

# Akıllı Şebekeler: Elektronik Sayaç Uygulamaları

Ramazan BAYINDIR<sup>1</sup>, Kenan DEMİRTAŞ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü 06500 Beşevler-Ankara

<sup>2</sup>TEDAŞ Genel Müdürlüğü, Malzeme Yönetimi Daire Başkanlığı, Malzeme İkmal ve Değerlendirme Müdürlüğü 06520 Balgat-Ankara

## ÖZET

Elektrik şebekelerinin bilişim teknolojileri ile entegre edilmesi temeline dayanan akıllı şebeke sistemleri enerjinin üretim, iletim ve dağıtım aşamalarında en verimli şekilde kullanılmasını sağlamaktadır. Akıllı şebekelerin önemli bir bileşeni olan akıllı sayaç uygulamalarında da sayaçların uzaktan okunabilmesi ve faturalandırma gibi işlemlerin rutin işlemlerinin azaltılması ve tüketilen enerjinin kontrolü amaçlanmaktadır. Bu çalışmada, akıllı şebeke teknikleri ile uzaktan sayaç okuma sistemi ele alınmış ve şebekedeki teknik kayıplar ve usulsüz enerji kullanımlarını anlık olarak tespit edebilen bir yöntem sunulmuştur. Türkiye genelinde teknik kayıplar ve usulsüz kullanım dâhil toplam kayıpların %20 seviyesinde olduğu dikkate alınır, çalışmada sunulan yöntemin enerji kaynaklarının verimli kullanılması ve usulsüz enerji kullanımının tespit edilmesi sayesinde ülke ekonomisine önemli bir katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Akıllı şebekeler, elektronik sayaçlar, elektronik sayaçların uzaktan okunması, usulsüz enerji kullanımı.

# Smart Grids: Applications of Electronic Meters

## ABSTRACT

As integration of electrical networks with the information technologies, smart grids ensure the efficiently use of electrical energy in all steps of a power system like generation, transmission and distribution. Smart electronic meters, an important part of smart grid systems, provide some benefits as reading the electrical meters remotely thus decreasing the routine billing processes of utility companies and offering the ability of centralized control for the consumed energy as well. This study deals with remote reading of electrical meters by the help of smart grid technologies and presents an effective method that can accurately analyze the technical losses and illegal energy usage on the grid. Taking into account of total losses on Turkey electrical grid is about 20% including both technical losses and illegal consumption, it is considered that the method presented in the study will make a significant contribution to the national economy by using the energy sources efficiently and determining the illegal consumptions accurately.

**Key Words:** Smart grids, electronic meters, remote reading of electrical meters, illegal energy usage.

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günlük yaşamın her alanında kullanılan elektrik diğer enerji türlerine (ısı, ışık, mekanik) kolaylıkla dönüştürülür [1]. Elektrik üretiminin daha ucuza mal edilmesi dünya piyasasında üreticilerin rekabet etme gücünü artırır. Elektrik enerjinin maliyetini düşürmek için kayıp ve kaçak elektriğin en aza indirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Gelişmişlik ile birlikte, elektrik enerjisi tüketimi sürekli artmaktadır. Ülkeler enerji politikalarını, artan enerji talebini karşılamak için teşvik verip enerji üretimini artırma yönünde planlanmaktadır. Üretilen enerjinin verimli kullanılması için tasarruflu cihazlar kullanımı yanında kayıp ve usulsüz enerji kullanımının en düşük düzeye indirilmesi gerekir.

Elektrik enerjisinin iletim ve dağıtımdaki teknik kayıpları gerilim düşümüyle ilişkilidir ve %5 seviyesindedir [2]. Gelişmiş ülkelerde hatlardaki toplam kayıplar %7-10 seviyesindeyken Türkiye’de bu oran 2002’de %20’ler seviyesinden mobil (gezici) ekiplerin çalışmaları sonucunda 2008’de %14,4 seviyelerine düşürülmüşse de daha sonra tekrar %17,7 seviyelerine

kadar yükselmiştir [3]. Bununla beraber Türkiye’de usulsüz enerji kullanımı bölgelere göre farklılık göstermektedir. Usulsüz enerji kullanım en çok olduğu iki ilimizde bu oran %79 ve %76 civarındadır [3].

Gelişen teknoloji sayesinde elektrik dağıtım şebekelerindeki veriler hızlı bir şekilde elde edilmekte ve şebekede ölçüm, koruma ve enerji takibi yapılarak usulsüz enerji kullanımına anında müdahale yapılabilmektedir [4]. Bu uygulamalar; iş yoğunluğunu büyük ölçüde azaltma ve usulsüz enerji kullanımını etkin bir şekilde önlemektedir. Böylece, akıllı şebeke sistemlerinde verilerin elde edilmesine olanak sağlanırken bölgesel olarak enerji kalitesi ölçülebilmektedir [5]. Ayrıca, şebekelerde gerçek zamanlı güvenli ölçümler, elektrik yükü hakkında bilgi toplama ve yük dengesi için güç fiyat belirlenmesi açısından önemlidir [6]. Buna ek olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji üretmesi durumunda kendiliğinden devreye alınmasına olanak sağlanır [7]. Akıllı şebekelerde çift yönlü haberleşme kullanılarak hem hizmet kalitesi artırılır hem de anlık abone bilgilerine ulaşım sağlanır [8]. Haberleşmenin sorunsuz bir şekilde yapılabilmesi sistemde kullanılan bütün cihazlarla iletişim kurulmasıyla gerçekleşir. Bu işlevi

\* Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta: bayindir@gazi.edu.tr

Digital Object Identifier (DOI) : 10.2339/2014.17.2 75-82

kullanmak için sistemde kullanılan cihazların sistemle koordinasyonunu sağlayacak yazılımın yapılması gerekir [9]. Bu sistem sayesinde hızlı bir şekilde elde edilen gerilim, endeks ve akım verileri ile bilgileri yönetme, depolama, fatura hesaplama, hat kaybı hesaplama ve veri analizi yapılır [10].

