

## Elektrik Dağıtım Şebekelerinde Harici Faz veya Harici Nötr Durumlarında Teknik Olmayan Kayıpların Mikro Kontrol Sistemi İle Tespiti

Fuat TARHAN<sup>1, a, \*</sup>, Behçet KOCAMAN<sup>2, b, ✉</sup>

<sup>1</sup>Bitlis Eren Üniversitesi, Bitlis, Türkiye

<sup>2</sup> Bitlis Eren Üniversitesi, Mühendislik – Mimarlık Fakültesi, Elektrik – Elektronik Mühendisliği, Bitlis, Türkiye  
<sup>a</sup>ORCID: 0009-0009-1523-4823; <sup>b</sup>ORCID: 0000-0002-1432-0959

✉ Sorumlu Yazar: bestelkpc@gmail.com

Geliş tarihi: 08/01/2024

Kabul tarihi: 26/02/2024

### ÖZET

Günlük yaşantımızda kullanılan su ve doğal gaz gibi kaynakların yanında elektrik enerjisi de önemli bir kaynaktır. Elektrik enerjisinin üretimi zahmetli ve pahalıdır. Elektrik enerjisi üretiminde kullanılan kaynakların sınırlı olması ve enerjiye olan talebin her geçen gün artması nedeniyle mevcut kaynakların yerinde ve verimli kullanılmasını gerektirmektedir. Üretilen elektrik enerjisinin tüketiciye ulaştırılmasında iletim ve dağıtım hatlarından faydalanılmaktadır. Elektrik enerjisinin üretiminden tüketimine kadar olan her aşamada teknik ve teknik olmayan kayıplar meydana gelmektedir. Teknik kayıplar elektrik şebekelerinde kullanılan malzeme ve donanımlarda oluşan kayıplardır. Teknik olmayan kayıplar ise, doğrudan tüketicinin enerjiyi kullanma şeklinden ya da dağıtım sistemine müdahale ile oluşan kayıplardır. Teknik olmayan kayıpların tespiti için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada, elektrik dağıtım şebekelerinde harici faz veya harici nötr durumlarında teknik olmayan kayıpların mikro kontrol sistemi ile tespitinin yapılması incelenmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Elektrik sayaçları, Teknik ve teknik olmayan kayıplar, Kaçak elektrik, Mikro kontrol

## Detection Of Non-Technical Losses In External Phase Or External Neutral Conditions In Electrical Distribution Grids With A Micro Control System

**Abstract:** In addition to water and natural gas used in our daily lives, electrical energy is also an important resource. The production of electrical energy is laborious and expensive. Since there is a limit in the production of electrical energy and the demand for energy increases day by day, it must be used appropriately and efficiently in the current place. Distribution and supplier lines are used to deliver the produced electrical energy to hygiene. Technical and non-technical losses occur at every stage from electrical energy to consumption. Technical losses are losses occurring in materials and equipment used in electrical networks. Non-technical losses are losses caused directly by the use of fraud or by the intervention of the verification system. Different distributions are used for non-technical losses. This focus is on detecting non-technical losses in external phase or external neutral conditions in electricity distribution networks with a micro control system.

**Keywords:** Electricity meters, Technical and non-technical losses, Leakage electricity, Microcontrol

### 1. Giriş

Yaşadığımız yüzyılda insan hayatının vazgeçilmez unsurlarından biri olan elektrik enerjisi, kullanım alanlarının artmasıyla günlük hayatı bir öneme sahip olmuştur. Gelişmekte olan ülkelerde nüfus artışına paralel olarak elektrik enerjisinin ana tüketim alanı olan sanayi kuruluşlarının artmasıyla elektrik enerjisine duyulan ihtiyaç daha da artmıştır. İnsan hayatında yaşam standardı haline gelen elektrik enerjisinin, üretim, iletim ve tüketim olmak üzere aşamaları mevcuttur. Bu aşamaların her birinde meydana

gelen sorunlar birbirini etkilemekle birlikte son kullanıcıda elektrik kesintileri ve kaliteyi etkilemektedir. Elektrik enerji sistemlerinde meydana gelen bu sorunlar arızlara ve enerji kayıplarına neden olmaktadır.

