ağlarına bir yönlendirici (router) aracılığıyla bağlanır. En önemli eleman SCADA Enerji Yönetim Sistemi (EMS) kontrol merkezidir. SCADA tüm alt trafolarla veriyi Uzak Terminal Birimleri (RTU) ile sorgulayarak bir araya getirir ve merkezde toplar.

Ağ yapılandırılması yıldız yapılandırılması ile ifade edilip, sorgulama da bir üretici-abone sistemi tarafından gerçekleşirse, trafodan uygulamaya doğru veri akışı gerçekleşir ve bu da Akıllı Şebeke veri altyapısının genel kontrol mekanizmasını oluşturur.

Paralel bir haberleşme düzenlemesi ile Fazör Ölçüm Birimleri'nden (PMU) gelen veriler toplanmaktadır. Tüm PMU' ları bir araya getiren bir Fazör Veri Toplayıcı (PDC) ve tüm PDC' lerin de bir SuperPDC' ye bağlı olduğu bir yıldız yapılandırılması oluşur. Fazör ölçümlerin çok olması halinde PDC sistemi kullanışsız olur ve yetersiz kalır. Şekil 2'de Fazör Veri Toplama altyapısı verilmiştir.



Şekil 12. Fazör Veri Toplama altyapısı

Kontrol merkezi tüm katmanlardan gelen veriye ihtiyaç duyar. Sistem izlenmesi, şebekelerin risklere karşı durum, risk analizi ve otomatik kontroller gibi işlemleri gerçekleştirir. Kontrol merkezinde yönlendiriciler yönetim amaçlı QoS birimlerini oluşturur ve verinin hareket kontrolü sağlanır. QoS birimleri en etkili veri yolunu seçerek üretici-abone iletişimini sağlar. Tüm cihazlar mikroişlemci temellidir, veri toplama ve depolama bilgileri sayısalıdır. Trafolar arası haberleşme LAN' lar ile sağlanır. Haberleşme protokolü 61850 standardı ile yapılır. Gerçek zamanlı veri ölçülmüş ya da ölçümden hesaplanmış veridir. Statik veri ise, sistem donanımını tanımlar ve veri tabanı SCADA-EMS kontrol merkezinde bulunur.

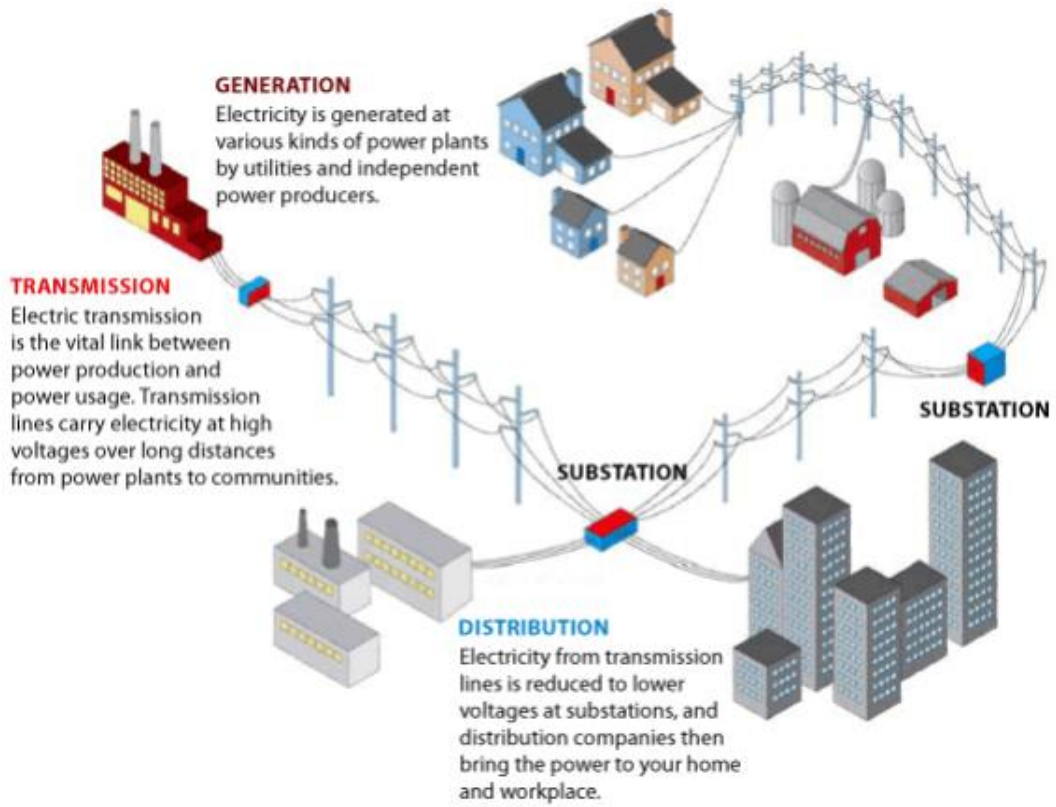
2.7. Akıllı Şebeke Teknolojisinin Yararları

Dünya genelinde artan enerji tüketimi yenilenebilir enerji kaynaklarının az olması ve akıllı şebeke teknolojisinin doğayla dost bir teknoloji olması Akıllı Şebekelerin en üstün yanıdır. Bunun yanında Verimli kaynak kullanımı ile elektrik üretiminde yenilenebilir kaynakların kullanımını artırarak fosil kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlar. İleri teknoloji şebeke kontrol sistemleri kullanarak iletim ve dağıtımdaki kayıpları azaltır. Tüketicilerin elektrik kullanımlarını ve tüketim maliyetlerini daha iyi kontrol etmelerini sağlayarak elektrik üretim şirketlerinin yüksek üretim taleplerini daha iyi yönetebilmelerini sağlayarak ve yüksek üretim talebi için yapmaları gereken ekstra yatırımlara olan ihtiyaçlarını azaltarak Tüketim verimliliği sağlar.

Akıllı şebeke, ileri düzey izleme ve teşhis teknolojileri kullanarak varlıkların potansiyelinin ve performansının üst düzeylere çıkmasını sağlayarak varlıkların verimliliğini artırır. Uzaktan izleme ve kontrol teknolojilerini kullanarak enerji şirketlerinin kaynaklarını daha güvenilir ve verimli kullanmasını sağlar. Sayısal haberleşme sayesinde Akıllı Şebeke’de insan hatası ya da doğal afetler sonucu meydana gelen bir hata ya da kesinti anında sistemin olabildiğince az zararla sistem tekrar çalışabilir olmasını sağlar.

Yeni nesil sayaçlar iki yönlü veri üretecek ve enerji yönetim programları evdeki bilgisayarlar ile kontrol edebilecektir. Elektrik sağlayıcınız size elektrik birim fiyatın gün ortasında artışa geçtiğini haber verdiği an siz uzaktan tek tuş hareketi ile klimanın gücünü kısabilecek, buzdolabını akşam soğutmaya almak için kurabilecek, açık elektronik eşyaları hazır geçirebileceksiniz. Bu kullanıcıların faturalarına yansırken, elektrik üreticilerin de gereksiz yüklerden kurtulmasını sağlayacaktır. Tüm elektrik enerjisi üretim birimleri sisteme dahil olacak rüzgâr tribünleri, güneş pilleri, kıyı türbinler, barajlar, jeotermal tesisler, bio yakıttan enerji üretimi büyük bir yük paylaşım otomasyonu devreye girmiş olacak. Tüm bunlar sisteme sorunsuzca

entegre olacak ve kontrolü şimdiki teknolojilerden kat ve kat daha verimli gerçekleştirilecektir. Yakın gelecekte yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı çok hızlı gelişmeyecektir; ancak iletim ve dağıtım sistemlerinin bunlara hazır olması akıllı şebekeler yoluyla olacaktır.



Şekil 13. – Elektrik Şebekesi

2.8. Akıllı Şebeke Bileşenleri

Akıllı şebekelerin yazılım ve donanım bileşenleri vardır. Donanım bileşenleri olarak akıllı sayaçlar ve akıllı ev aletleri göze çarpmaktadır. Yazılım olarak Veri altyapısı, internet tabanlı sistemler, sezgisel çalışan yönlendirme yazılımları sayılabilir.

2.8.1. Donanım Bileşenleri

Akıllı sayaçlar akıllı ev aletleri ile iletişime geçip bunların çalışmasını kontrol edebilen yapıya sahip cihazlardır. Elektrik fiyatlandırmasının değişken olduğu durumlarda az maliyetle işlerin yürütülmesinde iş görürler. Böylece üreticiyle tüketici arasında dengeli yük kullanımına katkıda bulunurlar. Tüketici ve enerji sağlayıcı şirket arasında iki yönlü iletişim gerçekleştirir ve fiyatlandırma verilerini toplanmayı, güç kesintilerini belirlemeyi ve arıza durumunda personelin hızlıca doğru adrese yönlendirilmesini sağlar.



Tek fazlı



Çok fazlı direk



Çok fazlı indirek

Şekil 14. - Akıllı Sayaçlar

IEC 61850 yapısında tanımlanan akıllı cihazlar (IED Intelligent Electronic Device) hızlı ve dijital haberleşme sağlamaktadır ve IP tabanlı adresleri vardır. İletilen mesajın içinde MAC(Media access control) adresi yer alır. Bu hangi cihazın bu mesajı alacağını belirler. Bu mesajlaşma açma, kapama, bekletme ve izin verme işlemlerini yapmakta kullanılır. Bilgi gönderimi ve alımı ethernet anahtarıyla yapılmaktadır.

Relay1/XCBR1\$ST\$Loc\$stVal	
Veri bileşeni	Veri anlamı
Relay1	Mantıksal Cihaz
XCBR1	Mantıksal Düğüm noktası
ST	Fonksiyonel Kısıt
Loc	Veri
stVal	Verinin özelliği

Tablo 2. IEC 61850 de kullanılan örnek bir veri

Akıllı soket bir cihaz ve elektrik prizi arasına yerleştirilir ve cihazın elektrik kullanım bilgilerini izler; aynı zamanda akıllı ölçer ile iletişim kurmak yeteneği vardır ve cihazın elektrik durumunu kontrol eder. Yakın zamanda Ev alan ağı (HAN) üzerinden akıllı cihazlar için standart iletişim protokolleri oluşturulmuştur, akıllı ev aletleri kendilerini akıllı sayaçlar ile iletişim yeteneği geliştirilmektedir ve uzaktan kontrol edilebilirler.

Enerji depolama teknolojisi	Bileşenleri
Elektriksel	Süper kapasitör/Ultra kapasitör, Mikro Süperiletken manyetik enerji depolama-SMES, Genis SMES)
Mekaniksel	Yüksek güç volanlar, pompalı hidroelektrik, Sıkıştırılmış hava enerji depolama(CAES)
Kimyasal	Sodyum Sülfür-NaS pilleri, Kurşun-asit pilleri, Lityumiyon pilleri, Metal hava pilleri, Nikel kadmiyum-NiCd pilleri, Yakıt hücreleri, Akis Çinko bromür-ZnBr

Tablo 3. Akıllı Şebekedeki enerji depolama teknolojileri

2.8.2. Yazılım Yönu

Akıllı yazılımlar yardımıyla, önceden belirlenmiş kullanıcı tercihlerine göre elektrik enerjisinin ne zaman tüketileceğı belirlenebilir. Bu da elektrik tüketimi ve üretimi üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahip olan tepe yükleri indirgeyerek iki taraf için de fayda sağlar.

Elektrik kullanımının zamanlama problemini gerçek zamanlı görev zamanlama sorunu olarak bir üstel zaman karmaşıklığı olan bir karmaşık arama problemi olduğu görünür. Sezgisel algoritmalar büyük arama alanı azaltan etkili sezgisel evrim teorisine dayanan ve uygulanabilir zaman bütçe içinde makul bir zamanlama bulabilirler. Bu algoritmalarından biri Genetik Algoritmadır.

Güç tüketimi zamanlama problemi; çoklu-işlemcili sistemlerde gerçek zamanlı görev zamanlama problemine benzer şekilde birden fazla görevi planlayarak onları yürütebilir. Bu problem polinomal olmayan zor bir yapıya sahiptir. Sadece tüm olası kombinasyonlar sıralanarak ve bunları değerlendirilerek sonuca ulaşmak problemin arama alanının karmaşıklığını $O(2MN)$ yapar burada M görevlerin sayısını ve N zaman dilimlerinin numarasıdır.

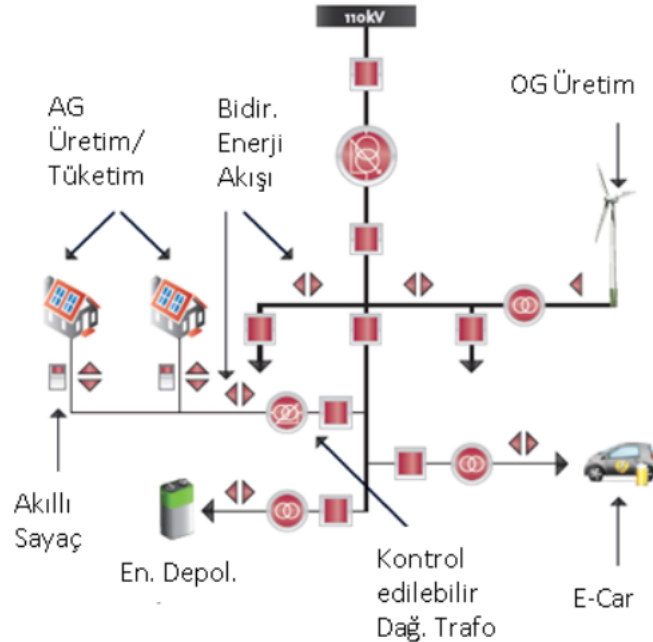
Örneğın, eğer 23 elektrikli cihazın zamanlamasında zamanlayıcı bir gün içinde her 30 dakikada bir cihazların açık/ kapalı olmasına karar vermesi gerekiyorsa, olası zamanlama $2^{23} * 24 * 2$ olur ki bu 2 1104 eder. Son model bilgisayar sistemleri ile bile, bu asgari elektrik ücretlerini bulmak neredeyse imkânsızdır.

Bundan dolayı, makul bir zaman içinde yaklaşık zamanlama programını bulmak için evrimsel hesaplama yöntemini kullanarak büyük arama alanı azaltılabilir. Özellikle, doğal seleksiyon ve popülasyon genetiğine dayalı bir olasılık arama yöntemi olarak genetik algoritmada zamanlamaların belli bir sayısı başlangıçta oluşturulur ve bunların oluşturduğu zamanlamalar başlangıç kümesidir. Zamanlama kümeleri arasında, iki zamanlama seçilir ve daha sonra çaprazlama ve mutasyon işlemleri ile bir zamanlama olarak birleştirilir ve sonra zamanlama kümesi yeni oluşturulan zamanlamayla, eski küme zamanlaması değiştirilerek geliştirilir. Zamanlama kümesi yakınsayana kadar bu işlem tekrarlanır.

BÖLÜM 3

3. AKILLI ŞEBEKELER VE ENTEGRASYON

Akıllı şebeke ona bağlı olan tüm piyasa katılımcılarının arz ve tüketim davranışlarını entegre eden bir enerji sistemidir. Düşük kayıplar ve yüksek kullanılabilirlik ile ekonomik açıdan verimli, sürdürülebilir bir enerji tedarik sistemini hedefler. Türkiye’de enerji sistemi bir geçiş sürecinin içindedir. Elektrik dağıtım, üretim ve ticaretindeki özelleştirmeler, liberalleşme, ayrıştırma (unbundling) ve enerji üretimindeki büyük açığın kapatılması için yapılan yeni yatırımlar ile hem konvansiyonel hem de yenilenebilir enerji kaynaklarının eklenmesiyle şebekelerin yapısında önemli değişiklik ihtiyaçları doğmaktadır. Bu güne kadar enerji ve kontrol akışında "yukarıdan-aşağıya" (top down) prensibi geçerliydi. Merkezi olmayan (dağıtık-decentral) enerji piyasasında bilgi ve iletişim konularında artık "aşağıdan yukarıya" entegrasyon ile bu yaklaşım yeniden ele alınmalıdır.