Kablosuz ağ teknolojisi ile sistemlerde kullanılan algılayıcılar genel olarak sıcaklık, nem, basınç, hareket, sismik değer, görüntü, aydınlık, canlı/cansız varlık, mekanik gerginlik, gürültü, hız, yön, miktar gibi büyüklükleri ölçerler. Dolayısıyla endüstrinin tüm alanlarında kullanılırlar [11]. Günümüzde yaygın bir kullanım alanı olarak akıllı sayaç sistemleri için alternatif iletişim ağlarının (GPRS, PLC, RF) kullanılması önemli gelişmelerden biridir [12]. İletişim ağları ile enerji tahmini yapılarak puant saatindeki enerji talebinin %7 oranında düşürülebildiği uygulamalar; akıllı sayaç sistemlerinin bir diğer uygulama alanıdır [1]. Bu uygulamalar yanında, alternatif iletişim ağları içme suyu dağıtım şebekelerinde de kullanılabilir [13,14]. Uzaktan veri okuma işleminin her alanda kullanılması veri iletim yoğunluğunu artırmaktadır. Veri yoğunluğu sorununu gidermek için çalışmalarda 4G (4. nesil) sistemi kullanılmaya başlanmıştır. Bir 4G sistemi, daha önceki nesillerden daha yüksek veri hızları temeline dayanan herhangi bir zamanda, herhangi bir yerde, ses, veriler ve akan çoklu kitle iletişimin kullanıcılar hizmet verebileceği, uçtan uca IP çözümü sağlar. Böylece veriler zamanında ve hızlı bir şekilde iletilir [15-16]. Uzaktan veri iletim yöntemleri akıllı ev uygulamalarında da kullanılmaktadır [17]. Hatta veri iletimi artık cihazdan cihaza bile yapılmaktadır [18]. Eğer kullanılan veri iletim yöntemleri birbirinden farklıysa haberleşmenin kesintiye uğramadan devam etmesi için ZigBee protokolü uygulanmaktadır [8, 19].

Literatürde, sayaç endeksini uzaktan okumak için farklı haberleşme yöntemleri kullanılmıştır. Haberleşme tek taraflı ve çift taraflı olabilmektedir. Sayaçtan endeks bilgileri alınırken tam tersi yönde aboneye mesaj gönderme veya abone enerjisini kesme uygulamaları yapılabilmektedir. Kullanılan sistemlerde yıllık abone tüketimi ve transformator tüketimlerine bakılarak usulsüz enerji kullanılıp kullanılmadığı tespit edilmektedir.

Dağıtım şirketlerinde yapılan resmi çalışmalarda ise usulsüz enerji kullanımını önlemek için alçak gerilim sayaç otomasyon panosu (ASOP) yapılmıştır. ASOP, sayaçların abone mahallinin dışına konulan panoya taşınması ile abonelerin sayaca müdahalelerini önlemeye yönelik yapılmış bir AG panosudur. ASOP dışardan yapılabilecek müdahaleye engel olmak için görevliler tarafından mühür altına alınmaktadır. Müdahale eden kişinin tespit edilmesine yönelik kamera kayıtları gibi uygulamalara imkân vermektedir [3].

ASOP uygulama noktasında karşılaşılan olaylara bakıldığında pek fazla bir avantaj sağlamadığı görülmektedir. Ek tedbir olarak konulan kamera ve

alarm butonunun etkisiz hale getirilmesi durumunda ASOP panosunun işlevi tamamen ortadan kaldırılmaktadır.

Yapılan bu çalışmada, literatürde ve uygulamada görülen eksiklikler de dikkate alınarak sayaca yapılabilecek her türlü müdahale ortadan kaldırılmaktadır. Ayrıca, transformator ile abone arasındaki enerji iletim hattının herhangi bir yerinden ve kolon hattından alınan usulsüz enerji kullanımı hazırlanan yazım ile tespit edilebilmektedir. Bu sistem, bireylerin yapmış olduğu bireysel hataları ortadan kaldırmakta, hattaki teknik kayıpların ölçülmesine zemin hazırlamakta, hattın bakımı esnasında usulsüz enerji kullanımı varsa bu kullanımı tespit ederek enerji kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılmasını sağlamaktadır. Bu amaçla, sayaçların yük profili okunarak ana sayaç ve sayaç gruplarının tüketimleri kıyaslanmaktadır. Kıyaslama sonucuna göre enerji tüketimlerinde teknik kayıplar ( $P_{TK}$ ) ve usulsüz enerji kayıpları ( $P_{UK}$ ) tespit edilebilmektedir. Bu çalışma, kullanımı giderek yaygınlaşan uzaktan sayaç okuma uygulamalarını genişletmekte ve farklı uygulamalara imkân sunmaktadır.

## 2. ENERJİ KAYBI VE USULSÜZ ELEKTRİK ENERJİSİ KULLANIMI (ENERGY LOSSES AND ILLEGAL USAGE OF ELECTRICAL ENERGY)

Usulsüz enerji kullanımını sayaca müdahale ve kolon hattına müdahale olmak üzere iki sınıfa ayırabiliriz. Sayaçlara yapılan müdahalelerde sayacın mekanik ve dijital sayaç olmasına göre müdahale yöntemleri de değişmektedir. Mekanik sayaca yapılan müdahaleler; diski durdurmaya veya yavaşlatmaya yönelik girişimler, sayaç gövdesinin delinmesi, diske miknatis yaklaştırma, içindeki mekanik aksama müdahaleler, akım bobinine paralel, gerilim bobinine seri direnç bağlama, akım bobinlerinin sipir sayısını düşürme vb. gibi sıralanabilmekte iken, diğer taraftan sayacın bağlantılarına yapılan müdahaleler ise faz akımını ters bağlama, harici nötr uygulamaları olarak sıralanabilir. Elektronik sayaca karşı yapılan müdahaleler ise sayacın akım ve gerilim dönüştürücülerinin dönüştürme oranını değiştirme, dönüştürücülerden birini yakma veya arızasıyla değiştirme sayacın şifresinin çözülmesi sonucunda sayacın çarpanlarını değiştirme, endeksini silme gibi uygulamalara maruz bırakılması olarak sıralanabilmektedir. Sayaç bağlantılarında yapılan müdahalelere örnek olarak akım transformatorlü sayaçlarda farklı faza ait akım ve gerilim uçları birbirine bağlanarak sayacın tüketimi az kaydetmesine yönelik uygulamalar verilebilir. Ölçü hücrelerinde sayaçlara yapılan müdahaleler dışında direk kolon hattından bağlantı yapılan usulsüz enerji kullanımı da farklı bir örnektir.