Elektrik enerjisi üretildiği yerden son kullanıcıya ulaşmaya kadar geçen mesafede üretim, iletim ve dağıtım olmak üzere üç sistemden geçmektedir. Elektrik enerjisi üretiminden son kullanıcıya varıncaya kadar her aşamada kayıplara uğramaktadır.

Elektrik dağıtım şebekelerindeki kayıplar, üreticiler tarafından şebekeye verilen enerji ile kullanıcılar tarafından tüketilen enerji arasında oluşan fark olarak tanımlanabilir. 2023 yılı Ocak ayı verilerine göre ülkemizde fiili elektrik tüketiminin 27.552.966 MWh olduğu buna karşılık ise 20.947.393 MWh'lik kısmı faturalandırılmaktadır. Aradaki fark kayıp olarak tanımlanmaktadır. Bu göre tüketilen enerjinin yaklaşık olarak %24'lük kısmının teknik ve teknik olmayan (kaçak) kayıp olarak heba olmaktadır [1].

Elektrik enerjisi üretildiği yerden son kullanıcıya ulaşmaya kadar, geçen mesafede üretim, iletim ve dağıtım olmak üzere üç sistemden geçmektedir. Elektrik enerjisi üretiminden son kullanıcıya varıncaya kadar her aşamada kayıplara uğramaktadır. Elektrik dağıtım şebekelerindeki kayıplar, üreticiler tarafından şebekeye verilen enerji ile kullanıcılar tarafından tüketilen enerji arasında oluşan fark olarak tanımlanabilir. Bu kayıplar, şebekede kullanılan ekipmanların teknik özelliklerinden dolayı oluşan teknik kayıplara ilave olarak tüketiciler tarafından illegal olarak şebekeye erişimden dolayı oluşan teknik kayıpların toplamından meydana gelmektedir. 6446 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'nda "Teknik ve Teknik Olmayan Kayıp: Dağıtım sistemine giren enerji ile dağıtım sisteminde tüketicilere tahakkuk ettirilen enerji miktarı arasındaki farkı oluşturan ve maliyeti etkileyen; teknik kayıp ve/veya kaçak kullanım gibi sebeplerden kaynaklanan ve teknik bir sebebe dayanmayan kayıp" şeklinde tanımlanmaktadır [2].

Teknik olmayan kayıpların nedenleri; sayaçlara yapılan müdahaleler ile ölçü sistemine müdahale, bilinçsiz enerji tüketimi ve dağıtım şirketlerinde enerjiyi faturalandırma sırasında yapılan hataları barındırmaktadır [3]. Küresel baz da elektrik ihtiyacındaki artış tüketimi orantılı olarak artırır. Bu artış elektrik fiyatların ve ülke ekonomisini etkiler. Buda yasa dışı kullanımda da artışa neden olur.

## **2. Ülkemizde ve Dünyada Kayıp Kaçak Oranları**

Elektrik enerjisinin yasa dışı kullanım oranları geliş ve gelişmekte olan ülkelerde farklılık göstermektedir. 2021 yılı OECD ülkelerinde elektrik üretim ithalat ihracat kayıplar net tüketim tablosuna göre ülkemizdeki kayıp oranı %9,8 iken, dünyada %7,7 OECD 'ye bağlı 36 ülke ortalamasının ise %6,1 olmaktadır [3].

Ülkemizde büyük kayıplı sayılan elektrik dağıtım şirketlerinde Dicle Elektrik Dağıtım Şirketinin 2022 kayıp oranı %43,63, Van gölü Elektrik Dağıtım Şirketinin %,35,64 ve Aras Elektrik Dağıtım Şirketinin ise %19,31 olmuştur. Aslında dağıtım şirketleri, elektrik hırsızlığını hiçbir zaman ortadan kaldıramazlar ama bunu önlemek ve azaltmak için çalışma yürütmelidirler [1].