Şekil 15. Akıllı Şebeke Ve Entegrasyon

Bu günkü enerji dağıtım firmaları Şebekelerinin yönetimini yeni yapılandırmada birçok değişik ve yeni Şartlar ile karşı karŐıyadırlar (enerji üreticilerinin değişen yapısı, yasal yükümlülükler, enerji Şirketinin heterojen sistem yapısı, birçok farklı bilgi sistemleri ve yeni süreçler gibi). Dağıtım firmasındaki BT sistemleri enerji piyasalarındaki deėiŐikliklerden kaynaklanan koŐullara uyum sağlamak zorundadır. Burada entegrasyonu gerektiren üç ana faktör ne çıkar.

3.1. Heterojen BT Sistem Yapısı

Firmalar arasında işletme yöntemleri açısından küçük farklar olsa da hepsinde aynı temel BT sistemleri vardır. Şebeke izleme ve yönetiminde SCADA/DMS [1,2,3], Şebeke planlama ve dokümantasyonunda CBS-Coğrafi Bilgi Sistemleri [8], ve kurumsal kaynak yönetiminde ERP (genelde SAP ve ilgili modülleri: CRM, PM, IS-U, FI, MRS vs.) OSOS Otomatik Sayaç Okuma Sistemleri, WFM-İŞgücü Yönetimi gibi. Bunlar önceleri, genelde tek baŐlarına (monolitik) bir sistem olarak kullanıldılar. Kesintisiz kullanım ve uzun ömürleri nedeniyle sistemler arasında bağlantı için yeni adaptörler geliştirilmesi zaman içinde noktadan noktaya bağlantı sorununa yol açtı.

3.2. Dağıtık (decentral) Enerji retimi

Enerji dağıtım firmaları dağıtık üretim yapan (decentral) reticilerin elektriğini Şebekelerine almak zorundadırlar. Bu üreticiler kontrol edilemezler. Buna rağmen verileri ve özelliklerinin kaydedilmesi ve planlanması gerekir. Planlama konusu özellikle dağıtık enerji yönetim sistemleri (DEMS Decentral Energy Management System) için önemlidir. Ayrıca, rüzgâr veya fotovoltatik sistemler gibi dağıtık yenilenebilir enerji üreticilerinin artması iletişim süreçlerinde tamamen yeni verilerin kullanılmasına yol açmıŐtır. Bu da, BT altyapısı ile hizmet verilen sistemler arasındaki veri formatlarının ve bağlantılarının daha da artmasına yol açar.

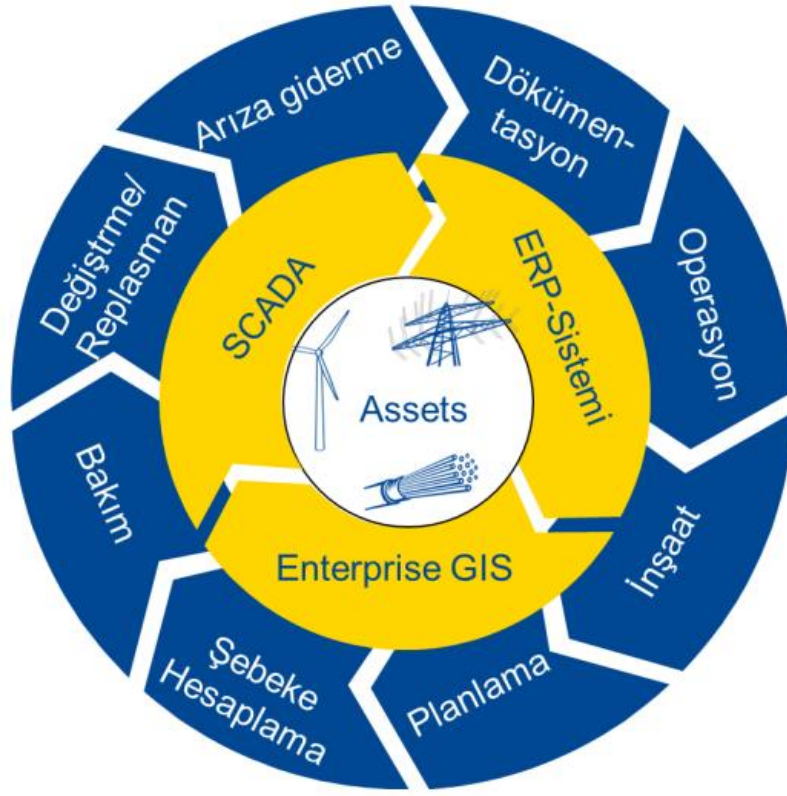
3.3.Yasal Çerçeve

EPDK tarafından getirilen ayırıştırma (unbundling) uygulaması ile enerji şirketleri üretim, dağıtım ve perakende satış faaliyetlerini ancak ayrı firmalarla yapabilmektedirler. Bununla birlikte bu faaliyetlerin ayırıştırılması şirketlere BT sistemleri açısından bazı yükümlülükler getirmektedir. Firmaların örneğin üretim ve şebeke bölümlerinde henüz ortak olarak kullanılan bazı BT sistemleri ve ayrıca buradaki ticari ve şebeke yönetimi ile ilgili veriler de ayrılacaktır. Önceden firma içinde gerçekleşen iş süreçleri de firmalar arası yapılan iş süreçlerine dönüşecektir. Bunun önemli sonuçları vardır. Önceden enerji üretim ve şebeke işletme bölümlerinde ortak kullanılan sistemler artık belki ayrı olarak iki defa bulunacaktır. Firma içi ve dışı veri haberleşmesi için yeni arabirimler (interface) oluşturulmalıdır. İş süreçleri değiştirilmeli veya yenilenmelidir. Ayırıştırma ile tüm piyasa katılımcıları için ayrımcı olmayan şekilde (without discrimination) veri sağlanması gerekir. Bu da yeni piyasa katılımcılarının formatları ve arabirimlerinin de kullanılmasını gerektirir. Diğer bir deyişle BT ortamı önemli oranda değiştirilir.

Bu faktörlere dayanarak süreçlerin, BT sistemlerinin ve çalışanların entegrasyonu için aşağıda çözüm önerileri sunulmaktadır. Örnekler elektrik sektöründen verilmiş de olsa çözümler doğal gaz ve su dağıtım firmaları için de geçerlidir.

3.4. Yapısal Açıdan Entegrasyon

Enerji dağıtım şirketlerinin şebeke işletilmesi, arıza yönetimi, şebeke planlaması, inşaat, bakım, müşteri ilişkileri yönetimi, kurumsal işlemler, enerji ticareti, dokümantasyon gibi birçok temel görevleri vardır. Bu görevler geniş bağlamda varlık yönetimi (asset management) çerçevesinde yapılır.



Şekil 16. Süreç ve BT sistemleriyle varlık yönetimi (asset management)

Enerji firmalarının günümüzde içinde bulundukları kompleks ortam entegre süreç çözümleri gerektirir (işgücü yönetimi, periyodik bakım, hasar müdahale ve onarım, revizyon, istasyon devreye alma, kaçak arama, kazı, ihbar yönetimi, sayaç sökme takma, kalibrasyon, faturalama, dokümantasyon, maliyetlendirme, planlama, bütçeleme, müşteri işleri gibi). Yapılacak işin içeriğine göre değişik BT sistemleri kullanılır. Bunların bazılarının geliştirilmesi firma içinde yapılmış olabileceği gibi, değişik amaçlar için satın alınmış sistemler de olabilir. Bu süreçlerin yapılmasında firma içinde değişik birimler ve çalışanlar görev alırlar (bölge müdürlükleri, şeflikler, bilgi teknolojileri, işletme ve bakım, tesis, müşteriler, muhasebe, tarifeler, satın alma, teknik emniyet, planlama ve yatırım, proje, malzeme yönetim, kalite, makine ikmal, personel, hukuk gibi)

İşletme stratejisinde başarının anahtarı yatırım getirisi (ROI) incelemesine dayanan titiz bir süreç analizidir. Ancak bu şekilde kararlar alınabilir ve uygun entegrasyon çözümleri planlanabilir. Bunun için iş süreçlerinin tam ve doğru tanımlanması, ayrıca optimizasyonu gereklidir. Süreç odaklı (process oriented) entegrasyon yapılabilmesi için günümüzde EAI-Sistemleri (Enterprise Application Integration) kullanılır.

3.4.2. BT Sistemleri

Süreçlerin optimizasyonundan sonra analiz yapılarak mevcut BT sistemlerinin entegrasyon ihtiyaçlarını, işletmenin ihtiyacı olan ve kurulması gereken yeni BT sistemlerini, bu sistem ile entegre çalışma yeteneği olmayan mevcut BT sistemlerini belirleyerek ve gerekiyorsa bu sistemlerin yerini alabilecek alternatif sistemlerin önerildiği bir çalışma yapılmalıdır. Böylece entegrasyon projesi yapımı için kapsam, süre ve maliyet öngörülerini bulunur.

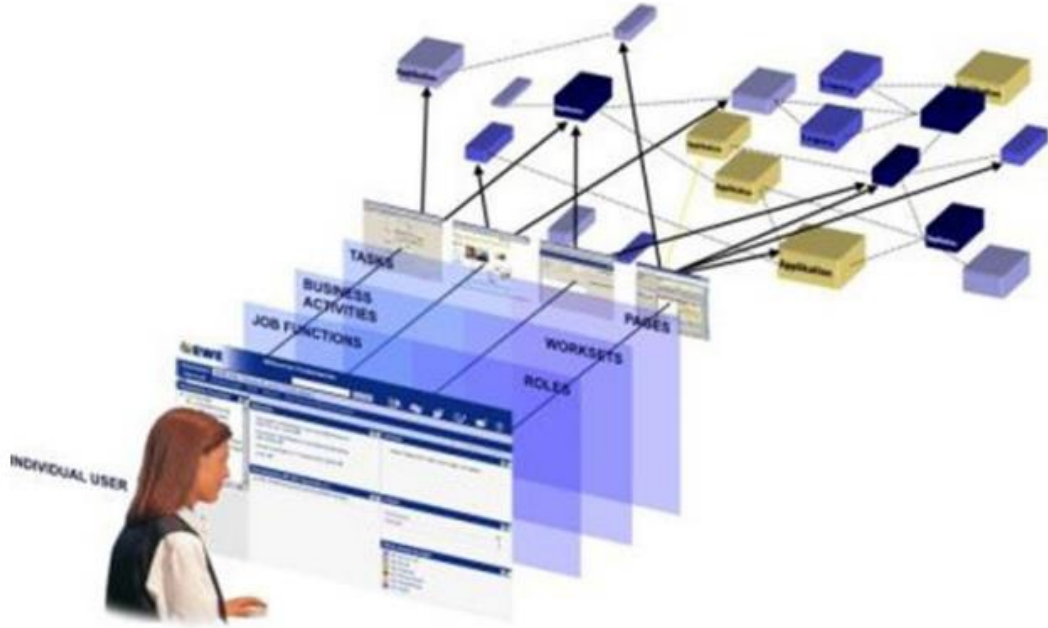
Enerji Dağıtım firmalarında bulunan bazı temel BT sistemleri:

- * ERP-Enterprise Ressource Planning (Kurumsal Kaynak Planlama)
- * CRM-Customer Relationship Management (Müşteri İlişkileri Yönetimi)
- * A&B-Accounting & Billing (Muhasebe ve Faturalama)
- * SCADA-Supervisory Control and Data Acquisition
- * GIS-Geographic Information System (CBS-Coğrafi Bilgi Sistemi)
- * WFM-Workforce Management System (İşgücü Yönetim Sistemi)
- * EDM-Energy Data Management (Enerji Veri Yönetimi)
- * ECM-Enterprise Content Management (Kurumsal İçerik Yönetimi)
- * BDW-Business Data Warehouse (İş Veri Ambarı)

Firmadaki BT sistemleri değişik amaçlar için etkileşimde bulunurlar. CBS sistemlerinin verileri hem SCADA hem de sözleşme sistemlerinde kullanılır. Aktüel yük tahminleri hem şebekedeki anahtarlama durumuna hem de olası ikili veya borsa üzerinden satın almalara etki eder. Hukuksal değişikliklerden dolayı hem firma içindeki hem de dışındaki sistemlerle veri alışverişı ihtiyacı artar. Bu yükselen veri akışı ve hacmi sistemler arasında adaptörler ile yapılan bağlantıların sınırlarını zorlar.

3.4.3. Kullanıcılar

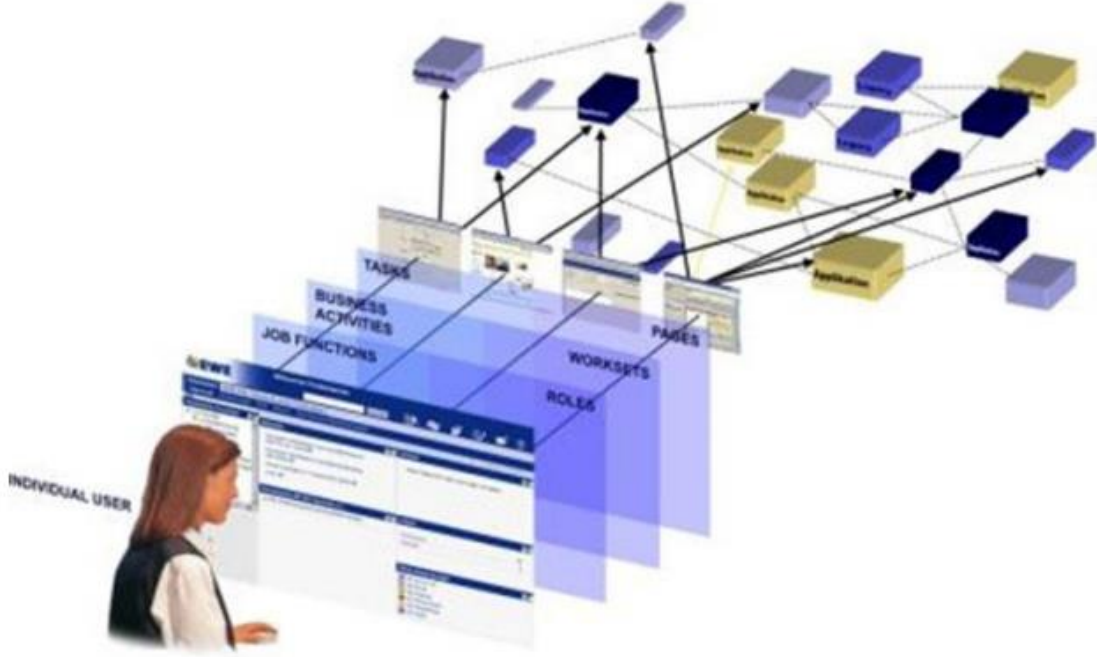
Süreçler ve sistemlerden sonraki boyut ise çalışanları ve firmanın ilgili birimlerini kapsar. Firma içindeki farklı bölümlerin günlük iş ihtiyaçları nedeniyle ilgili süreçlere değişik oranlarda katılması ve bunun için değişik teknik ve BT uygulamaları kullanmaları gerekmektedir. Genel olarak bu sistemler ortak bir çalışma yaklaşımı için uygun değildir. Bu da kullanıcı ve iş süreçlerinin yavaşlamasına, ayrıca pahalı bir çözüm geliştirme ve bakım sürecine yol açar. Şirket içinde ve dışında etkisiz iletişime sebep olur, içerik ve kullanıcı bilgileri için yetersiz arama yöntemleri maliyeti arttırır, verimliliği azaltır ve kullanıcı verileri için risk faktörünü yükseltir. Kullanıcılar için durum şöyle tarif edilebilir: Sadece bir iş için gerekli bilgiler farklı BT sistemlerinden geliyor. Farklı sistemler için tekrar oturum açma (log-in) gerekmektedir. Farklı kullanıcı arabirimleri (uygulamaya bağlı olarak) ve uygulamalarda farklı mantık yapısı vardır. İşlemler birçok kullanıcı için çok karmaşıktır. Güvenlik nedeniyle dışarıdan erişim mümkün değildir. Dosya sistemleri, intranet, e-postalar vs. deki bilgi akışı artar (Şekil 18).