2009'da yapılan istatistiğe göre TEDAŞ'ın net elektrik satış toplamı, 196,9 Milyar kWh olarak ölçülmüştür. Enerji tüketiminin %38,1'i sanayi, %29,0'u mesken, %17,0'si ticaret, %4,6'sı resmi daire,

%11,3'ü diğer sektörlerdeki abonelere satılmıştır. Yılsonu itibariyle toplam abone sayısı 24 Milyonun üzerindedir. Gelişmiş ülkelerde kayıp ve kaçak yüzde 7-10 civarındayken ülkemizde bu oran 2012 yılı itibarı ile yüzde 17-20 olduğu kabul edildiğinde; 2012 yılı sonu itibariyle Türkiye tüketimine 241,9 Milyar kWh elektrik enerjisi sunulmuş, 2012 yılı sonu itibariyle, satın aldığı elektrik enerji miktarı 241.9 Milyar kWh'tır. Bu enerjinin % 17-20'si ülkemiz için senelik kaybı 48 Milyar kWh\*0,3 TL'dir. Ülkemiz yaklaşık olarak her yıl 4 trilyon lira zarara uğratmaktadır [3].

### 2.1. Usulsüz Elektrik Enerjisi Kullanımına Yönelik Tedbirler (Measures to Illegal Usage of Electrical Energy)

Usulsüz enerji kullanımının yapılmaması ve sayacın bağlantı uçlarının fiziki müdahaleye maruz kalmaması için kırsal kesimlerdeki meskenlerde direktten gelen kolon hattının hiçbir ek yapmadan gözle görünür bir şekilde sayaca bağlantısı yapıldıktan sonra mühür altına alınması gerekmektedir. Büyük ölçekli müşterilerde ise ölçü bölümü mühür altına alınarak fiziki müdahalelere maruz kalması önlenmelidir. Rutin olarak 6 ayda bir ölçü bölümünün kontrolünün yapılması gerekir. Bununla birlikte elektronik sayaçlar mekanik sayaçlara yapılan müdahalelerin birçoğunu ortadan kaldırır. Mekanik sayaç gibi on yılda bir bakım gerektirmez, uzaktan okumaya olanak sağlar. Akıllı şebeke sistemlerinde sayaçların uzaktan okunması ile dağıtım şebekesi hakkında elde edilen veriler şebeke otomasyonunda birçok uygulamada kullanılabilir.

Elektrik sayaçları, eskiden sadece endeks kaydetmek için kullanılırken şimdi dağıtım şebeke otomasyonunun bir parçası olabilir. Sayacın uzaktan okunmasıyla otomatik sayaç okuma, veri analizi raporlama, elektrik arz ve talebinin tespiti, arızalı bölgenin anında tespiti, kayıp kaçak takibi, şebeke kompanze edilmesi gibi imkânlar sağlanmıştır [1]. Ayrıca, tüketici kendi yük profilini görüp elektrik fiyatlarına göre profilini ayarlayabilecek ve faturasını azaltabilecektir. Üretici ise aynı profile bakıp kendi üretim saatlerini, durma-kalkma ve bakım zamanlarını ayarlayıp maliyetlerini azaltabilecektir [20]. Yük profilinin daha net ortaya çıkması sayesinde iletim ve dağıtım şirketleri şebeke akışını daha rahat kontrol edebilecek, düzenleyici otorite ise sektörü daha güvenilir şekilde izlenebilecektir. Sayaçların ID numarası sayesinde yapılan ölçümlerin nerede olduğu görülebilmektedir [21]. Elektriğin ölçülen fiziki büyüklükleri bilgisayar ara yüzünde okunabilmektedir [22].

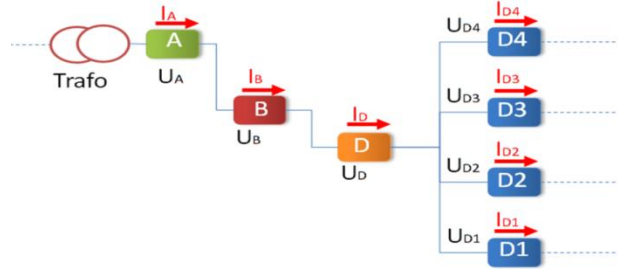
### 3. TEKNİK KAYIPLAR VE USULSÜZ ENERJİ KULLANIMININ TESPİTİ

(TECHNICAL LOSSES AND DETERMINING ILLEGAL ENERGY CONSUMPTIONS)

Teknik kayıplar hattaki gerilim düşümüyle doğru orantılıdır. Bir trafo bölgesi incelendiğinde; trafo ile dağıtım (branşman) direği arasında müsaade edilen gerilim düşümü %5 ve branşman direği ile abone sayacı

arasında müsaade edilen gerilim düşümü %1,5'dir. Dolayısıyla trafo çıkışına bağlı olan sayaç ile abone sayacı arasında kalan hatta en kuvvetli linie de tam yükte gerilim düşümü toplam %6,5 olmaktadır [3].

Usulsüz enerji tespiti iki şekilde yapılabilir. İlk olarak, Şekil.3'de verilen yöntemle Kirşof akımlar yasasına göre; trafonun girişinden başlayarak ard arda bağlanan A, B, D ve (D1, D2, D3, D4) grup sayaçlarından oluşan bağlantıya göre;



Şekil 1. Bir transformatör bölgesine bağlanan sayaçların bağlantı şekli

Şekil.1'de bir transformatör bölgesinde bağlanan sayaçların akımları Eşitlik.1'de verilmiştir. Eşitlikte verilen akım değerleri aktif bileşeni ifade etmektedir. Bir şebekede gerilim düşümünden dolayı hattın farklı bölgelerinde gerilim seviyelerinde değişimler görülebilir. Ancak akımda böyle bir değişiklik yoktur. Dolayısıyla usulsüz enerji kullanılıp kullanılmadığı buradan kolayca tespit edilebilir. Buna göre; Şekil.1'de verilen transformatör bölgesinde, aynı faz üzerinde A, B ve C noktalarından alınan akım değerleri birbirine eşit ise hatta usulsüz bir enerji kullanımı yoktur. Akımlar eşit değil ise hem teknik kayıp ( $P_{TK}$ ) hem usulsüz enerji ( $P_{UK}$ ) kullanımı var demektir. Bu fark hatta meydana gelen arıza sonucunda da toprağa akan kaçak akım olabilir. Hatta arızadan dolayı bir kaçak akım olması durumunda Canlıların çarpılmasını önlemek ve kayıpları azaltmak için "set pointli voltmetre" kullanılmaktadır [23]. Bu sistem aynı zamanda set pointli voltmetre işlevini de yerine getirebilir.