Gerçekleştirilen bu çalışmanın amacı, ülkemizin özellikle belirli bölgelerinde yüksek orandaki kaçak elektrik kullanımının tespit edilmesidir. Abone sayaçlarına eklenen mikro kontrol kartı sayesinde en fazla kaçak yöntemi olarak kullanılan harici nötr veya faz durumlarında kaçak akımı ölçülmesi ve bu değer

dağıtım şirketine anlık olarak mesaj ile bildirilmesidir. Elektrik dağıtım şirketleri bu bilgiyi abonelerine bildirebilir veya yasal işlem başlatabilecektir. Kaçak elektriğin tespiti ile kaçak kullanımın önlenmesi için gerekli tedbirler alınabilmektedir. Kaçak elektrik tespiti yapılarak, kullanımının önlenmesine çözüm olacaktır.

### 3. Elektronik Elektrik Sayaçlar

Günümüzde mesken ve ticari aboneliklerde dağıtım şirketleri elektronik sayaç kullanmaktadır. Elektronik sayaç endeks okuma ve müdahaleye karşı daya güvenli oldukları için kullanım avantajı sunmaktadır. 3 fazlı elektronik sayaçlarda aktif-reaktif-kapasitif sayaçlar bir ana kart üzerinde üretilmekte ve bir ekran üzerinden bütün ölçüm değerleri görülebilmektedir. Bütün elektronik sayaçlar farklı markalarda da üretilse aynı özellikler taşımaktadır [4]. Üç fazlı kombine sayacın ön görünüşü ve İç bağlantı şeması Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Üç Fazlı Kombine Sayacın Ön Görünüşü ve İç Bağlantı Şeması

Elektronik sayaçlar gerçek zaman uygulaması sayesinde arıza tespit kolay olmaktadır. Sayacın üst kapağının yada klemens kapağının açılması sırasında aylık olarak ilk açılma tarihini ve içindeki toplam açılma sayısını kaydeder. Kapak açılma tarihi, sayısı son 12 aya ait bilgiler bellekte saklanır. Elektronik sayaçların üzerinde optik port vardır. (Enerji var iken veya yok iken). Sayaç herhangi bir müdahale yapılmadan optik port arayüz bağlantısı ile hem bilgisayar üzerinden hem de el endeksörü kullanılarak erişim sağlanabilmektedir. Ayrıca elektrik enerjisi olmadığında sıvı kristal ekranı (LCD)’ni aydınlatan back-light sistemi sayesinde karanlıkta da erişime olanak sağlamaktadır [4].

### 4. Teknik Olmayan Enerji Kayıp Yöntemleri

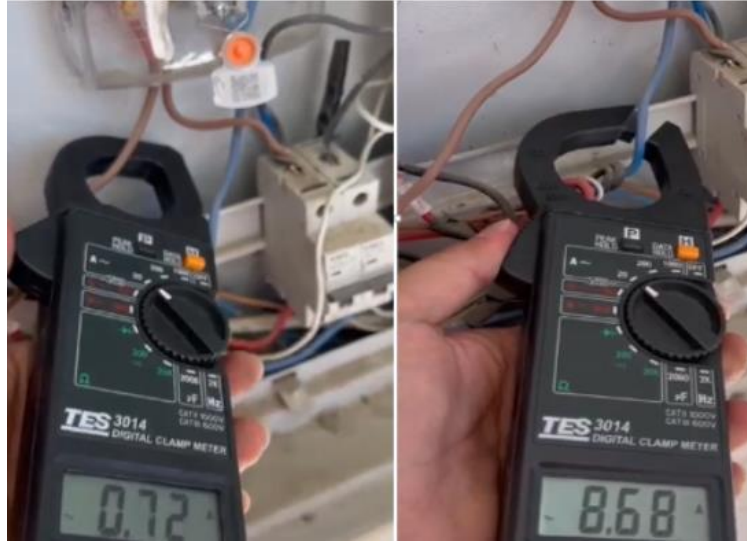
Dağıtım şirketleri elektrik abonelerini mesken, ticari(sanayi) ve tarımsal olarak sınıflandırmakta ve abonelerine sayaç üzerinden tüketimlerine esas enerji bedelini faturalandırmaktadır. 2018 tarihli Elektrik Piyasası Tüketici Hizmetler Yönetmeliğinde yer alan hükümlere göre dağıtım şirketleri kaçak elektrik ile mücadele etmektedirler. Bu yönetmelikte kaçak elektrik yöntemleri ;

- a- Harici hat, (Harici faz veya nötr)
- b- Sayaç ve ölçü sistemine müdahale,
- c- Sözleşmesiz elektrik kullanılması, olarak tanımlanmıştır [2].