Şekil 18. Kullanıcının birçok sistemi kullanması

Bu sorunlar kurumsal portallar ile çözülebilir. Bir portal kullanıcı için bir entegrasyon platformu kurar ve şu temel kullanıcı gereksinimlerini birleştirir: Tüm bilgi ve uygulamalar için merkezi bir erişim noktası oluşturur. Şifre sayısının azaltılması ya da giriş işlerinin azalmasını sağlar. Kullanıcıya göre içerik sunulması kolaylaşır. İçeriği kişiselleştirme imkânı doğar. En önemli bilgilere birkaç tıklama ile ulaşılabilir. İş iletişimi ve işbirliği geliştirilir.

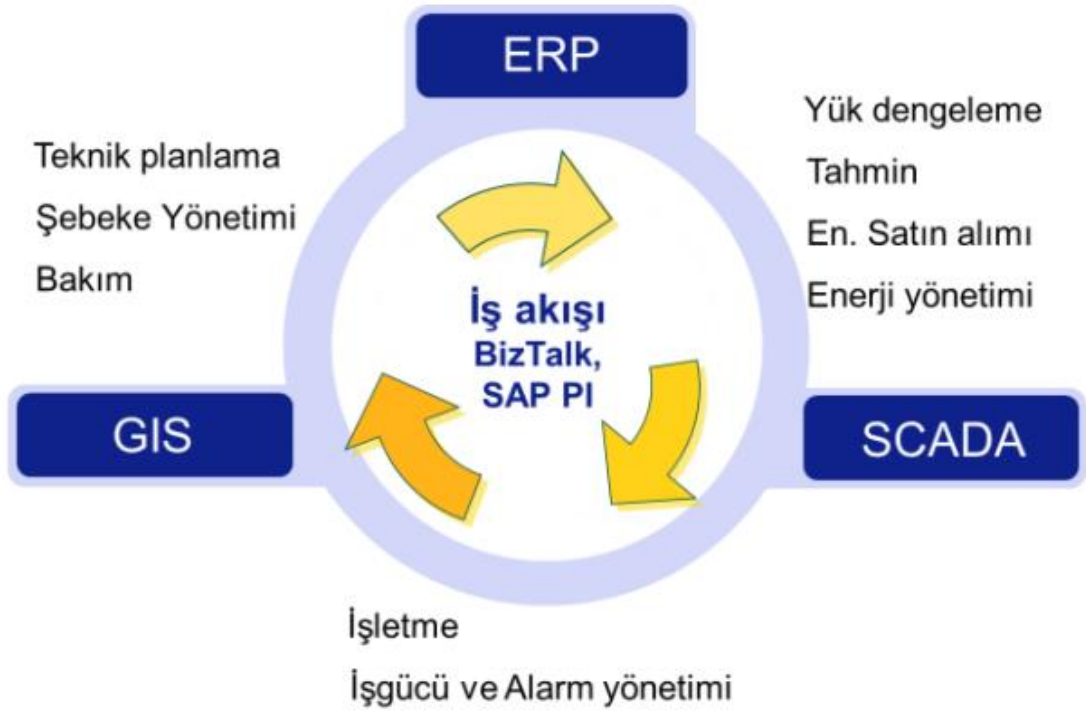
Süreç akışını kontrol etmenin yanı sıra ek olarak çalışanlar tarafından BT sistemlerinin kullanımı için yeni yollar gereklidir. Uygulama değil sistem tekniği açısından nereden geldiğine bakılmaksızın her bir süreç adımı için gerekli bilginin toplaması ön plandadır. Portaller süreç odaklı olarak bilgileri birleştirirler ve çalışanlar için sisteme girişi düzenlerler (single sign-on). Çalışanlar herhangi bir özel BT bilgisine sahip olmadan kendi işine odaklanırlar.



Şekil 19. Portal ile kullanıcının tek bir sistemi kullanması

3.4.4. Süreç - Sistem Entegrasyonu

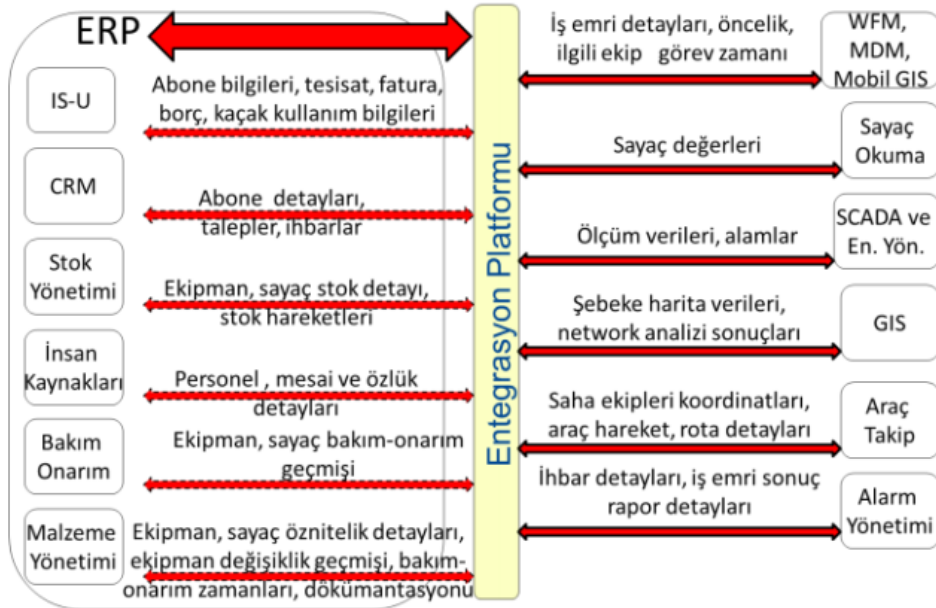
Enerji yönetiminde en sık karşılaşılan sistemlere dayanan bir örnek verilecek olursa, tüm alt yapı şebekesi işletmecilerinde (Elektrik, doğal gaz, su, merkezi ısıtma) SCADA, ERP ve GIS sistemleri kullanılmaktadır. Bunların kullanıldığı süreçlere bakacak olursak (firmadan firmaya değişiklik gösterebilse de) genellikle ERP ve GIS sistemleri teknik planlama, şebeke yönetimi ve bakım süreçlerinde kullanılırlar. ERP ve SCADA sistemleri yük dengeleme, tahmin, optimizasyon, enerji satın alımı, enerji yönetimi gibi süreçleri destekleyen sistemlerdir. CBS ve SCADA sistemleri ise işletme, iş gücü ve alarm yönetimi gibi süreçlerde kullanılırlar.



Şekil 20. Örnek Süreç – Sistem Entegrasyonu

3.4.5. Entegrasyonda BT sistemleri arası veri akışı

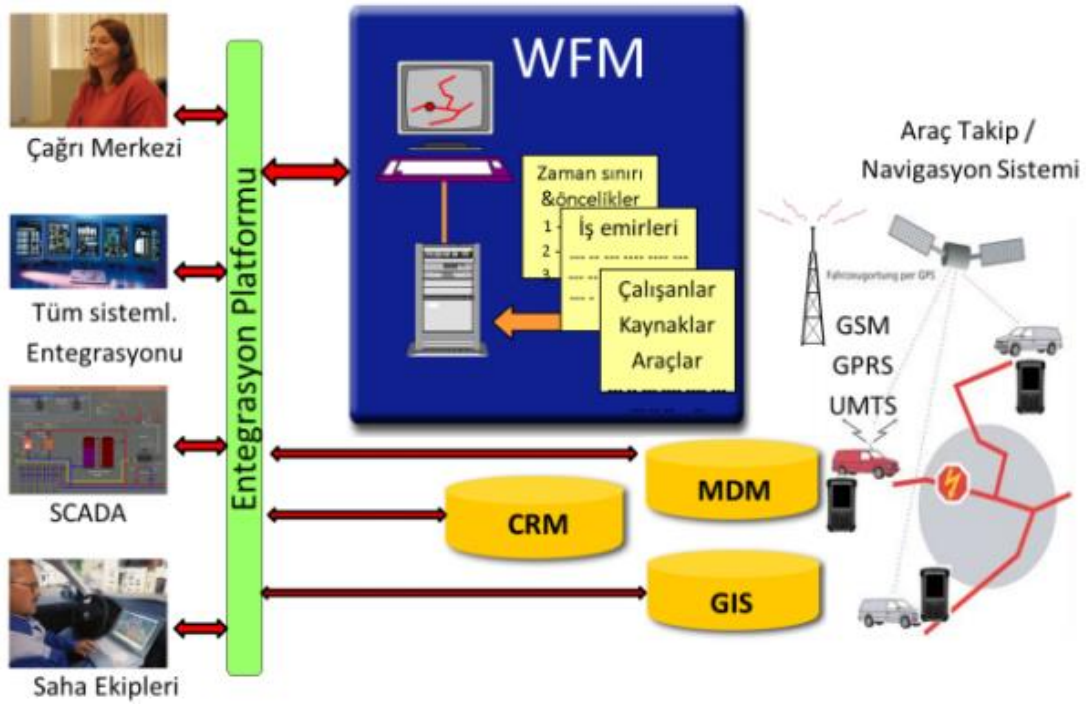
Aşağıdaki şekilde şebeke işletmesinde otomasyon amacıyla kullanılabilecek sistemler ve bileşenler arası örnek bir veri alışverişi gösterilmiştir



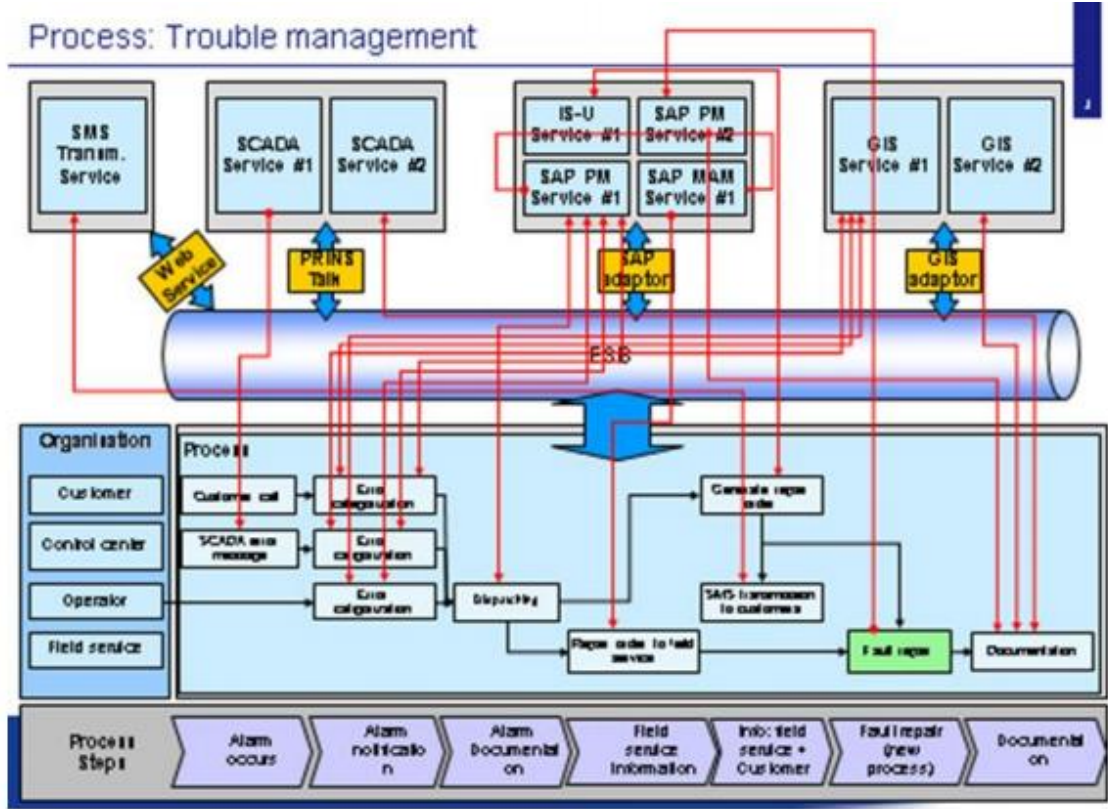
Şekil 21. Sistemler Arası Veri Akışı

3.4.6. İş gücü yönetimi ve arıza giderimi için entegrasyon örneği

Aşağıdaki resimde iş gücü yönetimi ve arıza giderimi sürecine katılan BT sistemleri ve sürecin adımları, firmanın ilgili birimleri, kullanılan sistemler ve sistemler ile süreçler arasındaki ilişki şematik olarak gösterilmektedir



Şekil 22. İş Gücü Yönetimi



Şekil 23. Arıza giderme süreci

Arıza gidermenin etkili bir şekilde uygulanması için farklı sistemlerdeki bilgiler kullanılmalıdır. Aşağıdaki liste sistemleri kısaca açıklar:

- SCADA: Topolojik bağlantı ve şematik olarak orta gerilim seviyesinin enerji durumunu gösterir. Telemetri ile bağlı olan şebeke elemanları (şalt tesisi/trafo istasyonu) izlenebilir ve cihazın türüne göre uzaktan kontrol dileyebilir.
- Coğrafi Bilgi Sistemi-CBS (Geographic Information System- GIS): Tüm şebeke elemanlarının dokümantasyonu ve konumlarının gösterilmesini sağlar. Mekansal analizler ile ağ izleme ve kesişme gibi, detaylı bilgi temin edilebilir

- Kurumsal Kaynak Planlama Sistemi (Enterprise Resource Planning-ERP): ERP sistemi, malzeme tipi, kesiti gibi tüm şebeke nesnelerinin ticari ya da benzer diğer bilgileri içerir Aynı zamanda arıza raporlama için de kullanılabilir.
- Kesinti Yönetim Sistemi (Outage Management System - OMS) Arıza verilerini, kesinti bildirimlerini ve arıza ilişkili nesneleri, nöbetleri ve ekipleri yönetmek için kullanılır. Aynı zamanda arıza istatistikleri için de kullanılabilir.
- Kurumsal Hizmet Yolu (Enterprise Service Bus-ESB): ESB süreçler ve sistemler arasında mesajları işler ve iletir.

Şebeke operatörünün sistem mimarisine bağlı olarak ERP diğer modüller ile beraber OMS fonksiyonunu yerine getirebilir. Bu nedenle resimlerde OMS ve ERP bir blok olarak gösterilmiştir.

3.4.7. Bakım için Entegrasyon örneği

Bakım (maintenance); teknik sistemler, bileşenler, cihazlar ve ekipmanların fonksiyonel durumunun korunmasını veya arızadan sonra bu fonksiyonların tekrar oluşturulmasını sağlamalıdır.

Enerji firmalarında Almanya’da sıkça karşılaşılan bir durum olan ve Türkiye’de de benzeri yapılanmalarda yaşanacak bir entegrasyon örneği şu şekilde verilebilir: Firmadaki CBS (GIS) bölümü bir CBS istemciyi (client) veri toplama, veri yönetimi ve analizi için kullanılıyor. Şebekenin bakımı ve işletilmesinden sorumlu olan bakım bölümü SAP iş uygulaması ile doğrudan çalışıyor. Faturalandırma ve müşteri yönetimi CRM ve SAP IS-U ile çalışıyor.

Firmada bir kişi bir tedarik bölgesinden sorumludur. Bu kişi günlük işlerini yapabilmesi için SAP, CRM ve CBS’den gelen bilgilere ihtiyaç duyar.