$$(I_A = I_B = I_D = I_{D1} + I_{D2} + I_{D3} + I_{D4}) \quad (1)$$

Eşitlik.2'yi kullanarak D ve D grup sayaçları arasındaki kıyaslamaya bakıldığında;

$$k_1 = \frac{I_{D1} + I_{D2} + I_{D3} + I_{D4}}{I_D} \quad (2)$$

Usulsüz enerji kullanma oranını bulmak için Eşitlik.2 kullanılır. Eş zamanlı sayaç gruplarının akımlarının toplamı ana sayaca oranlanır. Çıkan oran, akımların kıyaslanması sırasında ana sayaçtan çekilen

güç ile çarpılırsa Eşitlik.3'te çıkan değer usulsüz enerji miktarını belirtir.

$$P_{UK} = P_D \cdot (1 - k_1) \quad (3)$$

Sayaçların kıyaslanmasıyla meydana gelen toplam kayıplardan bu farkı çıkartırsak Eşitlik.4'de çıkan sonuçta teknik kayıp olarak ölçülür. Teknik kayıpların değeri çok yüksek çıkması hattın kesitinin uygun olmadığı veya bağlantı ve izolasyon seviyelerinde sıkıntı olduğunu gösterir. Usulsüz enerji kullanımı ise sayaçtan geçmeyen enerji veya arıza sonucu toprağa akan akımdır.

$$P_D = P_{D1} + P_{D2} + P_{D3} + P_{D4} + (P_{TK}) + (P_{UK})$$

$$P_{TK} = P_D - (P_{D1} + P_{D2} + P_{D3} + P_{D4} + P_{UK}) \quad (4)$$

İkinci yöntem ise bir transformatör bölgesinde Şekil.4'deki bağlantı baz alınarak Şekil.1'deki bağlantı elde edildikten sonra hatta meydana gelen kayıpların hattın direncinden dolayı meydana gelen teknik bir kayıp mı yoksa usulsüz enerji kullanımı sonucu oluşan bir kayıp mı olduğuna karar vermek için kullanılmaktadır. Eşitlik.1 sağlanması durumunda elde edilen kayıplar teknik kayıplardır. Eşitlik.1 sağlanmıyorsa hatta meydana gelen usulsüz enerji kullanımı oranı  $(1-k_1)$  eşitliğiyle orantılıdır. Sayaçların kıyaslanmasından elde edilen değer, toplam kayıptır. D Ana sayacı ile D grup sayaçları ( $D_1-D_2-D_3-D_4$ ) arasında meydana gelen kayıpların yük profilinden okunan değerler kıyaslanıp ( $W_D$ ) oranı Eşitlik.3'de verilen formül ile bulunabilir.

$$k = \frac{(WD1+WD2+WD3+WD4)}{WD} \quad (5)$$

Ama bu kayıp enerjinin sadece teknik kayıp olup olmadığı buradan anlaşılabilir. Bu durumda sayaçlar üzerinden geçen akım ve gerilim değerlerine bakarak bir hesap yapılır. Yapılan hesapta teknik kayıp değeri

$$k_2 = \frac{U_{D1} \times I_{D1} \cos \theta_1 + U_{D2} \times I_{D2} \cos \theta_2 + U_{D3} \times I_{D3} \cos \theta_3 + U_{D4} \times I_{D4} \cos \theta_4}{U_D \times I_D \cos \theta} \quad (6)$$

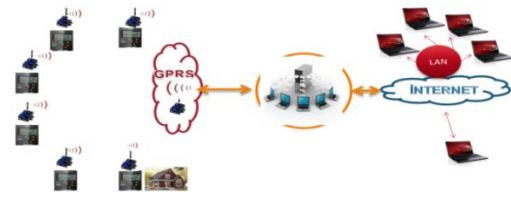
$k_1-k_2=0$  ise hatta meydana gelen kayıplar teknik kayıptır. Çıkan sonuç 0'dan farklı bir değer ise hatta usulsüz enerji kullanımı olduğunu ifade eder.

Elektrik sayaçlarında yapılması gereken değişiklikler; kolon hattıyla usulsüz enerji kullanılması durumunda nötr akımlarının da kayıt altına alınması ile tespit edilebilir. Günümüzde kullanılan sayaçlarda nötr akımlarının ölçümü mevcut değildir.

#### 4. GELİŞTİRİLEN SİSTEMİN DONANIMI (DEVELOPED SYSTEM HARDWARE)

Sayaçlardan modem yardımı ile bilgisayara aktarılan veriler bir ara yüz programı yardımı ile kıyaslanır ve kaydedilir. Bilgisayardaki verilerin

internet üzerinden paylaşımına açılarak istenilen yerden ulaşımı kolaylaştırır. Şekil.2'de görülen veri akış diyagramı kurularak haberleşme sağlanır. Veri akış diyagramının bir parçası olan elektronik sayaçlar, şebekedeki akım, gerilim, endeks ve yük verilerinin okunması için kullanılır. Alınan bu verilerin karşılaştırılmasında hata olmaması için tüm sayaçların tarih ve saatleri senkronize olmalıdır. Ancak, sayaçlar uygulamada sırayla okunmakta, eşzamanlı okuma mümkün olmamaktadır. Yani, sırayla okunan sayaçlar farklı zaman diliminde okunduğundan sayaçlar arasında kıyaslama yapıldığı zaman çıkan değer doğru bir sonuç vermemektedir. Sayaçlardan eş zamanlı okuma yapılabilmesi için kullanılan sayaçların yük profilinin olması gerekir. Dolayısıyla sayaçlar aynı anda okunmasa bile yük profilinden eş zamanlı kaydedilmiş değerler okunarak gerçek değerler kıyaslanmış olur. Ancak, yük profillerinin de doğru bir şekilde okunması için sayaçların saatlerinin mutlaka senkron olması gerekir. Sayaçlardan okunan bilgilerin bilgisayarda depolanır ve kıyaslanır. Kıyaslanan bilgilerden faydalanarak hangi noktada usulsüz enerji kullanıldığı sayaçların ID numarasından belirlenir. Sayaçların kesintisiz okunmasında GPRS modemler kullanılmaktadır. İnternet ağı bilgisayarlar da derlenen bilgilerin her noktadan görülmesine imkân sunmaktadır.