Genel olarak dağıtım şirketinden alınan verilerde Kaçak/Usulsüz Elektrik Kullanım Tutanaklarında en fazla “Harici hat” üzerinden kaçak elektrik kullanımını tespit ettiklerine dair belge/bilgiler alınmıştır. Harici hat tespitinin bir ve üç fazlı sayaç sistemi üzerinde yapılan ölçümlerde faz- nötr akımlarının farklı çıkması sonucu abonenin sayaç dışından harici nötr veya faz olarak kaçak elektrik kullandığı ve buna göre tutanak düzenlendiği görülmüştür.

Normal şartlar altında kirşof (Kirchoff) akım yasasına göre herhangi bir düğüm noktasına gelen akımların toplamı, çıkan akımların toplamına eşittir [5].

Aksi durumda abone tesisatında kaçak akım olduğu dolayısı ile abone sayacının değer kaydetmediği ve kaçak elektrik kullanmanın olduğu gerçeğidir. Tespit anındaki sayaç akım değerleri Şekil 2’de verilmiştir.



**Şekil 2.** Tespit Anındaki Sayaç Akım Değerleri

Bu olayı Şekil 2’de kaçak denetim sırasında tutanak altına alınan bir örnek üzerinden olay açıklanacak olursa, sayaç nötr klemensinden alınan ölçümde 8,68 amper akım var iken faz klemens ucunda ise 0,72 amper akım ölçüldüğü görülmektedir. Bu durumda sayacın beslendiği tesisatta 7,92 amper kaçak akım olduğu tespit edilmiş olacaktır.

Dağıtım şirketleri sahada yapmış oldukları tespitler neticesinde kaçak/usulsüz elektrik tespit tutanağı düzenlenmektedirler. Bu tutanaktaki bilgiler ışığında kaçak kayıt dökümünü düzenlemektedir. Bu dökümde abonenin sayaç harici nötr veya faz (harici hat) ile kaçak elektrik kullandığına dair bilgiler yer almaktadır.

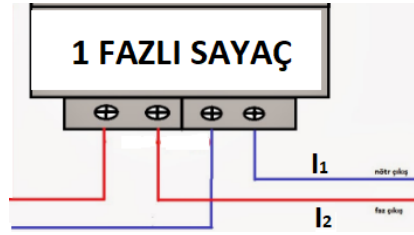
Bu dökümanda kaçak toplam kwh değeri ve buna göre hesaplanmış kaçak elektrik bedeli yer almaktadır. Tutanak düzenleme esnasında personellerinin zorluklarla karşılaştığı, sözlü ve fiile şiddete maruz kaldığı ve güvenlik güçlerinde zorlandığı beyan edilmiştir.

#### 4.1. Harici Faz veya Nötr Kullanarak Kaçak Elektrik Tespit Etme Yöntemi

Harici hat yoluyla kaçak elektrik kullanımını genellikle dağıtım hattının sayaç faz veya nötr iletkenlerinin sayaç ölçüm giriş klemens bağlantı noktalarından, ana kofre sigortasından veya dağıtım girişlerinden alınmaktadır. Bu alınan harici faz ve nötr sıva altı tesisat ile gizlendiği için açık olarak görülmemektedir. Bu durum ancak sayaç klemens faz-nötr iletkenlerinden akım ölçülerek anlaşılabilir. .

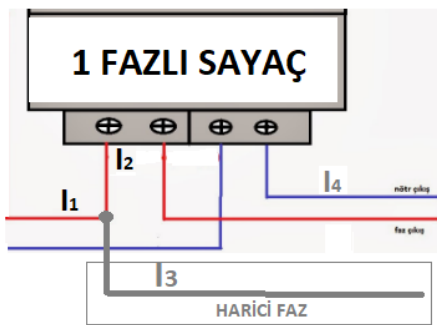
Sayaç harici faz-nötr ile yapılan kaçak yönteminin tespit etmek amacıyla çalışmamda kullanacağım yöntemi şema üzerinden açıklanır;

Mesken ve ticarethanelerde kullanılan bir fazlı sayaç bağlantısında herhangi bir harici hat olmadığı durumda  $I_1$  akımının  $I_2$  akımına eşit olduğu ( $I_1=I_2$ ) yani kaçak kullanım olmadığı durum, Şekil 3'te verilmiştir.

