

# KAÇAK ELEKTRİK KULLANIMININ BELİRLENMESİ VE MATLAB İLE BENZETİMİ

Etem KÖKLÜKAYA<sup>1</sup>, Murat YILDIZ<sup>2</sup>, Serkan KAHRAMAN, Mehmet BAYRAK<sup>3</sup>

Elektrik -Elektronik Müh. Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Sakarya Üniversitesi, 54187, Adapazarı

<sup>1</sup>e-posta : [ekaya@sakarya.edu.tr](mailto:ekaya@sakarya.edu.tr), <sup>2</sup>e-posta : [mvildiz@sakarya.edu.tr](mailto:mvildiz@sakarya.edu.tr),  
<sup>3</sup>e-posta : [bayrak@sakarya.edu.tr](mailto:bayrak@sakarya.edu.tr)

*Anahtar Kelimeler: kaçak elektrik tespiti, matlab benzetimi, enerji otomasyonu*

## ABSTRACT

*In this study, a simple and applicable method for determining illegal electricity usage was suggested. Proposed method was simulated on a created model. An extra control counter was used before the consumer counter and an illegal electricity usage was demonstrated by the comparison of instantaneous energy of consumer counter and control counter.*

## 1. GİRİŞ

Elektrik santrallerinde üretilen enerjinin dağıtım hatları yardımıyla en az kayıpla tüketicilere ulaştırılması gerekmektedir. Enerji dağıtım hatlarının ve transformatör istasyonlarının kaliteli olması kaybın düşük olması için önemli bir faktördür. Ayrıca hat kayıplarının dışında bedeli tahsil edilemeyen bir elektrik enerjisi söz konusudur. Bu enerjinin küçük bir miktarı yol ve sokak aydınlatmaları v.b. gibi genel amaçlı uygulamalarda hizmet olarak sunulmaktadır. Bedeli tahsil edilemeyen enerjinin diğer kısmı ise yasal olmayan bir şekilde kullanılan kaçak elektriktir. Ülkemizde kayıp – kaçak sorunu ciddi bir problem oluşturmakta ve Avrupa ülkeleri ortalaması ile karşılaştırıldığında, ülkemizdeki kayıp-kaçak oranının oldukça yüksek olduğu görülmektedir [1].

Kayıp ve kaçak birbirinden farklı olgulardır ve farklı değerlendirilmeleri gerekir. Kayıp enerji iletim ve dağıtım hatları ile transformatörlerin fiziksel yapılarından kaynaklanmaktadır. 1980'li yıllardan itibaren enerji iletim ve dağıtım hatları genişlemiş ve buna paralel olarak da hat kayıpları artmıştır. Yasal şekilde kullanılmayan kaçak enerji ile kayıp enerjisini birbirinden ayırmak zor olduğundan, değerleri yaklaşık hesaplamalarla belirlenebilmekte ve genellikle bir arada anılmaktadır. [1].

Bu çalışmada, merkezi bir kontrol sistemi ile kaçak elektrik kullanımının bölgesel bazda tespitinin

uygulama örnekleri verilmiş ve Matlab benzetimi yapılmıştır. Ayrıca kaçak elektrik kullanımının miktarına bağlı olarak, hassasiyetin artırılmasıyla noktasal olarak da kaçak elektriğin tespit edilebileceği belirtilmiştir.