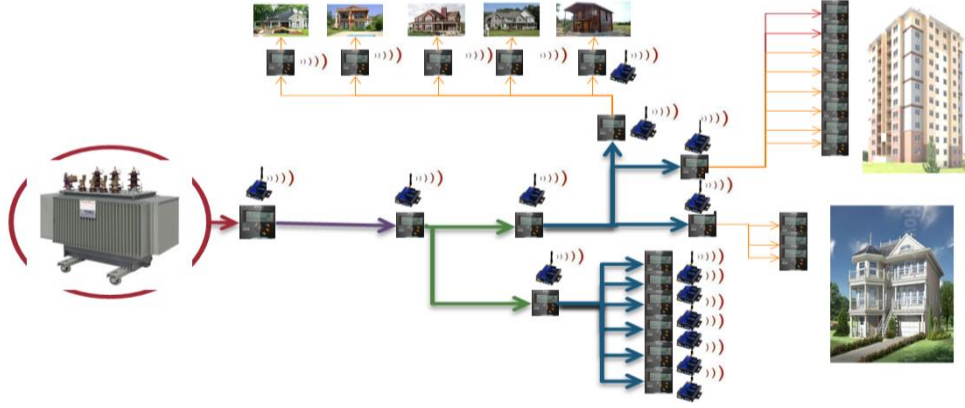
Şekil.2 Haberleşme için kullanılan veri akış şeması

Şekil.3 ve Şekil.4'de bir transformatör çıkışından başlayarak birer ana sayaç takıldığı görülmektedir. Ana sayaç çıkışında transformatörden çıkan her kola belirli bir mesafede tekrar sayaç bağlanır. Ana sayaç çıkışına bağlı olan sayaçların enerji tüketimini toplayıp kendi tüketimiyle bir kıyaslama yapar. Kendi çıkışına bağlı sayaçların kaydettiği toplam enerji tüketimi ile kendi kaydettiği enerji birbirine eşitse (hat kayıpları dâhil) kendi çıkışına bağlı olan sayaçlar ile kendi arasında usulsüz enerji kullanımının olmadığını gösterir. Sayaçlar arasında kalan dağıtım hattında usulsüz enerji kullanılması durumunda ana sayaç ve sayaç gruplarının tüketimleri arasında fark oluşacağından dolayı sistem uyarı verecektir. Bu olay zincirleme tekrarlanarak aboneye kadar tekrar ettirilir. Her ana sayaç ve sayaç grubu dağıtım hattının bir bölümünü kontrol altına alır. Ardı ardına bağlanan ana sayaç ve sayaç gruplarının sayısı ne kadar çok artırılsa usulsüz enerji kullanımı sırasında kontrol edeceğimiz hat bölümü azalacaktır veya kontrol edeceğimiz abone sayısı az olacaktır. Ayrıca her abone içinde bu işlem yapılabilir. Bu durumda hangi abone usulsüz enerji kullanıyorsa

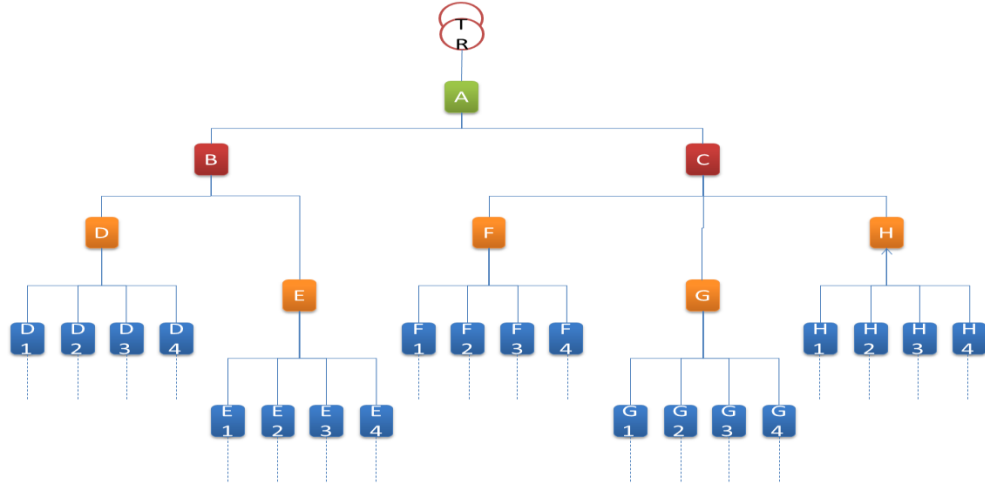
doğrudan o abone kontrol edilebilir. Sayaçların uzaktan okunması ile bilgisayardan kıyaslama yapılır. Böylece sayaca yapılan müdahale ne olursa olsun her türlü usulsüz enerji kullanımı tespit edilir.

Ana sayaç ve sayaç grubu üzerinden akan enerjiler kıyaslanırken hat kayıpları göz önünde bulundurulmalıdır [2]. Bu sayaç gruplarının sık

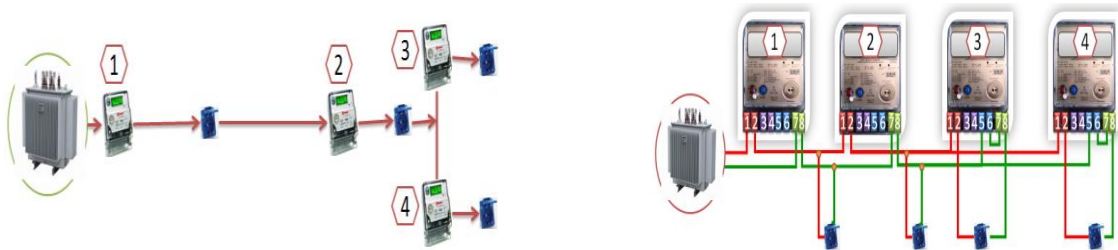
kullanılması usulsüz enerji kullanılan bölgenin daha hassas tespit edilmesine yardımcı olur. ID numarasından kimlik doğrulaması yapılarak verilerin güvenliği sağlanmış olur. Bu yöntem yukarıda belirtilen kaçak kullanımların tamamına çözüm olabilmektedir. Şekil.3'te kullanılan yöntem içme suyu ve doğalgaz usulsüz kullanımlarında uygulanmaktadır.