Durum: Elektrik arıza bildirimi: Bir bölgede kesintisi var (veya doğal gaz arıza bildirimi: Bir binada gaz kokusu var)

Klasik prosedür:

- 1.CBS sisteminden manüel bilgi edinme (teknik bilgiler, evre, bina bilgilerini, adres, anahtarlama durumu, vb.) Belki de planlar firmada yalnızca kâğıt şeklinde olabilir.
- 2.CBS’den gelen teknik bilgi ve nesne bilgilerine dayanarak doğrudan SAP/PM ve SAP/MM sistemi aracılığıyla manuel iş planlama süreci ve iş dağıtımı (disposition).
- 3.CRM aracılığıyla etkilenen müşterilere/nesnelere ait bilgiler (adres bilgileri CBS ve muhasebe/faturalama sisteminden, örneğın SAP / IS-U)
- 4.Bakım yerinde gerekli işlerin yapılması.
- 5.İşler hakkında kâğıt bir protokol oluşturulması (form doldurma)
- 6.Protokolün SAP, GIS, CRM, vb. sistemlerde elle girilmesi.
- 7.İşın SAP’de kaydedilmesi.
- 8.Depo yönetimi, malzeme ısmarlamasının takibi.
- 9.Revize edilmiş teknik nesne bilgilerine göre protokol verilerinin CBS’de işlenmesi

Teknik bilgiler için CBS bölümüne, adres ve irtibat kurulacak kişiler gibi müşteri ve nesne bilgileri için faturalama bölümüne sorulması ile gerekli bilgiler elde edilir. Planlama, iş dağıtımı (disposition) ve faturalama doğrudan SAP istemcide (client) yapılır. Bu durumda lisans ücretleri ile üç istemcili (client) üç sistem ve ilgili firma bölümleri söz konusu olur.

Yeni prosedür:

Yeni bir entegre uygulama (client) tanımlanır. Bu uygulama arıza gidermek için tüm bilgileri ve iş adımlarını bir çözümde entegre bir şekilde gerçekleştirir. Sadece “Bir bölgede elektrik kesintisi var (veya bir binada gaz kokusu var)” süreci ile ilgili gerçekten gereken fonksiyonlar ve veriler SAP, CRM ve GIS sistemlerinden alınır ve bir iş akışında (workflow) işlenir.

Değiştirilmiş (modifiye edilmiş) iş akışı şöyle görünür:

- 1.“Bir bölgede elektrik kesintisi var (veya bir binada gaz kokusu var)” mesajı çağrı merkezi tarafından alınır.
- 2.Çağrı merkezi bakım bölümüne bir iş gönderir.
- 3.Önceden tanımlanmış iş akışı başlatılır, gereken veriler ve bilgiler otomatik olarak teknik sistemlerden alınır ve sorumlu kişi için hazırlanıp sunulur.
- 4.İş hazırlığı, etkilenen nesnelerin bilgileri (müşteriler, sahipler, yöneticiler), iş dağıtımı (disposition), malzeme satın alma vb. iş akışında tanımlanır ve otomatik olarak yapılır. Kullanılmış olan malzemeler otomatik olarak düşülür.

5.Bakım birimi çalışanları hazırlanmış ve mevcut veriler ile, bir araya getirilmiş yedek parçalar ile gecikme olmaksızın ve verimli bir şekilde bakım yerinde işe başlayabilir.

6.İş bitince maliyet, kullanılmış veya değiştirilmiş parçalar vb. gibi bilgileri içeren bir çalışma protokolü iş akışına göre elektronik olarak gerekirse bakım yerinde oluşturulur ve akabinde iş akışına kaydedilir. Yeni nesneler ile faturalama ve depo için gerekli bilgiler ilgili sistemlere aktarılır ve bu sistemlerde işlenip kullanılır.

Bu yapının avantajları açıktır ve kolayca anlaşılır:

- Karmaşıklığın azaltılması.
- Kullanıcıların CBS, SAP, CRM gibi çeşitli kaynak sistemlerinde eğitimi gerekmez, kendi görevlerine konsantre olabilirler.
- Verimlilik artması: Süreçler entegrasyon ile optimum desteklenir ve böylece nitelik ve nicelik açısından iyileştirilir.
- Muhasebe, CBS birimi, vb. gibi birbirine yakın bölümlerin yükünün azalması ile ciddi miktarda yönetsel işlerden tasarruf edilir.
- Uyumluluk (compatibility) ve Esneklik: Gerekli süreç ayarlamalarında veya görevlerin genişletilmesinde, bu uygulamalar nispeten hızlı bir şekilde adapte edilebilir.

3.5. Teknik Açıdan Entegrasyon

Bir önceki bölümde akıllı şebekelerde entegrasyon yapısal açıdan irdelenmişti. Bu bölümde ise entegrasyon teknik açıdan ele alınacaktır. Liberal sistemlerde her potansiyel piyasa katılımcısı işlem yapmak için küçük bir çabayla ve eşit haklarla gerekli bilgiye erişebilir olmalıdır.

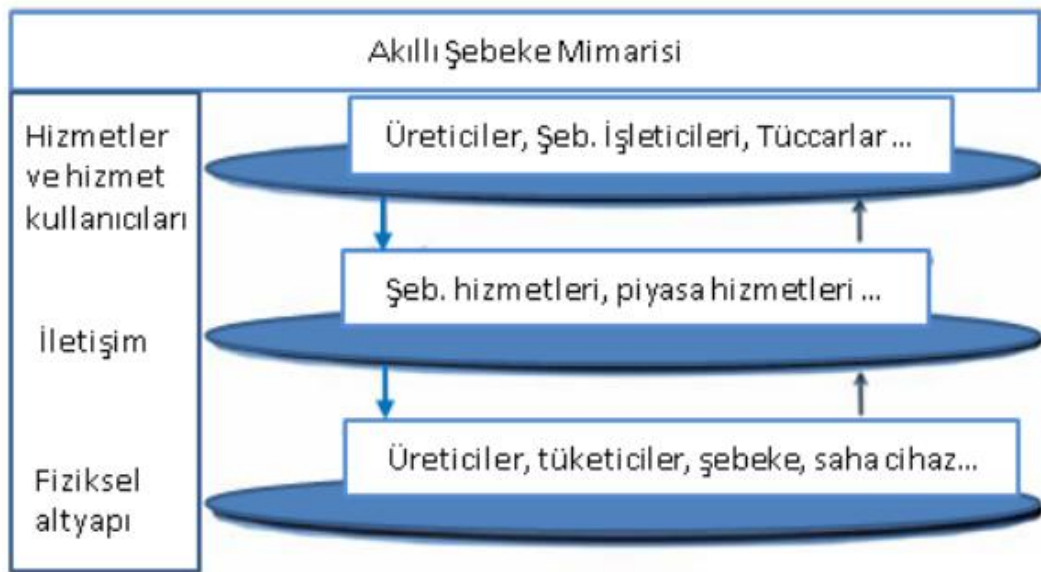
3.5.1. Akıllı Şebeke Mimarisi

Akıllı şebeke mimarisi katmanlı bir model ile tarif edilebilir. Bu amaçla, ilk olarak otomasyon ve enerji tedarigi için fiziksel altyapı katmanı, iletişim katmanı, hizmetler (sanal dünya) ve hizmet kullanıcılarının tabakası (gerçek kişi) katmanı ayırt edilir.

Fiziksel katman enerji tedarigi için gereken tüm teknik sistemlerin yanı sıra kontrol ve otomasyonu da içerir.

İletişim tabakası akıllı şebeke çalışması için gerekli olan iletişim araçlarını içerir ve fiziksel katmana erişerek standartlaştırılmış haberleşme protokolleri yardımı ile bileşenlerin kontrolünü sağlar.

Hizmetler tabakası yazılım hizmetlerini içerir. Böylece, akıllı şebeke farklı yazılım kullanımı ile kontrol edilebilir. Son seviye olan hizmet kullanıcısı gerçek kişiler veya şirketlerden oluşur. Bunların hizmetlere erişimi vardır ve bu nedenle Smart Grid çerçevesinde ticari olarak aktif olabilirler ya da yeni iş modelleri sunabilirler. Bu tabakalar ayrıca alt gruplara da ayrılabilir.



Şekil 24. Bir akıllı şebeke mimarisine üç katman halinde genel bakış.

3.5.2. Enerji sektöründe yaygın standartlar

Bu konu teknik ve ticari açıdan değerlendirilebilir. Teknik seviye sahada jeneratörler, transformatörler, hatların kontrolü, iletişimi ve işletilmesi ile kontrol merkezinin işletilmesinden oluşur. Bu seviye Common Information Model CIM (IEC 61968/61970) gibi endüstriyel haberleşme ve veri modeli standartlarına veya saha haberleşme standartlarına IEC 61850 dayanır. Aksi takdirde farklı üreticilerin cihazlarını, bir çok protokolleri ve ara yüzleri karşılıklı uyarılama olmadan birbiri ile bağlamak veya birbirlerine paralel kullanmak pek mümkün olmaz. Teknik tesisler alanında ekipman standardizasyonu ve birlikte çalışabilirliği uzun bir süredir uygulanmaktadır.

Şebeke teknik katmanına ek olarak bir de ticari BT yapılanması vardır. Ticari taraf da liberalleşme ve deregulasyonla teknik taraf gibi önemli bir şekilde değiştirildi. Artık enerji tedarik, dağıtım ve faturalandırma koordinasyonu için piyasa katılımcıları arasında daha çok bilgi alışverişi gereklidir. Bunlar aralarında standartlaştırılmış mesaj alışverişi yaparlar. Örneğin Almanya’da iki piyasa katılımcısı son tüketicilerin tedariklerinde müşteri veya sözleşme bilgilerini kendi aralarında alıp veriyorlarsa uzun süredir EDIFACT standardı kullanılır. Örnek süreçler şunlar olabilir: Tedarikçi değişimi, tedarik başlangıcı, tedarik sonu, yedek tedarik, sayaç durumu, sayaç değeri iletimi, ana veri değişimi, iş verisi sorgulama ve şebeke kullanımı faturalaması gibi.

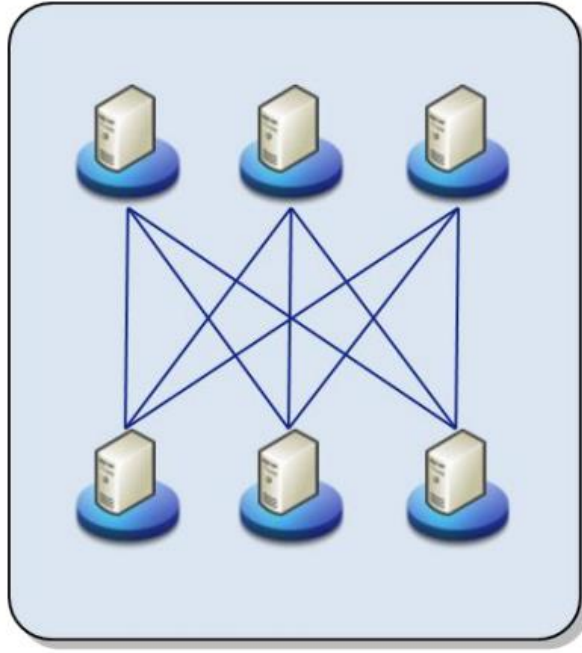
Bunun dışında bir çok veri formatları tanımlanmıştır (mesela MSCONS) ama Almanya’da zaman serisi ve sayaç verilerinin değişimi için bu format sayısının üç haneli olduğu tahmin edilmektedir.. Bu yüzden çok sayıda şebekeye enerji veren tedarikçiler müşterileri için sık sık tüm gerekli formatları işlemek için bir sürü çaba sarf ederler.. Lakin de-facto Standartlar yeterli olmadığından enerji tedarik firmaları için bu konuda standart sıkıntıları vardır.

3.5.3. Entegrasyon metotları ve teknolojileri

Önceki bölümlerde de anlatıldığı gibi enerji firmalarında ticari ve teknik BT sistemlerinden oluşan heterojen bir sistem manzarası vardır. Günlük işlerin yapılabilmesi için bu iç sistemlerin yanı sıra firma dışından da hizmet sağlanması gerekir. Örneğin enerji tedariki ve talebi hava durumuna bağlı olarak da değişebildiğinden, belli bir bölgedeki enerji talep hesabı için harici bir firmadan hava durumu tahmini hizmetine ihtiyaç duyulur. Bu süreçte sistemler arasında yakın bir ilişki vardır. (örneğin hava durumu tahmini, rüzgar tahmini ve şebeke kararlılığı). Rüzgar gücü tahmini hava verilerine bağlı olarak bir bölge veya bir rüzgar parkı için rüzgar enerjisinden elektrik üretim tahmini hizmetini sunar. Şebeke kararlılığını hesaplayan sistem de bu rüzgardan elektrik enerjisi üretimi tahmini verilerine göre şebeke kararlılığında sorun olup olmadığını hesaplar. Benzeri şekilde ERP, SCADA, CBS, CRM, EDM, WFM gibi sistemler arasındaki birlikte çalışmaya dair bir çok örnek vermek mümkündür. Yıllar içinde BT sistemlerinin entegrasyonunda iki ana metot öne çıkmıştır

3.5.3.1. Noktadan Noktaya Entegrasyon

En eski uygulama BT Sistemlerinin birbirleriyle doğrudan bağlanmasına izin verecek noktadan noktaya entegrasyon yöntemidir. Burada sistemler sürecin gereksinimine göre direkt olarak bir biri ile entegre edilir.



Şekil 25. Noktadan Noktaya Entegrasyon

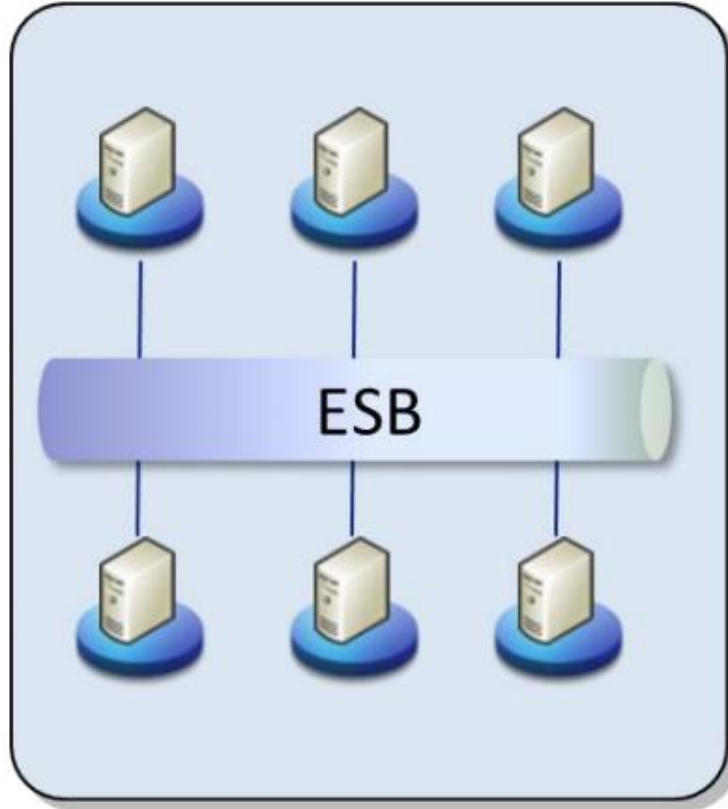
Avantajları: En önemli avantajı hızlı uygulanmasıdır, genellikle iyi bir bağlanma performansı vardır. Dezavantajları: Bu olasılık, ancak, sadece birkaç komponentin bağlanmasında kullanılmalıdır. Bunun nedenleri açıktır. Komponentlerin arasındaki statik bağlantı nedeniyle tüm sistem esnek değildir, gereksiz yere karmaşık ve bakımı zordur. Interface programlamalarında genellikle değişik programlama dilleri kullanılmıştır. Sistem değişimi veya upgrade söz konusu olduğunda uyarlamada büyük zorluklara yol açarlar. Bu tür mimariler çoğunlukla küçük başlar, generik olarak büyürler ve zamanla yönetilmeleri ekonomik olmaz. İzole, geçici, az arabirimin gerektiği kısmi çözümlerde kullanılırlar.