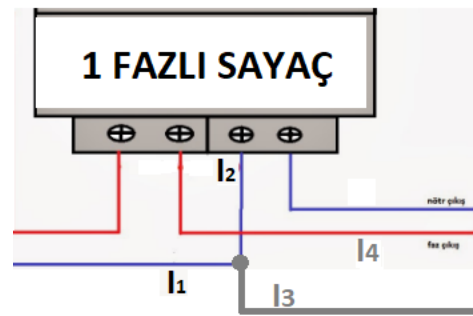


Şekil 3. Kaçak Akım Olmadığı Durum

Şekil 4'te harici faz ve Şekil 5'te harici nötr durumlarında  $I_1$  akımı  $I_2$  ve  $I_3$  kollarına ayrılacaktır.  $I_3$  kol akımı sayaç ölçüm sistemine dahil olmadığı için kayıt altına alınamayacaktır. Bu durumda sayaç klemens uçlarına bağlı  $I_2$  ve  $I_3$  akımları arasında fark meydana gelecektir. Yani  $I_2$  akım değeri  $I_4$  akım değerine eşit olmayacaktır. Bu durumda abone tesisatında harici hat ile kaçak elektrik kullandığı tespitini doğrulayacaktır.



Şekil 4. Harici Faz Bağlantısı

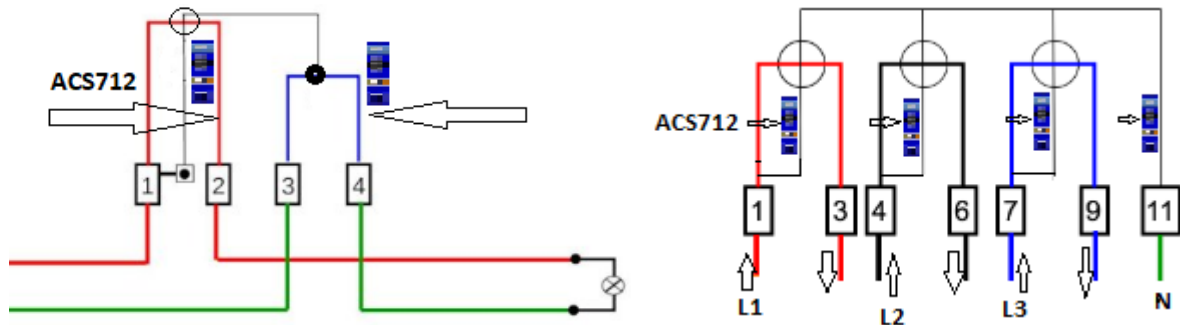


Şekil 5. Harici Nötr Bağlantısı

#### 4.2. Mikro Kontrol İle Harici Faz-Nötr Tespiti

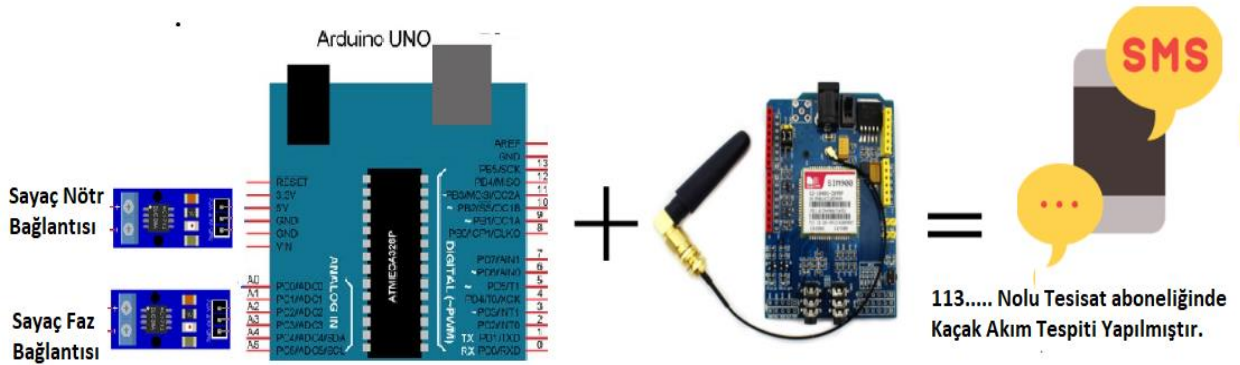
Harici faz-nötr üzerinden kaçak elektrik kullanımını önlemek amacıyla mikrokontrollü devre tasarımı yapılarak anında kaçak akım ve miktarının tespitini yapmak amacıyla bir elektronik kart tasarlanmıştır.