Şekil.3 Bir transformator bölgesinde sayaç bağlantıları



Şekil.4 Sayaç bağlantısı tek hat şeması



Şekil.5 Uygulamanın tek hat ve bağlantı şeması

## 5. DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL STUDY)

Şekil.4'deki bağlantı baz alınarak 4 sayaçtan oluşan bir prototip uygulama yapılmıştır. Önerilen sistemin tek hat şeması Şekil.5'te görülmektedir.

Sayaçlar arasında bağlı prizler; hatlarda kullanılan usulsüz enerji kullanımını uygulamada göstermek için eklenmiştir. Hattı temsil eden prizlere yük bağlanması durumunda; bilgisayar arayüzünde hattan usulsüz olarak

kullanılan enerji yüzde olarak ifade edilmektedir. Hattın sonundaki prizler ise iki aboneyi temsilen yük bağlanması için eklenmiştir. Aboneyi temsilen eklenen sayaçların tükettiği enerji toplanarak kendisinden önceki sayaçla kıyaslanır. İki abonenin tüketimi abonelerin bağlı olduğu ana sayaçla eşit ise usulsüz enerji kullanılmadığını ifade etmektedir. Usulsüz enerji tespit etme yöntemleri yapılan kıyaslanmalarla sınırlı kalmayıp bazı durumlarda nötr akımının ölçülmesiyle tespit edilebilir. 3-4 numaralı sayaçlarda

nötrden usulsüz enerji tespiti yapabilmek için nötr akımını ölçmek gerekmektedir. Sayaçlarda böyle bir özellik olmadığından nötr akımı 3. fazın akım bobininden geçirilerek faz nötr akımı kıyaslanması için Şekil.5'deki gibi bağlanmıştır. Gerekli bağlantılar yapılarak modemle sayaçlardan veri alındıktan sonra 3-4 nolu sayaçlara yük bağlanması durumunda sayaçlardan alınan yük profili ve akım değerleri bilgisayar ara yüzünde Şekil.7'de gösterilen veriler elde edilmiştir.



Şekil.6 Dört sayaç ile yapılan uygulama modülü

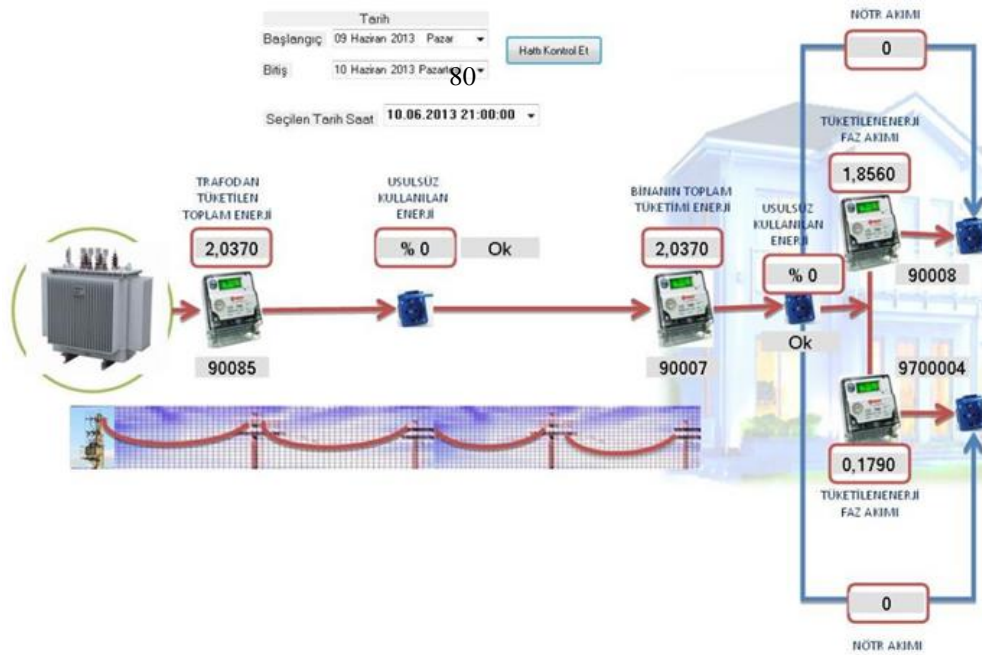
Şekil.7'de ifade edilmek istenen durum, 1.sayaç transformatörün tamamından çekilen enerji miktarını kaydetmektedir. İkinci sayaç ise aboneye kadar olan hatta herhangi bir usulsüz enerji veya arıza sonucu bir elektrik kaçağı olup olmadığını tespit etmek için kullanılır, 1-2 no.lu sayaçların kaydettiği enerjiler kıyaslanır. Aynı şekilde apartmanın girişine bağlanan 2 no.lu sayacın enerji tüketiminin 3 ve 4 no.lu sayaçların toplam enerji tüketimiyle kıyaslanması ise binada yapılabilecek usulsüz enerji kullanımlarını tespit etmek için konulmuştur. Bu durumda sayaçların kıyaslanmasında çıkan sonuç 0 kWh ve faz-nötr akımlarının farkını aldığımızda çıkan sonuç 0 A olmalıdır. Gerçek uygulamada usulsüz enerji kullanılması durumunda bir fark meydana gelir. Oluşan bu farkın hattın direncinden dolayı hatta meydana gelen teknik kayıp mı veya usulsüz enerji kullanımı mı olduğunu bulmak için (1-2-3-4-5-6) eşitlikleri kullanılır. Usulsüz enerji kullanımı ve teknik enerji kaybının tespit edilmesi için Eşitliklerde belirtilen fiziki büyüklükler sayacın yük profilinden okunabilecek şekilde sayaç tasarımı yapılmalıdır. Mevcut sayaçlarda sadece tüketimler sayacın yük profilin de geriye dönük tarih aralığı girilerek görülebilmektedir. Yapılan bir prototip olduğundan sadece dört sayacın yük profili ve enerji tüketimlerini geriye dönük çıkarabilmektedir. Hazırlanan yazılımın saha uygulamasında sayaç sayısı artırılarak daha fazla sayıda abonenin izleme işlemi mevcut yazılım ile gerçekleştirilebilir.