3.5.3.2. SOA Tabanlı Süreç ve Sistem Entegrasyonu

Entegrasyon için bir altyapı sağlayan bir entegrasyon platformu sayesinde noktadan noktaya entegrasyondaki "interface kaosu" aşılabılır (EAI: Enterprise Application Integration Platform). Entegrasyon araçlarının sundukları çeşitli imkanlar entegrasyon işini kalıcı olarak basitleştirmek için kesin bir çare sunmazlar. Bu yüzden zamanla platform bazında da noktadan noktaya yapılanmanın yeniden

kurulması riski vardır. Bu dezavantajlar bir mimari konseptin kullanılmasıyla önlenebilir Servis Odaklı Mimari-Service Oriented Architectur (SOA). Servis odaklı mimariler dağıtık bir ortamda heterojen uygulamaların entegrasyonu ile ilgili sorunları çözmek için bir yol sunarlar.

Bu mimari yaklaşımın arkasındaki temel fikir ESB (Enterprise Service Bus- Kurumsal Hizmet Yolu) üzerinde servisler adı verilen çeşitli yazılım bileşenlerini kullanmaktır. Bir sistemin genel formüle edilmiş ara birimler üzerinden bir ya da daha fazla sistemlere bir fonksiyonalityi sunması servis (hizmet) olarak tanımlanır. Servisler mevcut eski uygulamalar veya yeni geliştirilen yazılım bileşenlerince sunulabilir. Bu servislerin her biri bir (alt-) görevin yürütülmesinden sorumludur. Tüm sistemler ve servisler birlikte ihtiyaç duyulan fonksiyonelliği kapsarlar.



Şekil 26. SOA tabanlı süreç ve sistem entegrasyonu

Bu prensip sayesinde, genel işlevselliği kapsayan yeni bir karmaşık yazılım geliştirmeye gerek kalmaz. Benzer şekilde mevcut sistem ortamı kalır. Tüm uygulamaların 24 saat kesintisiz çalışması gerektiği enerji dağıtım firmaları için bu çok önemlidir. Bunun dışında firmadaki tüm sistemler için tek bir entegrasyon platformu kullanmak yerine amaca göre değişik sistem bölgeleri (teknik, ticari) veya süreçler için ayrı platformlara dayanan farklı EAI çözümleri uygulanabilir (Microsoft BizTalk, SAP PI, IBM WebSphere, Tibco, webMethods, vs.).

Avantajları: Back End arabirimleri (kaynak sistem verileri) genellikle standartlaşmıştır ve ticari olarak mevcuttur. Bütün yapının karmaşıklığı önemli ölçüde azalır, böylece sistem ve iş süreci değişiklikleri ile ilgili iyi bir uyum sağlanır. Yatay ölçeklenebilirlik (Performans), dikey ölçeklenebilirlik (Ara birimlerin sayısı) mümkündür. Merkezi yönetim imkânı ile (Single Point of Administration) işlemler (transaktion) ve iş akışları (workflow) merkezi olarak yönetilir. Dezavantajlar: Böyle mimarilerin kurulması genellikle nispeten pahalıdır ve çoğunlukla genel operasyonel çerçevede ve yeni stratejilerin uygulanmasında yapılırlar.

3.5.4. Entegrasyon katmanları

Entegrasyonun hedefi firma içinde, tedarik zincirleri boyunca ve firma ile diğer aktörler arasında (kamu yönetimi, özel müşteriler vs.) iş süreçlerinin olabildiğince otomasyonu ve optimizasyonudur. Böyle projeler bir çok teknolojiye özel entegrasyon araçları vasıtasıyla desteklenir. Bu entegrasyon araçları kısmen benzer özelliklere sahiptirler. Pratikte sıklıkla bu teknolojilerin kuvvetli ve zayıf yönlerinin nerede olduğu ve bunların hangilerinin eldeki somut entegrasyon problemine uygun olduğu sorusuna yanıt aranır. Uygun olan teknolojilerin belirlenmesinde dikkate alınan entegrasyon senaryosunun özellikleri incelenir. Bu bağlamda enerji firmalarındaki entegrasyonlarda aşağıdaki entegrasyon katmanlar söz konusudur:

3.5.4.1. Veri Entegrasyonu

Firma verilerinin entegrasyonunun hedefi entegre edilecek operatif sistemler için veri tabanları arası tutarlılığın sağlanması ve/veya işletmede analiz veya raporlama için merkezi veri oluşturulmasıdır. Zorluk mevcut uygulamalardaki verilerinin bir merkezi veri tabanı ile tutarlılığının sağlanmasındadır.

Veri entegrasyonun gerekli olduğu durumlar:

- Hedef sistemde import edilmiş verilerin değiştirilmesi veya adapte edilmesi gerekiyorsa, örneğin SCADA sisteminde coğrafi referanslamalı geçici şebeke elemanı eklemeleri (temporary network elements-provisorien)
- Veri modelinin belirli konu alanlarına yönelik (subject specific-fachspezifisch), aktüel ve tutarlı olması gerekiyorsa, örneğin SCADA sistemleri için elektrik topolojisi
- Performans nedeniyle

3.5.4.2. Uygulama Entegrasyonu (Fonksiyonel Enteg.)

Entegre edilecek uygulamanın var olan fonksiyonalitesinin belli kısımları tekrar kullanılması gerekiyorsa uygulama entegrasyonu yapılır (fonksiyonel entegrasyon). Fonksiyonel entegrasyonda entegre edilmiş sistemler diğer sistemler tarafından kullanılabilen servisler (hizmetler) sunarlar.

Sistemler arasında haberleşme senkron veya asenkron olabilir. Uygulama serverleri (application server) dağınık komponent instansları arasında haber iletirler ve birlikte çalışmayı koordine ederler. Bu sorun iletilecek mesajları kaynak formatından hedef formata çeviren ve gerekli protokol transformasyonunu yapan EAI platformları

tarafından çözümlenir. EAI platformlarında standart uygulama sistemleri için çeşitli adaptörler vardır ve ayrıca bireysel uygulama adaptörleri uygulanması için ek mekanizmalar sunarlar.

Fonksiyonel entegrasyonun gerekli olduğu durumlar:

- Bir uygulama (servis) kullanılması gerektiğinde, örneğin sadece şebeke hesaplamasının neticesine ihtiyaç varsa
- Uygulamalar ilişkilendirilmek veya bir sisteme entegre edilmek isteniyorsa

3.5.4.3. Süreç Entegrasyonu

Süreç Entegrasyonunun amacı firmadaki iş süreçlerinin otomasyonudur. İş süreçleri arka arkaya, paralel veya sadece belli şartlarda yapılan manuel veya otomatik aktiviteler olarak tanımlanır. Otomatik aktiviteler kullanıcı etkileşimi olmaksızın bir uygulama sistemi tarafından yapılır. Manuel aktivitelerde kullanıcının müdahalesi gerekir. Bunlar bir maskede verilerin kontrol edilmesi veya bir telefon görüşmesi yapılması şeklinde olabilir. Entegrasyonda kullanıcı katılımını sağlayan imkanlar olmalıdır. İş süreçleri çerçevesinde sıklıkla bir birine bağlı kısmi transaksionlardan oluşan uzun süren başka transaksionlar gerçekleşmelidir. Süreç entegrasyonunda genelde aktivite akışına paralel olarak iş sürecinde veri ve dokümanların akışının da desteklenmesi gerekir. Süreç entegrasyonu uygulamaların uzun bir zaman süresince koordine edilmesi gerekiyorsa kullanılır.

3.5.4.4. GUI Entegrasyonu

GUI entegrasyonu veri iletimi olmadan değişik sistemlerden bilgilerin gösterilmesi için kullanılır, örneğin portal çözümleri. Başarılı bir GUI entegrasyonu için işletme mantığı ile kullanım arabirimlerinin temiz bir şekilde ayrılması önemlidir.

Projelerdeki şartlara göre değişmekle birlikte farklı entegrasyon katmanları için BTC’de aşığıdaki yöntemler kullanılmaktadır:

- Veri entegrasyonu: CIM Adapter
- Fonksiyonel entegrasyon: CIM Applikation server
- Süreç entegrasyonu: CIM ESB
- GUI entegrasyonu: CIM Web Service

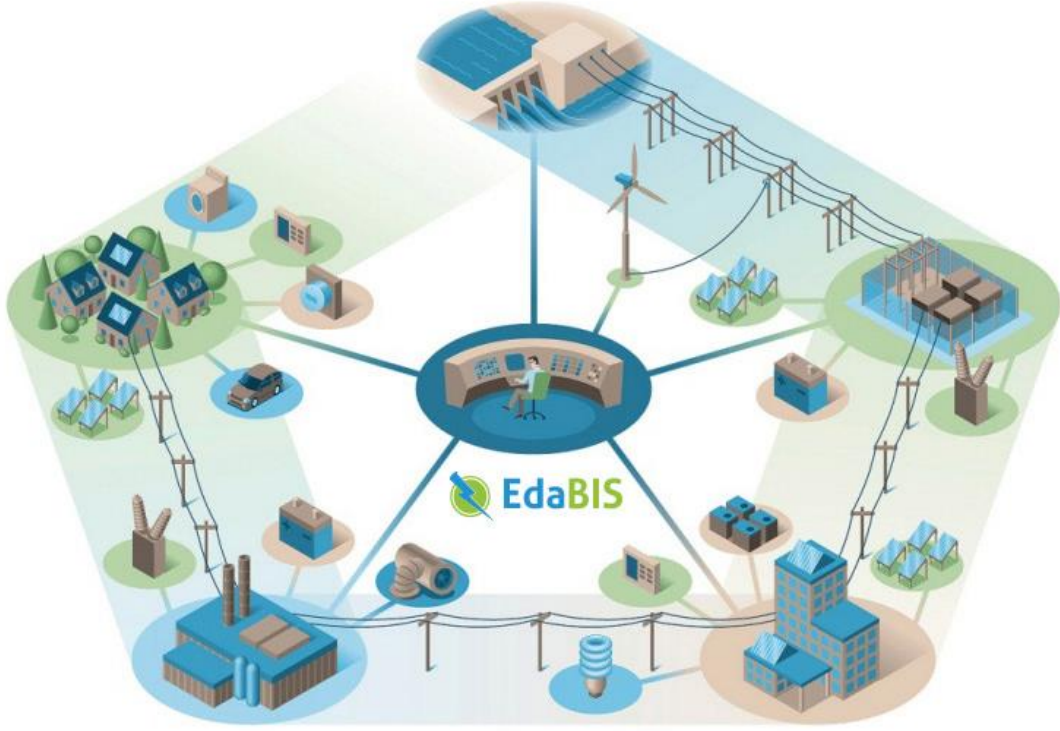
Bahsedilen yöntemler hakkında muhakkak daha detaylı konuşulabilir. Öte yandan bazı ürünler güçlü ve zayıf yönleri ile ortalamadan önemli ölçüde farklı olabilirler. Ayrıca bazı teknolojilerdeki hızlı gelişmelerden dolayı (örneğin SOA) yapılan değerlendirmelerin belli aralıklarla gözden geçirilmesi uygun olacaktır.

BÖLÜM 4

4.AKILLI DAĞITIM OTOMASYONU SİSTEMİ

Son yıllarda elektrik enerjisi endüstrisi yenilenebilir enerji kaynaklarının daha yoğun kullanımı, elektrik üretim, iletim ve dağıtım sistemlerinin verimliliğinin artırılmasını hedefleyen köklü değişikliklere sahne olmaktadır. Bu değişiklikleri motive eden etkenler, gelişmekte olan ülkelerin katlanarak artan enerji ihtiyacı, enerji üretim tesislerinin olumsuz çevresel etkileri ve azalmakta olan enerji kaynaklarıdır. İletim hatlarındaki yüksek gerilim, indirici merkezlerde orta gerilim seviyesine düşürülür ve dağıtım sistemi üzerinden son kullanıcıya ulaştırılır. Yakın gelecekte, elektrik dağıtım sistemlerinin bilişim teknolojilerinin desteğiyle akıllı olmaları öngörülmektedir. Bir elektrik dağıtım sisteminin akıllı olabilmesi için aşağıdaki özelliklere sahip olması gerekir:

- Dağıtım sistemi fiderlerinde oluşan kısıadevre ve faz kopuğu elektrikselse arızaları kendi kendine tespit edip kısa sürede giderebilmek
- Yüksek güvenilirlikte kaliteli enerji sunmak
- Siber saldırılara dirençli olmak
- Farklı çeşitte dağıtık enerji üretim tesislerini barındırmak
- Varlık yönetimini (asset management) eniyilemek (optimize etmek)
- Yatırım, işletme ve bakım masraflarını minimize ederek son kullanıcı için enerji maliyetini düşürmektir. Tipik olarak bir dağıtım sistemi, orta gerilim (OG) dağıtım fiderleri, dağıtım trafosu merkezleri, OG ekipmanı (kesiciler, yük ayırıcıları, sigortalar, akım ve gerilim trafoları, vb.), alçak gerilim (AG) kabloları ve AG ekipmanından oluşur. Akıllı dağıtım sistemlerinde dağıtık üretim tesisleri ve bağlantılı fiderlerin olması da öngörülmektedir. Aynı dağıtım trafosu merkez veya merkezlerinden geçen farklı fiderler bağlantılı fiderler olarak tanımlanır.



Şekil 24. Akıllı Dağıtım

Dağıtım sistemi ekipmanının gözlenmesi ve kumanda edilmesi, elektrik enerjisi arzı ile ilgili emre amadelik ve enerji kalitesi indislerinin sağlanması dağıtım şirketinin en önemli sorumlulukları arasındadır. Dağıtım şirketlerinin bu sorumluluklarının tanımlanması ve takibi ülkemizde EPDK tarafından yapılmaktadır. Bir Akıllı Dağıtım Otomasyonu Sistemi (ADOS), elektrik dağıtım sistemlerinin işletme verimliliği, güvenilirliği ve ekonomik fizibilitesini arttıracaktır. Ayrıca ADOS akıllı dağıtım sistemlerini hedefleyen araştırma ve altyapıları için tümleşik bir çerçeve oluşturacaktır.

4.1. Akıllı Dağıtım Sistemiyle İlgili Literatür Taraması

Akıllı dağıtım sistemlerine genel bir perspektiften bakmaktadır. Amerika ve Avrupa’da akıllı dağıtım sistemleri ile ilgili yürütülen projelerden bahsedilmektedir. Akıllı dağıtım sistemleri ile ilgili araştırmaları üç ana grupta toplamak mümkündür. Bunlar:

- Dağıtım sistemlerinde akıllı sayaç uygulamaları,
- Dağıtım otomasyonu sistemleri,
- Dağıtık üretim tesislerinin dağıtım sistemleri işletme ve planlamasına etkileridir.

4.2. Akıllı Sayaç Uygulamaları

Akıllı sayaç uygulamalarının dağıtım sistemlerinde müşteri ile dağıtım sistemi kontrol merkezi arasında çift yönlü veri iletişimine imkan verecek şekilde olmaları öngörülmektedir. Bu sayede tüketimin gerçek zamanlı olarak gözlenmesi mümkün olacak, tüketimin aşırı yoğunlaştığı zaman ve bölgelerde dinamik fiyat tarifeleri tüketicilere iletilerek talebin kontrolü sağlanabilecektir. [2] no’lu referansta akıllı dağıtım otomasyonu kapsamında kurulacak bir akıllı sayaç altyapısının tasarımı ve gerçekleşmesi anlatılmaktadır. Bu altyapı için üç seviyeli bir ağ önerilmiştir. Bunlar:

- Akıllı sayaç ile veri konsantrasyon noktaları arasında GSM haberleşme ağı (düşük bant genişlikli, ve düşük maliyetli altyapı)
- Veri konsantrasyon noktaları ile GSM merkezi arasında Wimax haberleşme ağı (yüksek bant genişlikli ve yüksek maliyetli altyapı)
- GSM merkezi ve ana kontrol merkezi arasında fiber optik ağ veya yüksek kapasiteli radyo haberleşme ağıdır.