Şekil 6’da 1 fazlı ve 3 fazlı sayaç iç bağlantı şemasında faz devre faz ve nötr bağlantı iletkenlerine ACS712 akım sensörü seri olarak bağlanarak akım değerleri ölçülmüştür. ACS712 akım sensörü, alternatif akım (AC) ve doğru akım (DC)’larını ölçmek için kullanılabilen Allegro MicroSystems sistemine sahiptir. Bu sensör, hall effect’e prensibine göre çalışan IC entegre bir Hall Effect kartına sahiptir. ACS712 akım sensörünün çıkışın da, AC veya DC akımlarında orantılı bir analog gerilim üretmektedir. Bu çıkış değeri, AC veya DC seçimine göre değişmektedir [6].



Şekil 6. ACS712 Akım Sensörü Bağlantısı

Her bir faz akım değeri nötr akım değeri ile mikro kontrol kartı üzerinde karşılaştırılmıştır. Bu işlem için arduino kontrol kartı, ACS712 arduino kodları, karşılaştırma komut işlev kodları yazılmış ve gerekli bağlantılar yapılmıştır.



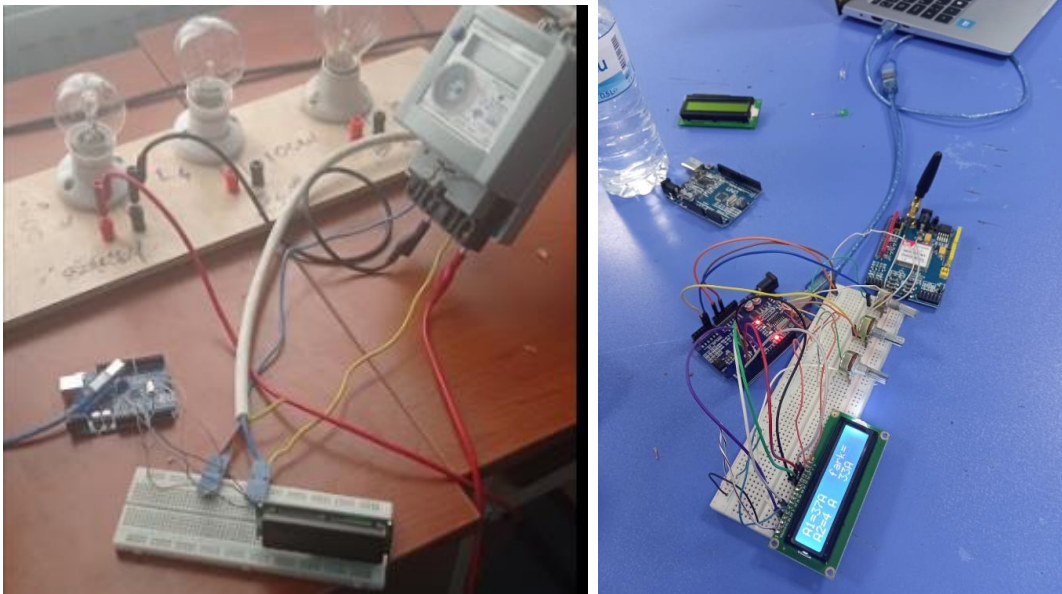
Şekil 7. Tasarım Blok Şeması

Şekil 7’de blok şemada mikro kontrol kartında ölçülen akım değeri farkının belirlenen akım değerinin üstünde olması durumunda, GSM (Mobil İletişim İçin Küresel Sistem) GPRS (cep telefonu şebekesi üzerinden paket anahtarlama) olarak veri iletimi sağlayan teknoloji) Shield Donanımı ile AT komutlarını kullanarak UART (bilgisayar ve mikrokontroller ve çevre birimler arasında haberleşmeyi sağlayan haberleşme protokolü) aracılığıyla SMS (kısa mesaj hizmeti), MMS (mobil çoklu ortam mesajlaşma

hizmeti), GPRS ve sesli olarak dağıtım şirketi ve istenilmesi halinde aboneye tesisatında kaçak akım olduğu bilgisi kısa zaman içerisinde iletilmiş olacaktır [7].