## 2. KAÇAK ELEKTRİK KULLANIMININ BELİRLENMESİ

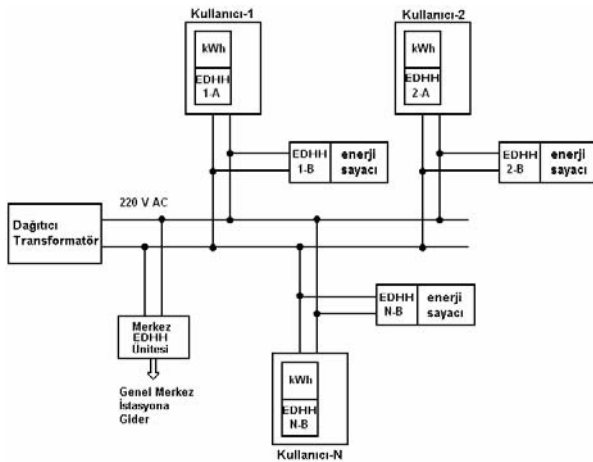
Yapılan denetimler sonucu her alanda kaçak elektrik kullanımına rastlanmaktadır [2]. Kaçak elektrik kullanımı, kontrollü enerji dağıtım sistemleri oluşturularak engellenebilir. Bunun en iyi örneğini Kayseri ve Civarı Elektrik T.A.Ş. oluşturmaktadır. Bu bölgedeki kayıp – kaçak oranı, Avrupa ülkeleri ortalamasına yakındır [3]. Kaçak elektrik kullanımı, enerjinin sayaçtan geçirilmemesi veya eksik geçirilmesi şeklinde yapılmaktadır. Elektrik sayaç dolapları kilitsiz veya mühürsüzdür. Bu durum, sayaç düzeni üzerinde yasal olmayan müdahaleleri kolaylaştırmaktadır. Kaçak elektrik kullanımı şu yollarla yapılmaktadır [4,5]:

- Mekanik obje kullanmak: Mekanik bir obje kullanılarak sayaç üzerindeki disk sıkıştırılır ve dönme hızı yavaşlatılır. Bu sayede tüketilen enerji miktarı düşük okunur.
- Manyetik obje kullanmak: Manyetik obje, sayaç içerisindeki güç ölçme sisteminin manyetik mekanizmasını etkileyerek diskin dönme hızını düşürür. Bu sayede tüketilen enerji miktarı düşük okunur.
- Sayaç düzeninden önce farklı bir hat çekmek: Bu yöntemde sayaç düzenine herhangi bir müdahale olmamaktadır. Kaçak hat üzerinden kullanılan tüm elektrik bedelsizdir. Kaçak hat, sayaçtan önce herhangi bir noktadan çekilebilir ve klasik kontrol yöntemleri ile tespit edilmesi çok güçtür.
- Sayaç giriş ve çıkışlarının farklı bir hat ile birleştirilmesi: Bu yöntem ile sayaç düzeni devre dışı kalır ve tüketilen enerji kayıtlı edilmez.

Kaçak elektrik kullanımını tespit etmek için kullanılacak sistem, yukarıda verilen tüm yöntemler için kullanılabilir olmalıdır. Günümüzde, “a,b ve d” yöntemleri ile yapılan kaçak elektrik kullanımları tespit edilebilmektedir. Elektrik sayaç kapaklarının şeffaflaştırılması, seri numaralı plastik sayaç mühürlerinin kullanılması, elektronik sayaçların kullanılması gibi yöntemlerle “c” yöntemi hariç diğer kaçak elektrik kullanım yöntemleri engellenmiştir [2]. Enerji dağıtım hatlarının yeraltına alınması, bina girişinden sayaç dolabına kadar olan hattın (sayaç dolabı da dâhil) tümünün güvenli bir şekilde mühür altına alınması gibi uygulamalar ile “c” yöntemindeki kaçak elektrik kullanımının önüne geçilebilir [1,2].

Alçak gerilim enerji dağıtım hatlarının çok geniş bir alana dağılmış olması, bu hatların tümünün yeraltına alınmasını olanaksız hale getirir. Ayrıca, bina girişinden sayaç dolabına kadar olan hattın (sayaç dolabı dâhil) tümünün güvenli bir şekilde mühür altına alınması, tüm kullanıcılar için pratik olarak uygulanması ve denetlenmesi zor bir seçenektir.