4.3. Dağıtım Otomasyonu Sistemleri

Bir dağıtım otomasyon sistemi üç ana bileşenden oluşur:

- Ana kontrol merkezi: Sistem operatörlerinin tüm dağıtım sistemi ekipmanını insan-makine arayüzü sunucu bilgisayarı üzerinden gözlediği, kumanda ettiği merkezdir. Ayrıca bu merkezde GIS, ekonomik yük dağıtımı, yük atama, veritabanı sunucuları da bulunur .
- Dağıtık kontrolcüler: Dağıtım sistemleri pek çok OG fiderden oluşmaktadır. Farklı noktalardaki ekipmanı gözleme ve kumanda işlevleri, çeşitli fonksiyonel algoritmaların ve uzaktan haberleşme protokol sürücülerinin çalıştırılabileceği mikroişlemci tabanlı kontrolcüler ile gerçekleştirilir.
- İletişim ortamı: Dağıtık kontrolcülerin birbirleriyle, ana kontrol merkeziyle ve diğer akıllı elektronik cihazlarla (sayaçlar, mikroişlemcili kesici, ayırıcılar, vb.) haberleşebilmeleri için bir iletişim ortamı gereklidir. Şehir merkezlerinde, dağıtım fiderleri yeraltında bulunur ve dağıtım otomasyon sistemi söz konusu olduğunda fiderlerle birlikte fiberoptik hatlar da döşenir. Fiberoptik haberleşme yüksek bant genişliği sayesinde kontrolcüler arasında gerçekleşecek veri yoğun haberleşme için uygundur. RF haberleşme fiberoptik kabloların bulunmadığı bölgelerde tercih edilebilmektedir. Literatürde çoğunlukla akıllı dağıtım sistemlerinin gereksinimlerine cevap verebilecek akıllı dağıtım otomasyon sistemleri tartışılmıştır. [3] no'lu referansta akıllı dağıtım sisteminin dağıtık kontrolünde kullanılmak üzere hangi çeşit haberleşme ağlarına ihtiyaç duyulduğu ve hangi haberleşme ağı topolojileri söz konusu güç dağıtım sistemlerinin kontrolü için en uygun olduğu tartışılmıştır. [4] no'lu referansta akıllı dağıtım sistemleri için akıllı bir yerel kontrolcüye olan ihtiyaç tarif edilmiştir. Önerilen kontrolcü; müşteri tarafından tanımlanan güvenilirlik ve güç kalitesini sağlamak için dağıtık üretim tesisleri, depolama rezervleri, talep tepkisi, sıcak üretim yedeklerini eşgüdümlü bir biçimde kontrol eder. [5] no'lu çalışmada elektrik enerjisi sistemlerine akıl eklemek için çalışan her bileşene bağımsız mikroişlemcili bir kontrolcü eklemenin şart olduğu vurgulanmaktadır. [6]'da dağıtık üretim tesisleri ve güç elektroniği tabanlı esnek AC iletim sistemlerini (FACTS)

içeren bir akıllı dağıtım sisteminde kararlılık ve gerilim kontrolü konuları işlenmiştir. Her iki kontrolün geçerli olduğu zaman aralıkları farklıdır ve gerilim kontrolü merkezi, kararlılık kontrolü ise dağıtık kontrolcüler tabanlı yöntemler ile gerçekleşmiştir. Arıza tespiti, izolasyonu ve yeniden enerjilendirme dağıtım otomasyonu sisteminin en temel görevlerindendir. Elektrik dağıtım sistemlerinde şehir merkezlerinde yer altı kabloları, şehir dışı kırsal alanlarda ise havai hatlar kullanılır. Günümüz radyal dağıtım sistemlerinde koruma ekipmanı koordinasyonu ve dolayısıyla arıza izolasyonu:

- Havai hatlarla beslenen kırsal bölgelerde
- Tekrar kapamalı kesicisi (recloser) - sigorta,
- Tekrar kapamalı kesicisi - harici tip otomatik yük ayırıcı (sectionalizer) veya
- Tekrar kapamalı kesicisi - kesici koordinasyonu ile;
- Yer altı kablolarıyla beslenen şehir merkezlerinde ise fider otomasyonu sistemleri ile veya kesici koruma koordinasyonu ve manuel olarak gerçekleştirilmektedir. Dağıtım sistemine dağıtık enerji üretim tesislerinin eklenmesi her iki durumda da koruma cihazları arasındaki koordinasyonu etkilemiştir ve dağıtım otomasyonu sistemlerinin tasarım ve işletme felsefelerinin geliştirilmesini gerektirmiştir. Bu problem ve muhtemel çözümlere makalenin kalan kısmında değinilmiştir.

4.4. Dağıtık Üretim Tesislerinin Dağıtım Sistemleri İşletme ve Planlamasına Etkileri

Elektrik dağıtım sistemlerinin köklü değişiklikler geçirdiği, dağıtık enerji üretim tesisleri, çift yönlü enerji ve veri akışının gündeme geldiği bir ortamda, dağıtım sisteminde bağlantı ve bileşenler arası haberleşme ihtiyaçlarını tanımlayan standart hazırlama çalışmaları ayrıntılı olarak aktarılmıştır. [9] no'lu referansta dağıtık üretim tesislerini içeren dağıtım sistemlerinde koruma konusu ile ilgili bir literatür taraması çalışması yapılmıştır. Dağıtık üretim tesislerinin geleneksel koruma yöntemlerini etkisiz bırakması aşağıdaki şekilde açıklanmıştır:

- Dağıtık üretim tesislerinin şebekeye güç elektroniği arayüzleriyle bağlı olması ve bu arayüzlerin arıza akımlarını sınırlayarak arıza tespitini zorlaştırması
- Dağıtık üretim tesislerinin şebeke bağlantı noktasındaki Thevenin empedansını düşürerek arıza akımı seviyesini artırmaları sonucu beklenmeyen arıza akımlarının sözkonusu olması
- Dağıtık üretim tesislerinin şebekeye eklenmesiyle radyal yapının bozulması ve arızaya açan kesicinin gördüğü akım ile üretim tesisi ile arıza noktası arasındaki akımların farklı olması sonucu devre elemanlarının öngörülenden yüksek arıza akımlarına maruz kalması [8] no'lu referans tekrar kapamalı kesici-sigorta koordinasyonu ile korunan havai hatlardan kurulu bir dağıtım sisteminde, dağıtık enerji üretim tesislerinin olduğu durumda uygulanabilecek bir koruma sistemi önerir. Havai hatlardan kurulu geleneksel dağıtım sistemlerinde arıza koordinasyonu tekrar kapamalı kesici ile arızanın gerçekleştiği koldaki sigortanın aynı akıma maruz kalması ilkesine dayanır. Dağıtık üretim tesisleri arıza akımına kaynak olmakta, tekrar kapama kesicisi ile sigortaların gördüğü akım farklı olmaktadır. Bu durum koordinasyon ortadan kalkmaktadır. Bu referansda mikrodenetleyici tabanlı bir tekrar kapama sistemi önerilerek dağıtık üretim tesislerinin yoğun olduğu bir dağıtım sisteminde koordinasyon yeniden sağlanmıştır. Önerilen mikroişlemcili tekrar kapama kesicisi, dağıtım üretim tesislerinin değiştirdiği farklı arıza koşullarında hızlı ve yavaş açma tepkileri ayarlayabilmek için birden fazla akım-zaman koruma eğrisi ile çalışmaktadır. Referans [10] ve [11]'de önerilen sistemler ise daha karmaşık topolojiye sahip dağıtım sistemlerinde de kullanılabilecek daha genel koruma çözümleri sunmaktadır. Bu çalışmalarda dağıtım otomasyonu sistemine dayalı bir orta gerilim arıza algılama, izolasyon ve yeniden enerjilendirme sistemi önermiştir. Önerilen sistemde önce dağıtım sistemi, dağıtık üretim tesisi içerip içermemesi göz önüne alınarak bölgelere ayrılmış ve tüm bölgelere ait tüm baralarda arıza simülasyonu yapılarak hesaplanan değerlerden bir tablo oluşturulur. Gerçek zamanda dağıtım otomasyonu sistemi ile alınan akım-gerilim ölçümleri tablo değerleri ile karşılaştırılarak arıza noktası tespit edilmektedir. [11]'de dağıtım sisteminin dengesiz işletildiği durumlar göz önüne alınmıştır. Fakat bu çalışmaların her ikisinde de

önerilen yöntem, sistemin halen radyal olarak beslenen noktalarında hatalı arıza tespiti yapabilmektedir. Örneğin Şekil 1’de gösterilen sistemde 20-21 ve 20-22 merkezleri arasındaki fiderlerde üç faz kısıadevre arızası olduğu ele alınabilir ve bu arızalarda S ve DG kaynaklarından sisteme verilen arıza akımları sırasıyla IS1, IDG1 ve IS2, IDG2 olarak adlandırılabilir. 20-21 ve 20-22 fiderleri sisteme radyal bağlıdır (enerji akışı bu kısımlarda tek yönlüdür) ve çekilen kısıadevre akımları bu iki fider parçası için aynı olacak ($IS1=IS2$, $IDG1=IDG2$) ve bu sebeple [10] ,[11]’de önerilen yöntemler arıza noktasını aynı anda 20-21 ve 20-22 fiderleri olarak belirleyeceklerdir. Bu durumda kaynak arıza akımlarını ölçen sistemde izolasyon 20-21-22 merkezlerinin tümünü enerjisiz bırakarak mümkün olacaktır. Özetle dağıtık üretim tesisleri arıza akımının; genliği, yönü ve süresine etki etmektedirler. Dağıtım sistemlerinin bütününe bakıldığında dağıtık üretim tesislerinin entegrasyonu için, veri toplama sistemleri, koordinasyon ve uyarlanabilir koruma ile ilgili kapsamlı çalışmalara gereksinim duyulduğu saptanmıştır. Bir sonraki kısımda dağıtık üretim tesisleri ve bağlantılı fiderlerin bulunduğu bir dağıtım sisteminin işletilmesi için bir ADOS önerilecektir.

BÖLÜM 5

5. TÜRKİYE’DE VE DÜNYADA AKILLI ŞEBEKE OTOMASYONDAKİ GELİŞMELER

Teknolojinin gelişmesi ve faydalarının anlaşılması ile ülkeler akıllı şebeke yatırımlarına yönelmişlerdir. Birçok hükümet akıllı şebeke ile ilgili hedefler belirleyerek, programlar uygulamaya koymuştur. Dünyada uygulanan akıllı şebeke projelerinin ana hedefi; kayıp ve kaçak oranını azaltarak enerjiyi verimli kullanmak olmuştur. Bunun yanında diğer ana hedefler; rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir kaynaklardan enerji üretmek, karbon emisyonunu azaltmak, elektrik hatlarını iyileştirmek, ileri ölçüm altyapısı kurmak, elektrikli araçları ve akıllı binaları sisteme entegre etmek, akıllı yönetim sistemleri kurmaktır. Akıllı şebeke projeleri yüksek bütçeli maliyetler gerektirse de yapılan tasarruf ve edinilen faydalar ile bunlar birkaç yılda kendini amorti edebilmektedir.

2000 yılında başlayıp 2005 yılında tamamlanan Telegestore projesi kapsamında İtalya, akıllı şebekeler ile ilgili olarak ilk adımı atan ülke olmuştur. Bu proje ile 27 milyon adet sayaç uzaktan okunabilen akıllı sayaçlar ile değiştirilmiştir.

AB’nin yapmış olduğu toplantıda, 2020 yılı için iklim değişikliği ve enerji politikası hedefleri doğrultusunda elektrik altyapısının büyük bir dönüşüm gerektiği vurgulanmıştır. Mevcut ağları güçlendirme ve yükseltme, şebeke güvenliğinin artırılması, iç enerji piyasasının geliştirilmesi, enerji tasarrufu bilincini artırmak ve enerji verimliliğini geliştirmek, yenilenebilir enerji üretimini artırarak sisteme entegre etmek büyük önem taşımaktadır. Bu hedeflere ulaşmak için yalnızca yeni hatlar ve trafolar inşa etmek yeterli değildir. Bilgi ve iletişim teknolojileri entegrasyonu ile tüm elektrik sistemini akıllı yapıya dönüştürmek gerekmektedir.



Şekil 27. Akıllı Şebekedeki Gelişmeler

Aşağıda akıllı şebekeler konusu ile ilgili olarak yapılan ve planlanan çalışmalar özetlenmiştir.

ABD; Akıllı şebeke mevzuatı Amerikan Kongresinde 2007 yılında yürürlüğe giren Enerji Bağımsızlığı Yasası (EISA) ile düzenlenmiş ve ulusal iletim ve dağıtım sisteminin modernleştirilmesine karar verilmiştir. Bu yasa kapsamında, elektrik şebekesinin güvenliği, kalitesi ve verimliliğini sağlamak için hayata geçirilmesi gereken dijital bilgi ve kontrol teknolojileri, şebeke faaliyetleri ve kaynaklarının dinamik optimizasyonu, enerji verimliliğini ve talep tepkisini sağlayacak donanım ve uygulamaların şebekeye entegrasyonu konularında çalışmalar yapılacaktır.

Brezilya; Brezilya’da 2012 itibariyle 1 milyonu aşkın uzaktan otomatik okumalı sayaç kurulumu yapılmıştır. 2021 yılı sonuna kadar 63 milyon elektrik sayacı akıllı sayaçlar ile değiştirilmesi planlanmaktadır

Hindistan; Hindistan Enerji Bakanlığı'nın yapmış olduğu araştırmada dünyadaki en büyük iletim ve dağıtım kayıpları oranı Hindistan elektrik şebekelerindedir. Bu kayıpların, kaçaklar dâhil edildiğinde ortalama %50 olduğu ifade edilmektedir. Bu

nedenle 2008 yılında "Smart Grids India" konferansı ile ilk adım atılarak akıllı şebekeler üzerindeki çalışmalarını başlatmışlardır. 2020 yılına kadar 130 milyondan fazla akıllı sayacın kurulumu planlanmaktadır.

Çin; Çin, nüfusu ve sanayisi sebebiyle elektrik enerjisinin verimli kullanımını birincil politika haline getirmiştir. Çin'in Akıllı Şebeke yol haritası, üç aşamada tanımlanmıştır: Planlama ve Pilot (2009-2010), Kurulum (2011-2015), Geliştirme (2016-2020)'dir. Çin'de enerji üretimi yapılan kaynaklar, enerji tüketiminin yoğun olduğu bölgelere çok uzak olduğu için, yatırımların çoğu daha verimli bir şekilde enerji taşınabilmesi amacıyla iletim ağlarına yapılmıştır. 2009-2020 yılları arası akıllı şebeke teknolojisinin geliştirilmesi için 101 milyar dolar yatırım planlanmıştır

Japonya; Japonya'da büyük endüstri ortakları tarafından kurulmuş Japonya Akıllı Toplum İttifakı, Japonya'nın akıllı şebeke yol haritasının çıkarılmasında önemli rol oynamaktadır. Japonya, 1990'lardan bu yana, akıllı şebeke için çok büyük yatırımlar yapmış ve dünya lideri konumuna gelmiştir. Yatırımlarına çok önceden başladığı için de, akıllı şebeke çalışmalarına, talep tarafında (home-side) devam etmektedir. 2010 yılında, 4 şehirde akıllı şebeke kapsamında akıllı şehir pilot uygulamalarına başlamışlardır

Güney Kore; Güney Kore hükümeti, 3 aşama ve 5 fazdan oluşan programıyla, 2030 yılına kadar akıllı şebeke uygulamasına tamamen geçmeyi planlamıştır. Aşamalar, 2010-2012, 2012-2020 ve 2021-2030 olarak ayrılmış, fazlar ise akıllı şebeke, akıllı tüketici, akıllı taşımacılık, akıllı yenilenebilirler ve akıllı elektrik hizmetleri olarak adlandırılmıştır. Bu yol haritasında, şebekenin uzaktan izlenebilmesi, akıllı evlerin enerji yönetimlerinin yapılabilmesi ve pilot araç şarj ünitelerinin kurulması gibi adımlar bulunmaktadır. Program tamamlandığında ise, şebekenin kendi kendini onarabilmesi, gerçek zamanlı fiyatlandırmanın mümkün kılınması ve enerji depolama cihazlarının yaygınlaştırılması gibi pek çok akıllı sistemi kapsaması beklenmektedir.