#### 4.3. Mikro Kontrol Kart Tasarım Aşamaları

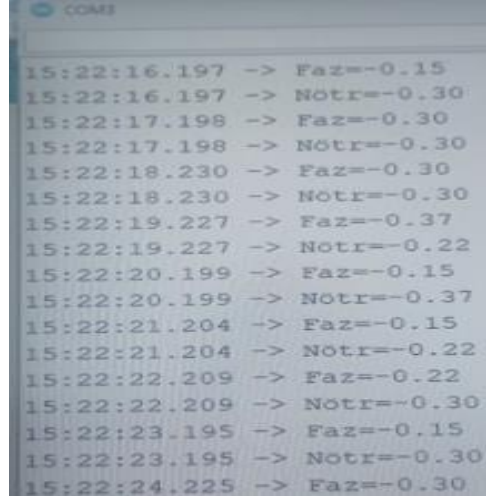
Mikro kontrol kartının bağlantı şeması için Şekil 8’de gerekli elektronik kartlar ve bağlantılar yapılmış bir fazlı elektronik sayacın faz ve nötr bağlantısı gerçekleştirilmiştir. İlk olarak harici faz ve nötr akım değerleri 2 adet 10 kohm potansiyometreler ile değişken akım değerleri elde edilmiştir. Potansiyometrelerde alınan farklı akım değerlerine göre akım farkları karşılaştırılmıştır. Akım farkları LCD ekrana gönderilerek kaçak akım miktarı görülmüştür. Şekil 9’da kart için gerekli olan ilk basamak kod yazımı gerçekleştirilmiş ve ASC 712 analog akım ölçerden akım ölçümünün gerçekleştiği test edilmiştir. Şekil 10’da akım değerleri ekranı görülmektedir.



Şekil 8. Kart bağlantı Görseli

```
void loop() {  
  double Faz; // Amper değeri  
  double Notr;  
  int mVperAmpFaz = 66; // 5A modül için  
  int mVperAmpNotr = 66;  
  int OutVoltajFaz; // Akım hesaplamak  
  int OutVoltajNotr;  
  OutVoltajFaz = analogRead(A0); // S  
  OutVoltajNotr = analogRead(A1);  
  Faz = (((OutVoltajFaz / 1024.0) * 500  
  Notr = (((OutVoltajNotr / 1024.0) *  
  Serial.print("Faz=");  
  Serial.println(Faz);  
  Serial.print("Notr=");  
  Serial.println(Notr);  
  delay(1000);  
}
```

Şekil 9. Akım Sensörü Kod Listesi



Timestamp	Phase	Neutral Current
15:22:16.197	Faz	-0.15
15:22:16.197	Nötr	-0.30
15:22:17.198	Faz	-0.30
15:22:17.198	Nötr	-0.30
15:22:18.230	Faz	-0.30
15:22:18.230	Nötr	-0.30
15:22:19.227	Faz	-0.37
15:22:19.227	Nötr	-0.22
15:22:20.199	Faz	-0.15
15:22:20.199	Nötr	-0.37
15:22:21.204	Faz	-0.15
15:22:21.204	Nötr	-0.22
15:22:22.209	Faz	-0.22
15:22:22.209	Nötr	-0.30
15:22:23.195	Faz	-0.15
15:22:23.195	Nötr	-0.30
15:22:24.225	Faz	-0.30