Alçak gerilim enerji dağıtım hatlarında iki farklı noktadan ölçüm alınarak sonuç üretecek bir kontrol sisteminin kurulması ile kaçak elektrik kullanımının tespit edilebileceği ve bu kontrol sistemine ilişkin blok diyagramı, Şekil.1’de verilmiştir [4].



Şekil.1 Kaçak elektrik kullanımını tespit için önerilen sistem

Şekilde görülen sistem; bir trafo istasyonu, bir merkezi EDHH (Enerji Dağıtım Hatlarında Haberleşme) ünitesi, tek fazlı enerji dağıtım hattı, “N” adet kullanıcı, EDHH uyumlu enerji kontrol sayaçları ve EDHH uyumlu kullanıcı elektrik sayaçlarından oluşmuştur. Burada, kullanıcılara ait sayaçlara, 1-A, 2-A, ... N-A şeklinde numaralar verilmiştir. İkinci ölçüm noktasını temsil eden enerji kontrol sayaçlarına, 1-B, 2-B, ... N-B şeklinde numaralar verilmiştir. Enerji kontrol sayaçları, kullanıcı sayacından önce takılmalıdır. Konum olarak ulaşılabildiği güç bir bölgeye (yeraltına veya havai hatta)

konulmalıdır [4]. Sistem şu şekilde çalışır; “A” ünitesi kullanıcıya ait elektrik sayacı, “B” ünitesi elektrik sayacından önce takılan ikinci ölçüm ünitesidir. “A” ve “B” üniteleri arasında başka bir hat yoktur. Dolayısıyla “A” ve “B” üniteleri arasındaki bölge (A-B), kaçak elektrik kullanımına karşı kontrol edilir. “A” ve “B” üniteleri aynı anda bağlı oldukları hattan çekilen enerjiyi kayıt ederler. Belli zaman aralıklarında dağıtım hatlarını kullanarak iletişim sağlanır ve kayıtlı enerji değerleri karşılaştırılır. Normal durumda enerji miktarlarının eşit olması gerekir. Kayıt edilen değerler farklı ise bu durum “A” ve “B” üniteleri arasındaki bölgede kaçak elektrik kullanımının olduğunu gösterir.

Bu sistem ile “c” yöntemindeki kaçak elektrik kullanımı tespit edilebilir. Eğer kaçak yük “A” ve “B” üniteleri arasındaki herhangi bir noktadan enerji dağıtım sistemine bağlanırsa, sistem bu durumu bölgesel olarak tespit edecektir. Kullanılan ölçüm ünitelerinin sayısı artırılarak kontrol bölgeleri küçültülebilir ve böylelikle sistemin hassasiyeti artırılabilir.

Bu yöntem için bir model önerilmiş ve model için bilgisayar ortamında bir benzetim programı hazırlanmıştır. Bu programda; B1, B2 ve B3 olarak tanımlanan bölgeler için kaçak elektrik tespiti yapılmaktadır. Ayrıca, 1-t ve t1-t2 süreleri arasında kayıt edilen elektrik enerjisi değerleri merkez istasyondan okunmaktadır.

Enerji dağıtım hatlarında haberleşme, kaçak elektrik kullanımını tespit etmek için önerilen sistemin kullandığı temel yapılardan birisidir. Sistemde üç seviyeli bir haberleşme sistemi kullanılmaktadır. Bunlar; 1. seviye kontrol sayaçları ile elektrik sayaçları arasındaki haberleşme seviyesidir, 2. seviye kontrol sayaçlarının kendi aralarında haberleşme seviyesidir, 3. seviye Merkez EDHH ünitesi ile kontrol sayaçları arasındaki haberleşme seviyesidir.

### 3. BENZETİM PROGRAMINDA KULLANILAN YAPILAR

Matlab – Simulink ortamında şu yapılar kullanılmıştır;

**Trafo Merkezi;** Merkezi EDHH ünitesi (MPLC), Bilgi İşareti, Elektrik İşareti, Parazit İşareti bloklarından oluşmaktadır.