Rusya; Rusya’da 1,5 milyonu aşkın apartman dairesi akıllı elektrik şebekesine bağlamıştır. Dairelerin her birine, elektrik tüketiminin enerji şirketi tarafından kontrol edilmesine imkân veren sayaçlar kurulmuştur

Avustralya; Avustralya enerji piyasaları düzenleme kurumu tarafından elektrik dağıtım şirketlerine, tüketicilere akıllı sayaç bağlama zorunluluğu getirilmiştir. Buna ek olarak, Avustralya devleti, “akıllı şebeke, akıllı şehirler” projesi kapsamında enerji sektörü ile ortak bir proje yürütmekte ve bu projeye 52,5 milyon Euro ayırmış durumdadır.

Avrupa; Avrupa Birliği müktesebatında 3. Enerji Paketi hükümleri ve buna bağlı 2009/72/EC no’lu Enerji Direktifi’nin Ek I.2 maddesi kapsamında Avrupa Birliği üye ülkelerinin akıllı şebeke yatırımları yapmaları teşvik edilmektedir. Bu direktifler ve yönetmelikler neticesinde, son 10 yılda 300 kadar akıllı şebeke projesine yaklaşık 5,5 Milyar Euro yatırım yapılmıştır. 2020 yılına kadar ise toplam 240 Milyon akıllı sayacın Avrupa genelinde aktif olması beklenmektedir.

Fransa’da Ağustos 2010’da çıkan mevzuat ile birlikte 2016 yılının sonuna kadar ülkenin %95’ini kapsayacak şekilde akıllı sayaç kurulması hedeflenmektedir.

İspanya, 2008 yılında çıkardığı yasa ile dağıtım şirketleri tarafından tüketicilerin kullandığı sayaçlar yerine, tüketicilere ek yük olmaksızın, akıllı sayaç yerleştirmelerini zorunlu kılmıştır. Bu yasa çerçevesinde, Endesa dağıtım şirketi 2010- 2015 yılları arasında 13 milyon tüketicisine akıllı sayaç kurulumu yapacağını açıklamıştır

İngiltere, akıllı şebekelere geçiş için 2 aşamalı bir program uygulayacaktır. Programın ilk aşaması olan 2010-2015 yılları arasında akıllı şebeke tasarımının

Malta, akıllı şebeke uygulamasına başlayan ilk ülke olarak nitelendirilir. Malta devleti, vatandaşların elektriği ne zaman ve nasıl kullanılacaklarına ilişkin halkın eğitimine büyük önem vermiştir. Tüketiciler, 250.000 akıllı sayaç kurulumu ile elektrik tüketimleri gerçek zamanlı izlenerek daha uygun tarifelere yönlendirilmiş ve buna uyarak az enerji tüketenler ödüllendirilmiştir.

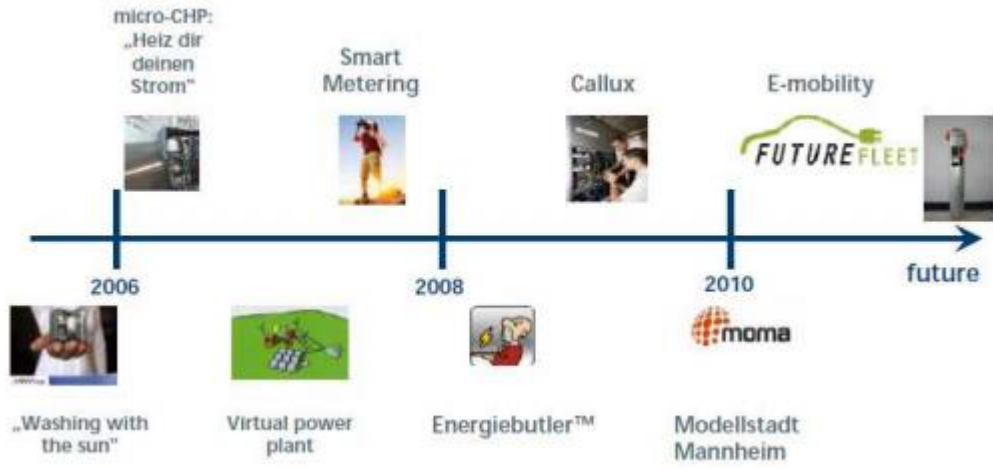
65

5.1. Almanya MOMA Akıllı Şebeke uygulaması

Almanya yerel halkın isteği, ülke politikası ve AB meclisinin göstermiş hedeflere bağlı olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimi ve şebekeye bağlantısında diğer birçok ülkeye göre önde gitmektedir. 2010 yılında Almanya'nın enerji üretim kaynaklarına dağılımı; % 42 kömür, % 23 nükleer, %13 doğal gaz, % 17 yenilenebilir kaynaklar, % 5'lik kısım ise küçük güçlü yakıt kaynaklarını içermektedir. Yeşillerin baskısı, dünya üzerinde Çernobil, Fukuşima nükleer santrallerinden kaynaklanan kazalardan dolayı Almanya hükümeti nükleer santrallerden yavaş yavaş vazgeçme kararı almıştır ancak bunu yaparken artan enerji ihtiyacını karşılamak için yeni büyük güçlü santrallerden üretim yapmak yerine küçük güçlü santrallerin şebekeye bağlantısına imkan verecek bir şebeke yapısı üzerine çalışmalarını yoğunlaştırmıştır. Hedefler 2020 yılında enerji üretiminin % 20 sini yenilenebilir kaynaklardan sağlamak, % 20 CO2 emisyonunu azaltmak. % 20 daha az enerji tüketmek.

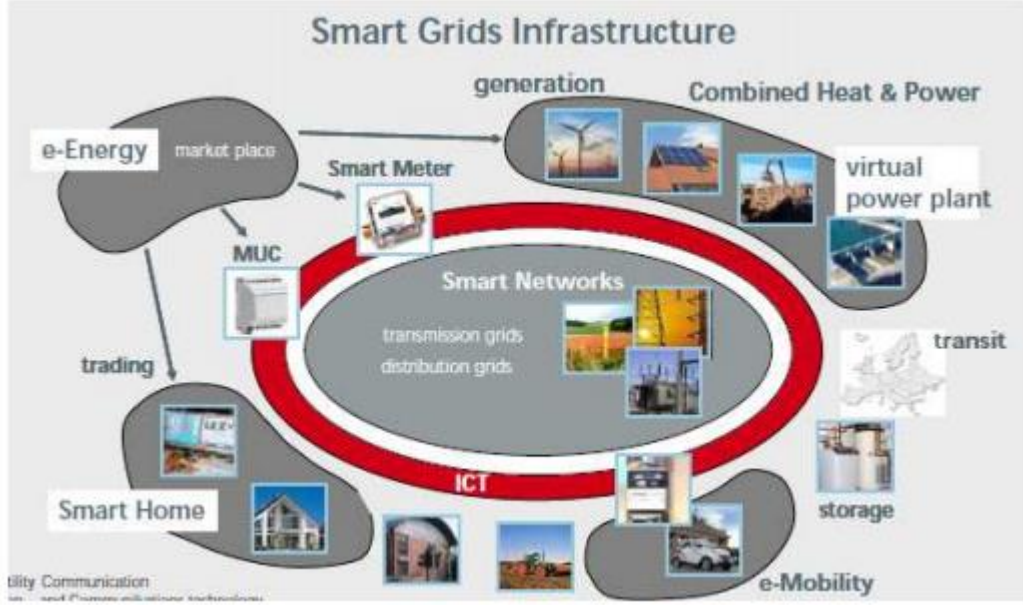
Bu hedefler incelendiğinde % 20 CO2 azaltımı sadece elektrik üretim payında olmayıp elektrikli araçlara yönelerek ülke genelinde trafikten kaynaklanan emisyonu azaltmak, % 20 daha az enerji tüketmekle enerji verimliliğini, yük yönetim sistemlerini kullanarak ilave santral yapımına gerek kalmadan mevcut santralleri etkin kullanmak, % 20 yenilenebilir 53Fırat Üniversitesi-Elazığ kaynakların sisteme entegrasyonu ile hem kaynak çeşitliliğini artırmak, hem de elektriğin üretildiği noktada tüketilmesini sağlayarak iletim ve dağıtım kayıplarını azaltmak olarak tanımlanabilir. Ülkemizde teknik kayıpların oranına iletim ve dağıtım toplamı olarak bakıldığında %14 olarak görülmektedir. Ülkemizde 2010 yılında üretilen toplam elektrik enerjisine bakıldığında 210.181 GWh elektrik enerjisi üretilmiştir. Üretilen bu enerjinin 29.425 GWh lik kısmı kayıplar için harcanmıştır. Keban'ın yıllık elektrik üretiminin 6.000 GWh olduğu göz önüne alınırsa ülkemizde yaklaşık 5 adet Keban santrali sadece iletim ve dağıtımdaki kayıpları karşılamak amacıyla

çalışmaktadır. İşte bu nedenle elektriğin tüketildiği yerde üretilmesi durumunda hatlardaki teknik kaybın azalacağı öngörülmektedir.



Resim 29. - Almanya Smart grid yol haritası

Almanya da bu çalışmalar 2006 yılında güneş enerjisinden üretilen enerjinin anında tüketilmesi amacıyla çamaşır makinelerinin güneşten elektrik üretimi esnasında devreye girmelerini teşvik etmeleri amacıyla “güneşle yıkama” sloganlı tarife yapısına geçtiler. Daha sonra bütün yenilenebilir enerji santrallerinin bir tek santralmiş gibi yönetildiği sanal elektrik santrali uygulaması başlamıştır. Diğer bir aşama evlerde akıllı sayaç sistemleri geliştirilmiştir. 2009 yılında Almanya hükümeti 6 ayrı şehirde smart grid uygulamasının yapılmasını ve elde edilen kazanımlara göre uygun proje ile yola devam edeceklerini belirtmişlerdir. Almanya da yer alan dağıtım şirketlerinden MVV dağıtım şirketi Mannheim kentinde eenergy (Model City of Mannheim MOMA) projesiyle Alman hükümetinin desteğini almıştır.



Resim 30. - Smart Grid altyapısı

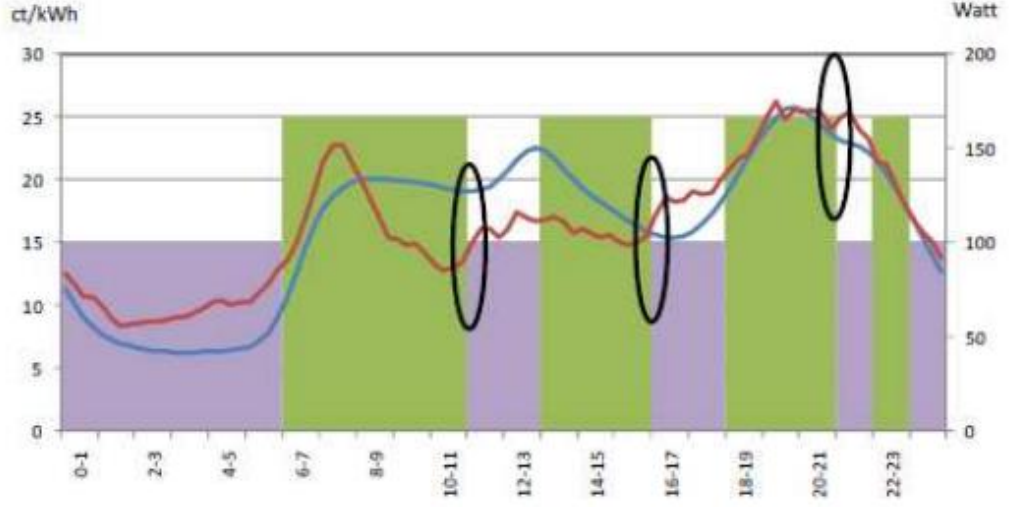
Bu projede e-energy borsası, akıllı evler, elektrikle ulaşım, sanal elektrik santrali, depolama sistemleri ve bunlar arasında sadece elektrik enerjisini değil iki taraflı haberleşme altyapısını içeren haberleşme sistemleri yer almaktadır.

Sistemin temel ön görüşü bir ağacın yaprağı gibi her hücrenin tüketimi kadar hatta daha fazla enerji üreterek bölgesel olarak enerjinin ihtiyaç olduğu noktada tüketiminin olması sağlanarak iletim ve dağıtım hatlarında kayıpların azaltılması sağlanacak, sistem çökmelerinde bütün yapı etkilenmeyip enerji kesintisi local alanda kalacaktır.



Resim 31. - Smart grid ile çok yönlü enerji ve bilgi akışı

Ayrıca evlerde yer alan energy butler yazılımı ile tarifenin en uygun olduğu zamanlarda elektriğin ev içerisinde tüketilmesi, tarifenin uygun olmadığı zamanlarda kendi üretiminin tüketilmesi sağlanacaktır. Aşağıdaki grafikte bir evin energy butler yazılımı kullanıp ve kullanmadığı hallerdeki enerji tüketimi görülmektedir.



Resim 32. - Energy-butler yazılımı kullanılması durumunda bir meskenin tüketim eğrisi

Grafikte mor ile gösterilen alanlar tarife yönünden fiyat avantajı olan zamanları, yeşil alanlar fiyatın pahalı olduğu zamanları göstermektedir. Mavi çizgi bu evin normal enerji tüketimini, kırmızı çizgi ise energy butler'ın evin enerji yönetimini sağladığı zamanlardaki tüketimi göstermektedir. Sistemin işleyebilmesi için tüketicilerde akıllı sayaçların olması ve üretim ve tüketim birimleri ile sistem operatörleri arasında kesintisiz iletişim altyapısı öngörülmektedir. Bu projede sayaçlarla dağıtım şirketleri arasında GSM, GPRS, RF ve BPL (geniş bantlı enerji nakil hatları üzerinden) haberleşme teknolojileri denenmektedir.

Dağıtım sisteminde smart grid uygulamasında yukarıda sayılan smart evler, smart sayaçlar, ev içerisinde enerji akışını yöneten energybutler yazılımı, smart sayaçlar ve dağıtım şirketleri ve enerji borsası yazılımı arasında iletişimi sağlayan kesintisiz ve ucuz haberleşme altyapısı, büyük ve küçük çapta enerji depolama sistemi, yük yönetim sistemi ve anlık tarife belirleme ve ölçüm sistemleri gerekmektedir.

5.2. Türkiye'de Akıllı Şebekeler

Akıllı şebekelerin yaygın olarak kullanımı ilk defa Malta'da uygulanmıştır [5]. Bununla beraber başta ABD olmak üzere, gelişmiş ülkelerde akıllı şebekeler üzerine yoğun şekilde yatırımlar yapılmakta ve akıllı şebekelere geçiş süreci tamamlanmaya çalışılmaktadır.

Ülkemizde akıllı şebekeler konusunda yapılan çalışmaların temelini Otomatik Sayaç Okuma Sistemi (OSOS) çalışmaları oluşturmaktadır. Enerji Piyasasını Denetleme Kurulu (EPDK) tarafından, Nisan 2011 tarihinde yayınlanan “Otomatik Sayaç Okuma Sistemlerinin Kapsamına ve Sayaç Değerlerinin Belirlenmesine İlişkin Usul ve Esaslar” kapsamında dağıtım şirketleri tarafından OSOS uygulaması için gerekli altyapı tasarımlarının ivedi olarak EPDK'ya iletilmesi gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca en üst sınır 800 MWh/yıl olmak üzere, dağıtım şirketlerinin ne kadarlık tüketim kapasitesi üzerindeki abonelerini OSOS kapsamına alacakları bilgisi istenmiştir. Bu kapsamda dağıtım şirketleri tarafından OSOS kapsamına alınacak abone limitleri belirlenmiştir. Söz konusu limitler Çizelge 1'de görülmektedir.