Bilgisayarla yapılan ara yüzde; 1-2 ve 2-(3,4) sayaçları arasında enerji tüketimlerinin kıyaslaması yapılabilmektedir. Kıyaslama sayaçların dışından tüketilen usulsüz enerji kullanımını tespit etmek için uygulanır. Sayaçların yük profilleri isteğe bağlı olarak

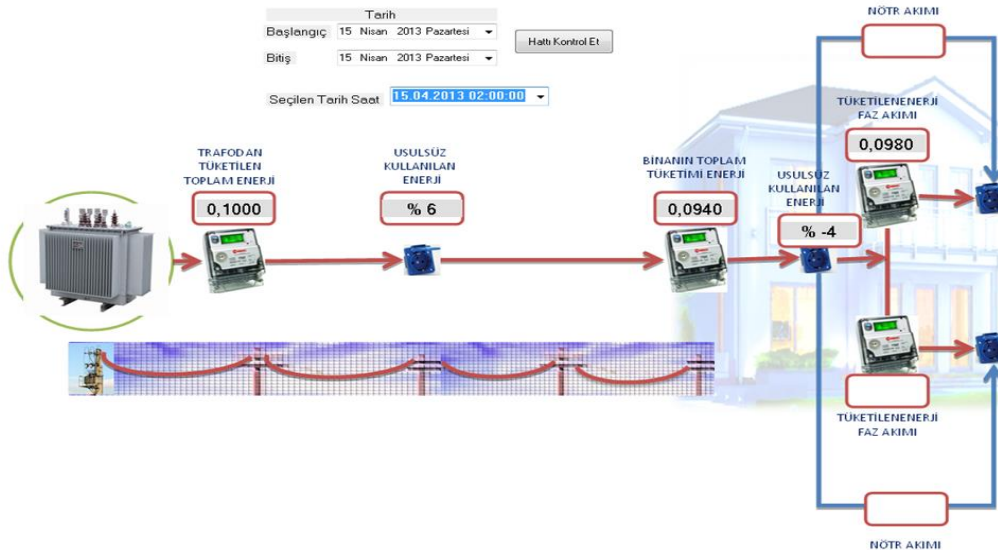
15-30-60 dakikaya ayarlanarak yük profili okunabilmektedir. Sayaçların kıyaslanması yapılırken eş zamanlı değerleri aynı anda okuyamadığımızdan bu değerler sayacın kendi hafızasına kaydedilir. Yüklerin periyodik bir şekilde hafızaya kaydedilmesine yük profili denir. 15-30-60 dakika sonra okunur. Böylece eş zamanlı değerler okunmuş olur.

Şekil.7'de 90085-90007 sayaçlarının 10 Haziran 2013 tarihinde saat 20-21de yük profiline kaydettiği enerji 2.0370Wh olduğundan bu iki sayacın arasında kalan bölgede kullanılan usulsüz enerji kullanımının %0 olduğu görülmektedir. Şekil.8'de aynı sayaçlar kıyaslama yapıldığında 0.1000 Wh-00940 Wh enerji kayıtlarını kıyasladığımızda sayaçların arasında kalan bölgede %6 gibi bir fark olduğu ve usulsüz enerji kullanıldığı anlaşılmaktadır. Çalışmada ayrıca, trafo bölgesine bağlı olan her sayacın tüketim grafiği istenen tarih aralığında çizilebilir. Ayrıca 3-4 no.lu abone sayaçlarının nötr akımı okunarak usulsüz enerji kullanımına da bakılabilmektedir. Faz - nötr akımı kıyaslanırken fark sıfır olduğu müddetçe usulsüz enerji yok demektir. Fazdan çekilen akım 8,4A nötrden geri dönen akım 8,4A olduğundan faz akımı ve nötr akımı arasındaki fark Şekil.7'de 90008 no.lu sayaçta 0A olduğu görülmektedir. Usulsüz enerji kullanmaya başlandığı anda faz ve nötr akımı arasında çıkan fark usulsüz enerji miktarını belirleyecektir. Faz-nötr akım farkı hangi abonenin usulsüz enerji kullandığını ifade eder.

Şekil.7 ve Şekil.8'de gösterildiği gibi geliştirilen sistem ile sayaçların yük profili ve nötr akımı kıyaslama uygulamaları yapılabilmektedir. Ayrıca olabilecek her türlü usulsüz enerji kullanımının testinin yapabileceği bir modül olarak kullanılabileceği görülmektedir.



Şekil.7 Dört sayaçlı uygulamanın bilgisayar ara yüzü (usulsüz enerji kullanımı %0)



Şekil.8 Dört sayaçlı uygulamanın bilgisayar ara yüzü (usulsüz enerji kullanımı %6)

## 5. SONUÇLAR (RESULTS)

Elektronik sayaçların endeks okuma işleminin yanı sıra bu çalışmada sayaçların yük profili okunarak ana sayaç ve sayaç gruplarının tüketimleri kıyaslanmıştır. Yapılan bu çalışma, literatürde ve uygulamada görülen eksiklikler de dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Enerji tüketimindeki teknik kayıplar ve usulsüz enerji kayıpları kolaylıkla tespit edilebilmektedir. Sayaçlar ile gerçekleştirilen kaçak usulsüz enerji kullanımları büyük oranda engellenebilmektedir. Buna ek olarak kaçak elektriğin olduğu yere anlık olarak müdahale edilebilmektedir. Uyarı veren sayacın ID numarasına bakılarak hangi