**AG enerji dağıtım şebekesi;** 220V genlik 50 Hz AC işaret üretici kullanılmıştır.

**Kontrol sayaçları (KS);** 3 adet EDHH özellikli sayaçtır. Kendi kayıt ettikleri elektrik bilgisini diğer kontrol sayaçlarının elektrik bilgisi ile karşılaştırarak gerekli bilgiyi MPLC ünitesine gönderir.

**Elektrik sayaçları (ES);** 2 adet EDHH özellikli sayaçtır. Kontrol sayaçlarının karşılaştırma için kullandıkları bilgiyi temin ederler.

**Kaçak yükler;** 3 farklı noktadan enerji dağıtım ağına bağlanan yüklerdir.

**Test bloğu;** Bu blokta, MPLC için komut girişi anahtarları ve kaçak yük anahtarları bulunmaktadır. Benzetim programının çalışması esnasında bu anahtarlar kullanılarak istenilen işlem yapılabilir.

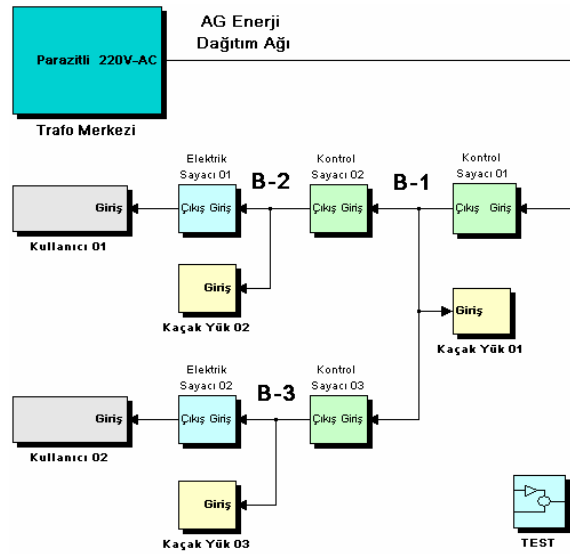
Ayrıca, kontrol sayaçları için karşılaştırma işlemlerinde kullanılan tolerans değerleri de bu bloktan girilmektedir.

Şekil.2’te oluşturulan modele ait blok diyagram gösterilmektedir. Şekilde “B-...” ile verilen ifadeler, bölge kodlarını temsil etmektedir.

B-1: 1. kontrol sayacı ile diğer kontrol sayaçları arasındaki bölgeyi temsil eder

B-2: 1. kullanıcıya ait elektrik sayacı ile 2. kontrol sayacı arasındaki bölgeyi temsil eder

B-3: 2. kullanıcıya ait elektrik sayacı ile 3. kontrol sayacı arasındaki bölgeyi temsil eder



Şekil 2 Matlab – Simulink ortamında oluşturulan model

## 4. BENZETİM PROGRAMININ ÇALIŞMASI

Benzetim programında kurulan sistem şu işlemler için uygulanacak:

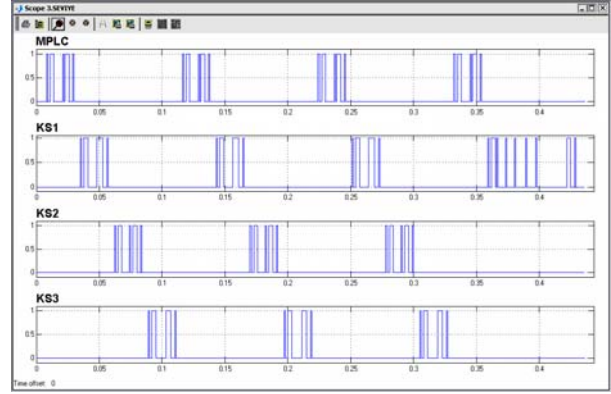
(t: süre, KY: kaçak yük anahtarları durumları, KY=1 için kaçak yük hatta bağlı, KS=Kontrol Sayacı)