**Şekil 10.** Sensör Akım Değerleri

## 5. Tartışma ve Sonuç

Micro kontrol kartı tasarımında 30 amper akım ölçme kapasitesine sahip olmasına rağmen akım kapasitesinin yüke bağlı olarak bu değere yakın akımların görülmüştür. Faz-nötr akım farkları elde edilmiştir. Elde edilen akım değeri GPRS karına yüklenmiş fakat sim kart üzerinde gönderim sağlanmasında giden mesajın alınması sırasında yazım hataları görülmüştür. Bu hatanın dağıtım şirketlerine ait modem üzerinden mesajın iletilmesinin daha ekonomik ve kolay olacağı düşünülmüştür. Kırsal kesimler için ise GPRS yada sim kart kullanılarak kaçak akım miktarı dağıtım şirketinin sistemine bildirilecektir. Dağıtım şirketlerinin asop panolarında kullandığı yeni nesil yatay sayaçlar içerisinde mikro kontrol kartının sadece ACS712 akım ölçüm sensörü konulması ve mevcut sayaç ana kartı üzerinde gerekli akım değerlendirme yazılımının yapılması durumunda sistemin maliyeti ve yer kaplaması azaltılmış olacaktır. Bu durumda sadece kaçak akım değerinin ve sonucunun faz-nötr üzerinden gelen akımları sim kart veya wifi üzerinden dağıtım şirketine bildirilmesi kalmaktadır.

Bu çalışmada, elektrik dağıtım şebekelerinde alçak gerilim (AG) seviyesinden bağlı, bir ve üç fazlı tüketicilerin kaçak ve usulsüz elektrik kullanımlarını tespit etmeye yönelik sistem geliştirilmiştir. Bu yöntem ile teknik olmayan kaçak elektrik kullanımının sayaç sistemine eklenecek mikro kontrol kart ile harici faz veya nötr den kaynaklı kaçak yöntemi tespit edilmiş olacaktır. Bu mikro kontrol kartın uygulanmasıyla birlikte tüketiciler yasal yollardan elektrik kullanmak zorunda kalacak, ücreti ödememeden kaynaklı aşırı enerji tüketiminin engellenmesi ve teknik olmayan kayıpların ulusal bazda oranlarının düşürülmesine katkı sağlanacaktır. Ülkemizdeki elektrik dağıtım şirketleri büyük kayıplı şirketler grubundadır. Mikro kontrol sistemi ile teknik olmayan kayıpların tespit edilmesi ile birlikte dağıtım şirketlerinin kayıpları azalacaktır. Şirketlerin katma değerleri artacak yeni altyapı yatırımları ile kesintisiz ve kaliteli bir elektrik enerjisini biz tüketicilere sunma imkanları olacaktır.



Yerinde ve anında tespit yöntemi ile kaçak kullanımının tespiti yapıldığından engel olma kabiliyeti geliştirilmiş olacak ve kayıp oranlarında azalma olacaktır. Kaçak kontrol personelinin ve güvenlik güçlerinin sahaya çıkmasına gerek kalmayacak olumsuz durumlar ile karşılaşmaları önlenmiş olacaktır.

### **Teşekkür**

Bu çalışmada gerekli katkıyı sağlayan, Batman Dicle Elektrik kurumu Kayıp-Kaçak birimine teşekkür ederiz.

### **Kaynakça**

[1] 2023, Elektrik Piyasası Sektör Raporu, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu(EPDK), Ankara, 75 sayfa

[2] 2018, Elektrik Piyasası Tüketici Hizmetleri Yönetmeliği

[3] 2023, Türkiye Elektrik İletim A.Ş. istatistik raporları, <https://www.teias.gov.tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>

[4] Kabalcı., E., 2014, Wordpress, [https://ekblc.files.wordpress.com/2014/10/89085\\_pp7.pdf](https://ekblc.files.wordpress.com/2014/10/89085_pp7.pdf), 2023

[5] Kalil T. ,Swain Oldham (2008). The doctrine of description: Gustav Kirchhoff, classical physics, and the "purpose of all science" in 19th-century Germany (Tez). University of California, Berkeley. s. 52. Docket 3331743.

[6] 2023, direncnet, <https://blog.direnc.net/arduino-acs712-akim-sensorukullanimi>

[7] Akcora, K., 2022,Robolink Teknoloji, <https://akademi.robolinkmarket.com/robonio-gsm-shield-kullanimi/>, 2023