Dağıtım Şirketi	OSOS Tüketim Limiti (MWh/yıl)
Akdeniz Elektrik Dağıtım A.Ş.	30
Akedaş Elektrik Dağıtım A.Ş.	800
Aras Elektrik Dağıtım A.Ş.	100
Aydem Elektrik Dağıtım A.Ş.	200
Boğaziçi Elektrik Dağıtım A.Ş.	200
Çamlıbel Elektrik Dağıtım A.Ş.	800
Çoruh Elektrik Dağıtım A.Ş.	200
Dicle Elektrik Dağıtım A.Ş.	800
Enerjisa Başkent Elektrik Dağıtım A.Ş.	800
Fırat Elektrik Dağıtım A.Ş.	200
Gediz Elektrik Dağıtım A.Ş.	100
İstanbul Anadolu Yakası Elektrik Dağıtım A.Ş.	130
Kayseri ve Civarı Elektrik Dağıtım A.Ş.	12
Meram Elektrik Dağıtım A.Ş.	100
Osmangazi Elektrik Dağıtım A.Ş.	800
Sakarya Elektrik Dağıtım A.Ş.	30
Toroslar Elektrik Dağıtım A.Ş.	150
Trakya Elektrik Dağıtım A.Ş.	800
Uludağ Elektrik Dağıtım A.Ş.	90
Vangölü Elektrik Dağıtım A.Ş.	800
Yeşilırmak Elektrik Dağıtım A.Ş.	800

Tablo 4. Dağıtım şirketleri tarafından OSOS kapsamına alınacak aboneler için belirlenen limitler

Bu çizelge, dağıtım şirketlerinin büyük çoğunluğunun sadece EPDK'nın koyduğu en üst sınırın üzerinde tüketim yapan aboneler için OSOS uygulamasını gerçekleştirmeyi planladıklarını göstermektedir. Örneğin, 21 dağıtım şirketinden 9 tanesi sadece 800 MWh/yıl üzerinde tüketim yapan aboneler için OSOS altyapısı kuracağını belirtmiştir. Bu durumun dağıtım şirketlerinin başlangıçta oluşacak sistem kurulumu maliyetlerinden kaçınmak istemelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Belirlenen bu limitler uygulamanın yaygınlaşma düzeyinin şimdilik düşük sayılabilecek düzeyde kaldığını göstermektedir. OSOS uygulaması ile ilgili diğer bir konu, ülkemizde uygulanan sistemin kapsamıdır. Bu konuda temel olarak EPDK tarafından kapsamında belirtilen asgari özellikler dikkate alınmaktadır. Bu özelliklere

göre, OSOS ile istenen tam olarak gelişmiş bir akıllı şebeke yapısı olmayıp isminden de anlaşılacağı gibi, bir "otomatik sayaç okuma sistemi" dir. Henüz mekanik sayaçların kullanımda olduğu ülkemizde, akıllı şebekeye geçiş sürecinde bu şekilde sınırlı isterlerle yola çıkmak ta bir bakıma doğru bir yaklaşım olabilir. Belirtilen noktalara rağmen, akıllı şebekelerin ülkemizde gelişmesine temel oluşturması anlamında OSOS süreci büyük önem taşımaktadır.

Nitekim OSOS faaliyetlerinin ortaya çıkması bu konuda sistem kurulumu gerçekleştiren birçok yerli ve yabancı firmanın ülkemizde çalışma yapmasına neden olmuştur. Oluşan bu iş yeteneğinin, ileriki yıllarda geniş kapsamlı akıllı şebeke çalışmalarının sonuca ulaşması için ülkemize kazanç sağlayacağı düşünülmektedir.

Ayrıca, OSOS faaliyetlerine ek olarak ülkemizde akıllı şebekelere yönelik gelişmiş Ar-Ge çalışmalarının da yapıldığı bilinmektedir. Örneğin TÜBİTAK Enerji Enstitüsü tarafından yurtdışında, yalnız uzaktan okuma ve kontrol işlemlerinin değil aynı zamanda abonelerin yenilenebilir yöntemlerle enerji üreterek ihtiyaç fazlasını şebekeye satabildiği bir sistem kurulumu projesi gerçekleştirilmektedir.

5.3. Türkiye Elektrik Enerji Sisteminin Mevcut Durum Analizi

Türkiye’de enerji ihtiyacı büyük ölçüde ithal fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Sahip olduğumuz yenilenebilir enerji kaynaklarından bu güne kadar yeterli derecede faydalanılamamıştır. 2011 yılında 98 milyon ton eşdeğer petrol (MTEP) olan enerji arzımızın yaklaşık %70’i ithalat yoluyla karşılanmıştır. 2020’li yıllarda ise bu miktarın hızlı bir artışla 218 MTEP miktarına yükselmesi ve enerji arzımızın bu durumda sabit bir oranla ithalat yoluyla karşılanacak duruma gelmesi hesaplanmaktadır.

Dünyada da enerji arzının büyük bir kısmı hala fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Aynı zamanda mevcut CO2 emisyonlarının azaltılması küresel hedef olarak konulmuştur. Buradan anlaşılmaktadır ki mevcut şebekelere yenilenebilir enerji kaynaklarının desteği, enerjinin daha verimli ve yönetilebilir olarak kullanılması konuları daha da önem kazanacaktır.

5.3.1. Enerji Üretimi

Türkiye 2012 sonu itibarıyla 57.071,5 MW kurulu güce sahiptir. Toplamda 771 santral ile üretilen enerji 55.000 km'yi aşan iletim hattı ile enerji ihtiyacını karşılamaktadır. Türkiye, ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisinin %74'ünü termik kaynaklardan(doğalgaz, kömür vb. gibi fosil yakıtlar ile) sağlarken %26'lık kısmını ise hidrolik ve yenilenebilir enerji kaynaklarından (rüzgâr, güneş, jeotermal gibi) karşılamaktadır. Türkiye'de bulunan bütün elektrik üretim santralleri entegre sistemde çalışmaktadır.

Türkiye'nin mevcut kurulu gücü yıllık ortalama enerji ihtiyacını karşılayabilmesine rağmen anlık enerji talebini (Puant) karşılamakta yetersiz kalabilmektedir. Bu durumda elektrik enerjisi ihtiyacını komşu ülkelerden ithalat yoluyla karşılamakta, ihtiyaç fazlası ürettiği elektriği de ihtiyaç duyan komşu ülkelere vermektedir.

Mevcut elektrik üretim sistemi enerji talebini, geçmiş yıllardaki talepler ile ekonomik büyüme gibi faktörleri dikkate alarak tahmine dayalı olarak karşılamaya çalışmaktadır.

5.3.2. Enerji İletimi ve Dağıtımı

İletim ve dağıtım hatlarında iletkenin direncinden dolayı kaynaklanan enerji kayıpları ortaya çıkmaktadır. Elektrik enerji transferlerinde kayıplar kadar enerji kalitesi de büyük önem arz etmektedir. Teknolojik hassas cihazlar kaliteli, güvenli ve sürdürülebilir enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Türkiye mevcut enerji iletim sisteminde

gerilim dalgalanmaları, frekans değişimleri ve aşırı yüklenme sonucu ortaya çıkan enerji kesintileri nedeniyle Avrupa iletim ve dağıtım sistemine (ENTSO-E) henüz tam olarak entegre edilememiştir. Bu sorunları çözmek için ulusal enerji yönetim merkezi kurularak belirli enerji nakil hatlarının primer tarafında enerji analizörleri kurularak enerji kalitesi izlenmiştir. Milli Güç Kalitesi İzleme Merkezi tarafından Türkiye iletim sistemi gerçek zamanlı olarak izlenerek sistemdeki olumsuzluklar gerekli müdahaleler ile giderilmeye çalışılmaktadır. Böylece ENTSO-E sistemine uyum sağlamak için gerekli enerji kalite standardı sağlanmaya çalışılmaktadır.

ENTSO-E'ye bağlanma aşamasının 3 aşamada gerçekleştirilmesi planlanmış ve ilk 2 aşama başarıyla gerçekleştirilmiştir. Deneme işletme dönemi 3. fazının ise 2013 sonbahara kadar tamamlanması planlanmaktadır. Mevcut durumda, Bulgaristan ve Yunanistan ile aylık ihale usulü ile sınırlı olarak ticaret gerçekleştirilmektedir. Tüm aşamalar tamamlandığında günlük olarak ticaretin yapılması planlanmaktadır. Nükleer enerjiden vazgeçme politikalarını uygulayan Avrupa Birliği ülkeleri daha çok yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapma politikası sürdürmektedir. Dolayısıyla, Türkiye bölgesindeki enerji potansiyelini de ENTSO-E bağlantısı ile birlik kıtasına aktarmak istemektedir.

Türkiye iletim hatlarındaki gerçek zamanlı izleme sistemini yaygınlaştırma çalışmalarına devam etmektedir. Ancak dağıtım şebekelerinde ise henüz gerçek zamanlı izleme sistemleri kurulmuş değildir. Dolayısı ile elektrik dağıtım kısmı özelleştirmeleri devam etmekle birlikte kayıp-kaçak oranı dağıtım hatlarında %18 mertebelerindedir.

TEİAŞ 2010 verilerine göre Türkiye'deki yıllık iletim kayıp oranı %2,8 iken, SCADA/EMS Ulusal Enerji İzleme Sistemi kurulduktan sonra 2011 verilerine göre iletim kayıp oranı %1,9 seviyesine gerilemiştir.

5.4. Akıllı Şebeke Açısından Türkiye Ulusal Enerji Sistemi

Akıllı şebeke uygulamaları, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının ilgi sayı yazıları dikkate alınarak; Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı koordinatörlüğünde kamu, özel sektör ve sivil toplum kuruluşlarının katılımları ile hazırlanan Enerji Verimliliği Strateji Belgesi'nde (2012-2023) eylemlerden biri olarak gösterilmektedir. SA-04/SH-02/E-01 kodlu eylemin konusu, enerji ve güç miktarına göre kademelendirilmiş tarife, çok terimli sayaç ve akıllı şebeke uygulamalarının yapılması olarak belirtilmiştir.

EPDK elektrik piyasası mevzuatında yer alan Elektrik Dağıtım ve Perakende Satışına İlişkin Hizmet Kalitesi Yönetmeliği uyarınca, tedarik sürekliliği kalitesi ile ticari ve teknik kalitenin denetlenmesi için otomatik izleme sistemlerinin gerekliliği açıkça ortaya konmaktadır.

Ayrıca, Coğrafi Bilgi Sistemleri'ne ilişkin yatırımların da başlatılmasına yönelik mevzuat düzenlemeleri bulunmaktadır. Ek olarak dağıtım şirketleri tarafından otomatik sayaç okuma sistemi yatırımlarına mevzuat gereklilikleri nedeni ile başlanmıştır. Yukarıdaki mevzuat düzenlemelerinden de yorumlandığı üzere uzaktan izleme ve kontrol, dağıtım sistemi yönetimi, Coğrafi Bilgi Sistemleri, akıllı sayaç altyapısı gibi bilgi ve iletişim sistemleri bileşenleri bu sektör için bir gereklilik olarak öngörülmelidir.

Türkiye'de bütünleşmiş bir bilgi sistemini gerekli kılan akıllı şebeke yatırımlarına kısa süre içinde tüm dağıtım bölgelerinde hız verileceğini söylemek de gayet yerinde olacaktır. Türkiye'de öncelikli olarak 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 izleme ve dağıtım sistem yönetimi” yatırım faaliyetleri yer

almaktadır. Ancak bu çalışmaların entegre ve ulusal bir akıllı şebeke tasarımının bir parçası olmaktan uzak bir şekilde yürütüldüğü gözlemlenmektedir. Önümüzdeki dönemlerdeki şebeke yatırımlarını daha verimli hale getirmek ve tedarik sürekliliğini sağlamak üzere sayısı ve parasal büyüklüğü hızla artacak olan akıllı şebeke yatırımlarının hayata geçirileceği öngörülmektedir. Bu yatırımların, uluslararası iyi uygulama örneklerini dikkate alarak, müşteri hizmetleri ve faturalama sistemleri ile de tam entegre bir şekilde tasarlanması beklenmektedir.

KAYNAKLAR

Çetinkaya H.B., Rüzgar ve Güneş Santrallerinin Şebeke Bağlantısı Teknik ve Ekonomik Sorunlar Paneli, ODTÜ, ANKARA

Smart Grid, Akıllı Şebeke [http://www.guneshaber.net /haber/891-uygulamalar-smart-gridakilli-sebeke.html](http://www.guneshaber.net/haber/891-uygulamalar-smart-gridakilli-sebeke.html)

Budka, K., Deshpande, J., Hobby, J., Kim Y., Kolesnikov V., Lee W., Reddington T., Thottan, M.; White C.A., Choi J., Hong J., Kim J., Ko W., Nam Y., Sohn Y., GERI - Bell Labs Smart Grid Research Focus: Economic Modeling, Networking, and Security & Privacy, Smart Grid Communications (SmartGridComm), 2010 First IEEE International Conference, Gaithersburg, MD

Bose A., Smart Transmission Grid Applications and Their Supporting Infrastructure, Washington State University.

Dönmez, M., "Gaz Şebekelerinde Tahmin, Optimizasyon ve Simülasyona Dayalı Akıllı Sistem Yönetimi", Ingas Symposium, 2009

Dönmez, M, "Enerji SCADA sistemleri ", S.T. Elektrik Enerji, Sayfa 28-30, 2010

Dönmez, M, "Enerji ve Altyapı Kontrol Sistemleri ", S.T. Elektrik Enerji, Sayfa 50-53, 2012

Köhler-Schule, Christiana., Informations- und Kommunikationstechnologie in der energiewirtschaft, KS-Energie-Verlag, Berlin, 2010

Uslar, M., IT in der Energiewirtschaft, GTO-Verlag, Berlin, 2008

Uslar, M.; Schmedes, T.; Luhmann, T.: Rahmenbedingungen und Lösungen für Enterprise Application Integration bei EVU. In: SoftwaretechnikTrends, 25(2), Gesellschaft für Informatik, Bonn, S.74- 75, 2005

Friebe, Jörg; Luhmann, Till; Meister, Jürgen: Auswahl geeigneter Technologien für betriebliche Integrationsszenarien, In: BTW 2005, Proceedings der 11. GI-Fachtagung für Datenbanksysteme in Business, Technologie und Web, 2.-4.3.2005, Karlsruhe

Hans-Jürgen Appelrath, Petra Beenken, Ludger Bischofs Mathias Uslar., IT-Architekturentwicklung im Smart Grid, Springer Gabler Verlag, Berlin-Heidelberg, 2012

Turkey Energy Consuting “Akıllı Şebekeler” www.turkeyenergyconsulting.eu
<http://www.turkeyenergyconsulting.eu/post/akilli-sebekeler>

Nadar A., "Akıllı Şebekeler", Mimar ve Mühendis, Sayı- 67, Sayfa: 60-63, 2012

Can M., "Akıllı Şebekeler", Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tezsiz Yüksek Lisans Programı, 2012

http://www.ibm.com/smarterplanet/ie/en/smart_grid/examples/index.html

Alıcı O., "OSOS Usul Esasları Düzenlemesi", Elektrik Sayaçları Çalıştayı, Antalya, 2012

2012 Enerji Piyasası Denetleme Kurulu, "OSOS kapsamına dahil edilecek sayaçların, haberleşme donanımının ve ilave teçhizat ve altyapının asgari teknik özellikleri", Resmi Gazete Sayı: 28105.

Şahin C., Kahraman Ö., Temiz A., Smiai M. S., Alramadan F. Y., Almutairi S. S., ve Alshahrani S., "A Smart Control System for PV Generation in LV Distribution", Saudi Arabia Smart Grid, Cidde, Suudi Arabistan,

Akıllı Şebeke Stratejileri ve Örnek Projeler

http://www.emo.org.tr/ekler/b790c8dde17d8bf_ek.pdf

Akıllı Şebeker Yolunda Akıllı Sayaçlar

http://www.emo.org.tr/ekler/e9a0e199a5ed714_ek.pdf

SAYISAL TEKNOLOJİNGİN ELEKTRİK ŞEBEKE AĞINA KATILMASI:
AKILLI ŞEBEKE http://www.emo.org.tr/ekler/c9b0e9a9dd1b516_ek.pdf

Akıllı Şebekeler ve Entegrasyon

http://www.emo.org.tr/ekler/07d7d1f0a2dc3ff_ek.pdf

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : Yenilmez Muhammed
Uyruğu : TC
Doğum tarihi ve yeri : 14/07/1991 - OSMANİYE
Telefon : 0541 730 67 40
e-mail : www.yenilmez@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Üniversite		

Yabancı Dil