- Uygulama1 : t=0 ‘dan itibaren KY1=1, KY2=0, KY3=0 (B1 bölgesinde kaçak yük)
- Uygulama2 : t=0 ‘dan itibaren KY2=1, KY1=0, KY3=0 (B2 bölgesinde kaçak yük)

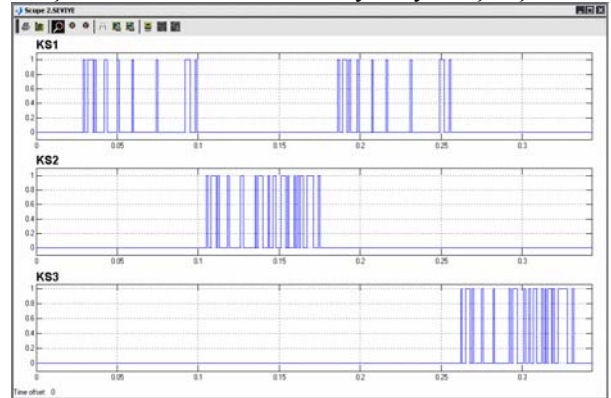
- Uygulama3 : 1-t arasında kayıt edilen değer

### 4.1 Uygulama 1

KS1 sayacı, t=0,359’da veri iletimine başlıyor ve t=0,429’da iletimini tamamlıyor. t=0,436’da MPLC ünitesi, B1 bölgesinde kaçak elektrik kullanıldığını bir mesaj ile kullanıcıya bildiriyor.



Şekil 3. Cihazlara Ait 3.Seviye Sayısal Çıktılar



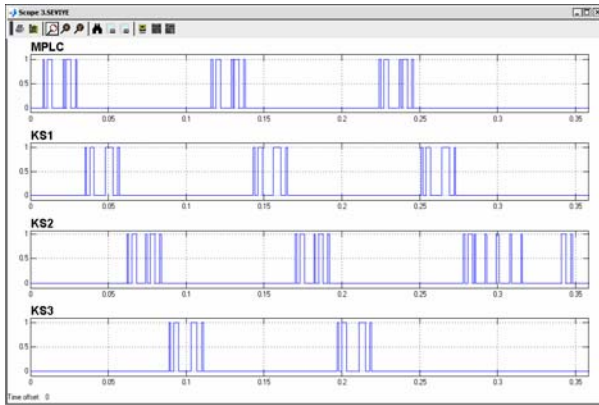
Şekil 4. Cihazlara Ait 2.Seviye Sayısal Çıktılar

t=0,029’da KS1 sayacı KS2 sayacından bilgi istemek için veri iletimine başlıyor ve t=0,099’da iletimini tamamlıyor. t=0,105’te KS2 sayacı cevap bilgisi için veri iletimine başlıyor ve t=0,175’te iletimini tamamlıyor. t=0,186’da KS1 sayacı KS3 sayacından bilgi istemek için iletimine başlıyor ve t=0,256’da iletimini tamamlıyor. t=0,262’de KS3 sayacı cevap bilgisi için veri iletimine başlıyor ve t=0,332’de iletimini tamamlıyor. KS1 sayacı gelen verileri değerlendiriyor. Uygun olmayan kullanım durumu için 3. seviyeye özel bilgi iletiyor. 3. seviyedeki özel bilgi, KS1 sayacına jeton çerçevesi geldiği anda MPLC ünitesine gönderiliyor.