adrese kayıtlı olduğu çok kolaylıkla bulunabilir. Bununla beraber şebeke de birçok noktadan gerilim kontrolü yapılabilir, enerjili olup olmadığına bakılarak abonelerin mümkün olduğunca enerjisiz kalması önlenir. Sayaçların koordinasyonuna bakıldığında ileriki aşamalarda sayaç yerine analizör kullanılarak şebeke hakkında tüm teknik veriler elde edilebilir. Böylece uzaktan sayaç okuma işleminin farklı alanlarda kullanılmasıyla daha kapsamlı sayaç uygulamalarına imkan sağlanmış olur. Ancak, bu geliştirilen sistemi uygulayabilmek için piyasada bulunan mevcut sayacılarda yapısal değişikliğe gidilme zorunluluğu vardır. Ayrıca, sayaçlarla anlık değerlerin okunması için

kontrol amaçlı olarak seri bağlanan sayacın saatlerinin

## 6. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Turan A., Danişman K., "GPRS Üzerinden Web Tabanlı Bölgesel Enerji Takip Sistemi", Denizli Otomasyon Sempozyumu, Denizli, 2005.
- [2] Yaşar C., Aslan Y., Biçer T., "Bir Dağıtım Transformatorü Bölgesindeki Kayıpların İncelenmesi", DPÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Sayı : 22, s. 9-22, Ağustos 2010.
- [3] "TEDAŞ İstatistiki Bilgiler" [http://www.tedas.gov.tr/29.Istatistiki\\_Bilgiler.html](http://www.tedas.gov.tr/29.Istatistiki_Bilgiler.html) ve şartnameler, 2009.
- [4] Chen-Xi Q., Ke C., Fan Y., Xiao-Guang H., "Power Line Broadband Carrier Meter Reading System Research and Collector Design Based on OFDM Technology", 6th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA), Beijing, pp. 2768 - 2773, 21-23 June 2011.
- [5] Li H., Mao R., Lai L., Qiu Robert C., "Compressed Meter Reading for Delay-Sensitive and Secure Load Report in Smart Grid", First IEEE International Conference on Smart Grid Communications, Gaithersburg, pp. 114 - 119, 4-6 Oct. 2010.
- [6] Ateş Y., Uzunoğlu M., Yumurtacı R., "Dağıtık Üretim Tesislerinin Şebekeye Entegrasyonunda Akıllı Şebekelerin Rolü ve Gelecek Öngörülere", 4. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu (EVK 2011), 2011.
- [7] Usta Ö., Sonsuz K., Ekşi S., "Elektrik Dağıtım Şirketleri İle Tüketiciler Arasında İki Yönlü Bilgi İletişimi" Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği 12. Ulusal Kongresi ve Fuarı Bildirileri, Eskişehir, 14-18 Kasım 2007.
- [8] Yüksel M. Erkan, Zaim A., "GSM/GPRS Aygıtları Üzerinden Çok Dilli SMS Gönderme" IX. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri, Şanlıurfa, 11-13 Şubat 2009.
- [9] Wei L., Hui L., Xiaoliang Z., "Design and Implementation of Web Services Oriented GPRS Remote Meter Reading Model" Beijing, China, pp. 281- 284, 26-27 Dec. 2009.
- [10] Estrin D., Govindan R., Heidemann J., "Next Century Challenges: Scalable Coordination in Sensor Networks", ACM MobiCom'99, USA, pp. 263-270, 1999.
- [11] Türker F. Gül, Kutlu A., "Medikal Bilişimde Kablosuz Algılayıcı Ağlar ve İnternet" INETTR11 Konferansı, 30 Kasım 2011, İzmir.
- [12] Sonsuz K., Ekşi S., Usta Ö., "Akıllı Sayaç Okunma Sistemleri için Alternatif İletişim Ağlarının aynı olması gerekmektedir. Değerlendirilmesi" Elektrik-Elektronik-Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği 13. Ulusal kongresi ve Fuarı Bildirileri, Ankara 23-26 Aralık 2009.
- [13] Özkaya U., Ulukent Ö., Çömlekçi S., Vardar G., "İçme Suyu Şebekesi ve Kontrol Otomasyonu", 3. Otomasyon ve Sergisi, Denizli, s. 54-57, 11-12 Kasım 2005
- [14] Kabakçı A., Karadoğan H., "İzmir İçme Suyu Sistemi Kaçak Azaltma Pilot Çalışması" İzmir Tesiat Mühendisliği Dergisi, Sayı: 82, s. 33-38, 2004.
- [15] Derici S., "GPRS İle Sistem Denetimi" 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu Karabük, Türkiye ,(IATS'09), 13-15 Mayıs 2009.
- [16] Yavuz B., Soydaş H., "Mobil Genişbantın Gelişimi ve 4. Nesil (4G) Mobil Haberleşme Sistemi LTE'nin değerlendirilmesi", Makale ID:83, Akademik Bilişim 2010, Muğla Üniversitesi, 10 - 12 Şubat 2010.
- [17] Yalçınkaya F., Gelen G., Yıkan F., "Mikrodenetleyici ve X-10 Temelli Akıllı Ev Tasarımı" ASYU-İNISTA 2004, Akıllı Sistemlerde Yenilikler ve Uygulamaları Sempozyumu, İstanbul, 23-25 Haziran 2004.
- [18] "TAINY – GPRS Haberleşme Sistemi Bütün M2M Uygulamaları ve Sayaç Otomasyonu Sistemleri" www.elster.com.tr, 2005.
- [19] Xu C., Chen X., LI D., "Automatic Electric Meter Reading System Based on ZigBee", 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, Dalian, 2008. WiCOM '08, pp. 1- 4 , 12-14 Oct. 2008.
- [20] Şanlı B., Hınç A., "Paydaşların Bakış Açısıyla Akıllı Şebekeler ve Türkiye İçin Yol Haritası Önerisi" ,The European Union Smart Grids Technology Platform, 2011.
- [21] Khalifa T., Naik K., Nayak A., "Survey Of Communication Protocols For Automatic Meter Reading Applications", IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol. 13, No. 2, pp. 168-82, 27 May 2010.
- [22] Yan T. "Telekomünikasyon Teknolojisinin GPS kullanıcılarına sağladığı faydalar" Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya 2007.
- [23] Gencer C., "Alçak Gerilim Dağıtım Şebekelerinde Güvenlik Ve Koruma Düzeneği" XI. Elektrik Tesiat Ulusal Kongresi Bildirileri, İzmir 2011.