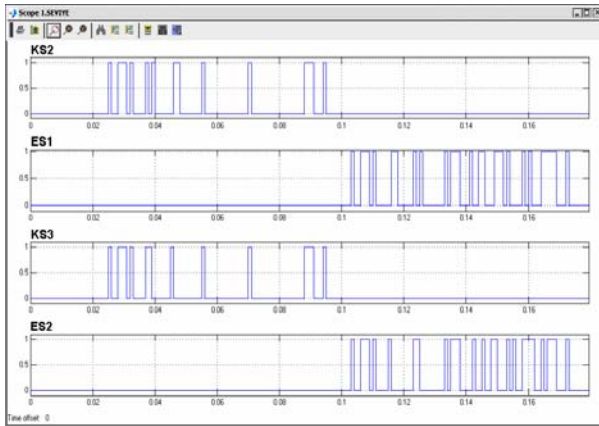
### 4.2 Uygulama 2

KS2 sayacı, t=0,278’de veri iletimine başlıyor ve t=0,348’de iletimini tamamlıyor (3.seviye veri iletimi). t=0,361’de MPLC ünitesi, B2 bölgesinde kaçak elektrik kullanıldığını bir mesaj ile kullanıcıya bildiriyor.

KS2 sayacı,  $t=0,025$ 'te 1.seviyede veri iletimine başlıyor,  $t=0,095$ 'te iletimini tamamlıyor. ES1 sayacı, cevap bilgisi için  $t=0,103$ 'te veri iletimine başlıyor ve  $t=0,173$ 'te iletimini tamamlıyor. KS2 sayacı gelen bilgi ile kendi kayıt bilgisini karşılaştırıyor ve olumsuz durum için 3.seviyeye özel bilgi mesajı veriyor. KS2 sayacı 3.seviyede jeton çerçevesini aldığı zaman, MPLC ünitesine özel mesajını gönderiyor. MPLC ünitesi, kaçak elektrik kullanımı tespit edildiğini bir mesaj ile kullanıcıya iletiyor. B3 bölgesi için KS3-ES2 sayaç işlemleri KS2-ES1 sayaç işlemleri ile tamamen aynıdır ve çıkış için benzer sonuçlar üretir.



Şekil 5. Cihazlara Ait 3.Seviye Sayısal Çıktılar

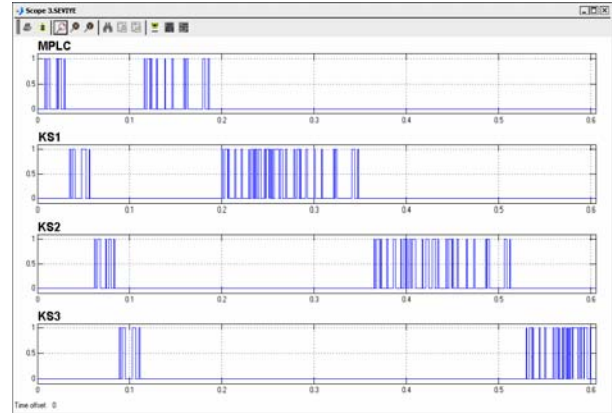


Şekil 6. Cihazlara Ait 1.Seviye Sayısal Çıktılar

### 4.3 Uygulama 3

MPLC ünitesi, ilk durum olarak hatta bir jeton çerçevesi çıkarır. Jeton çerçevesi tekrar MPLC ünitesine geldiğinde, MPLC ünitesi  $t=0,116$ 'da veri iletimine başlıyor.  $t=0,186$ 'da iletimini tamamlıyor.  $t=0,200$ 'de KS1 sayacı cevap bilgisi için MPLC ünitesine veri göndermeye başlıyor ve  $t=0,270$ 'te iletimini tamamlıyor. KS1 sayacı  $t=0,278$ 'de KS2 sayacı için komut verisinin iletimine başlıyor ve  $t=0,348$ 'de iletimini tamamlıyor. KS2 sayacı  $t=0,365$ 'te MPLC ünitesi için bilgi iletimine başlıyor ve  $t=0,435$ 'te iletimini tamamlıyor. KS2 sayacı  $t=0,443$ 'te KS3 sayacı için komut verisinin iletimine başlıyor ve  $t=0,513$ 'te iletimini tamamlıyor. KS3

sayacı  $t=0,530$ 'da MPLC ünitesi için veri iletimine başlıyor ve  $t=0,600$ 'da iletimini tamamlıyor. MPLC ünitesi, gelen verileri değerlendirerek  $t=0,609$ 'da KS1 sayacı için,  $t=0,615$ 'te KS2 sayacı için ve  $t=0,621$ 'de KS3 sayacı için bilgi mesajını kullanıcıya gösteriyor.



Şekil 7. Cihazlara Ait 3.Seviye Sayısal Çıktılar

KS1 sayacının okuduğu değer ile KS2 ve KS3 sayaçlarının okudukları değerler toplamı arasında çok küçük bir fark bulunmaktadır. Bu farkın sebebi şudur; okunan değerler, veri çerçevesinde 32bit sayısal veri olarak gönderilmektedir. Dönüşüm esnasında gerçek değer 32bit sayısal değer ile temsil edilmek için biraz değiştirilmektedir. Bu farklılık, kaçak tespiti kısmında da kendisini göstermektedir. Ancak kullanılan tolerans değerleri ile bu fark telafi edilmektedir.

## 5. SONUÇLAR

Alçak ve orta gerilim enerji dağıtım hatlarının çok geniş bir coğrafi yapıda olması denetimi güçleştirmektedir. Enerji dağıtım hatlarının aynı zamanda bilgi iletimi için kullanılması ile yatırım maliyeti bir miktar artmakta ancak işletim maliyeti minimum olmaktadır. Kontrol sayaçları ile tüketici sayaçlarındaki bilgilerin enerji dağıtım hatları üzerinden alınıp gönderilmesi ile sistemin dinamiği ve güvenilirliği daha da artacaktır.

Önerilen sistem kaçak elektrik kullanım yöntemlerinin tümüne karşı kullanılabilir.

Bu yöntem ile kaçak elektrik kullanımının olduğu nokta değil, bölge tespit edilebilmektedir. Kontrol bölgelerinin küçük tutulması ile bölge bazında sistemin hassasiyeti artırılarak noktasal tespitler yapılabilecektir.

Ayrıca çok kısa sayılabilecek süreler içerisinde kaçak elektrik kullanımının tespiti yapılabilecek ve sistemde kullanılan cihazların saat frekansı artırılarak bu süre daha da kısaltılabilecektir.

Ayrıca istenilen miktarda yeni cihaz sisteme eklenerek veya sistemden çıkarılarak sistemin esnekliği artırılabilir ve veri yapısı değiştirilerek

adreslenen cihaz sayısı da kolaylıkla değiştirilebilecektir.

## KAYNAKLAR

- [1] Tüfekçi, T., Elektrik Enerjisindeki Kayıp – Kaçak Sorunumuz, [Online], Available: [http://bursa.emo.org.tr/belge/kayip\\_kaçak.doc](http://bursa.emo.org.tr/belge/kayip_kaçak.doc)
- [2] Aktaş Elektrik, 2001 Faaliyet Raporu, İstanbul, 20 Mart 2002
- [3] Armağan, Y., T., Elektrik Enerjisi Dağıtım Sistemlerinde Enerji Kalitesi Yükseltilebilir, Kayıp ve Kaçaklar Azaltılabilir (Kayseri ve

Cıvanı Elektrik T.A.Ş. Örneęi), [Online], Available: <http://www.etmd.org.tr/no722.htm>

- [4] Cavdar, I. H., A Solution to Remote Detection of Illegal Electricity Usage via Power Line Communication, IEEE Trans. Power Delivery, Vol. pp, Issue: 99, Pages. 1 – 5, 2004
- [5] Kahraman, S., Kaçak Elektrik Kullanımının Belirlenmesinde Matlab Simülasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mayıs, 2004.