



ISSN:1306-3111  
e-Journal of New World Sciences Academy  
2009, Volume: 4, Number: 4, Article Number: 1A0044

### **ENGINEERING SCIENCES**

Received: February 2009  
Accepted: September 2009  
Series : 1A  
ISSN : 1308-7231  
© 2009 [www.newwsa.com](http://www.newwsa.com)

**Erdal Bekiroğlu**  
**Nihat Daldal**  
Abant İzzet Baysal University  
bekiroglu\_e@ibu.edu.tr  
Bolu-Turkey

## **TRANSFORMATÖR MERKEZLERİNİN GÜVENLİK AMAÇLI UZAKTAN İZLENMESİ VE OTOMASYONU**

### **ÖZET**

Bu çalışmada transformatör merkezlerinin güvenliğini sağlamak amacıyla uzaktan bir izleme ve otomasyon sistemi gerçekleştirilmiştir. Transformatör merkezinde meydana gelen olayların kontrol merkezine ve ilgili kişilere aktarılması için GSM temelli bir uzaktan kontrol sistemi geliştirilmiştir. Gelen sinyallerin kontrol merkezinde izlenmesini ve değerlendirilmesini sağlamak amacıyla görsel bir yazılım geliştirilmiştir. Transformatör merkezinin giriş ve çıkışları altı ayrı terminalden denetlenmektedir. Enerjinin kesilmesi durumunda kontrol merkezine kısa mesaj gönderilmektedir. Bilgisayar görsel ara yüz programı ile gelen mesajlar değerlendirilerek hangi fazların enerjilerinin kesildiği anında gözlenmektedir. Enerji kesintisinin arıza kaynaklı bir kesintisi mi yoksa hırsızlık sebebi ile oluşan bir kesintisi mi olduğunun değerlendirilmesi görevlilerce yapılabilir. Görevlilerin her türlü enerji arızasından anında haberdar olması sağlanmaktadır. Geliştirilen sistem orta gerilim şebekesindeki dağıtım transformatör merkezlerine kurulmuştur. Sistemin hızlı, güvenilir, hassas ve doğru olduğu başarıyla test edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Dağıtım Transformatörü, Mikrodenetleyici, GSM, Uzaktan İzleme, Otomasyon, Transformatör Güvenliği

### **AUTOMATION AND REMOTE MONITORING OF TRANSFORMER CENTERS FOR PROTECTION ABSTRACT**

In this study, a remote monitoring and automation system that ensure safety of the transformer centers has been realized. A GSM based a remote control system has been improved for transmitting the cases that exist on the transformer centers to the control center and the related persons. Visual software has been developed to provide monitoring and evaluating the signals at the control center. The input and outputs of the transformer centers are controlled from the six terminals. While energy interruption occurred a short message is sent to the control center. The energy interruptions are monitored instantaneously on the visual interface software by the evaluating the incoming messages. The operators can evaluate that the energy interruption is caused by the transformer theft or caused by the electrical failure. The operators are notified about the energy failures instantly. The developed system has been set up to the distribution transformers used in the medium voltage electrical network. The developed system is tested successfully that it is fast, reliable, precise and exact.

**Keywords:** Distribution Transformer, Microcontroller, GSM, Remote Monitoring, Automation, Transformer Protection



## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Elektrik enerji sistemi; üretim, iletim ve dağıtım kısımlarından oluşan komple bir sistemdir. Elektrik enerjisinin tüketicilere sürekli, güvenli ve kaliteli olarak sağlanması günümüz ihtiyaçları ve teknolojisi bakımından bir zorunluluk halini almıştır. Elektrik enerjisindeki kısa veya uzun süreli kesintiler, hem ev ve ofis tüketicileri hem de endüstri için büyük bir risk ve olumsuzluk taşımaktadır.

Transformatörler, elektrik enerji sisteminin iletim ve dağıtım kısımlarındaki en temel cihazlarıdır. Enerjinin kesintisiz ve güvenli olarak aktarılmasını sağlamak için transformatörlerin güvenliği ve hatasız çalışması büyük önem taşımaktadır. Transformatör merkezlerinin elektrik arızası dışındaki olabilecek saldırı ve tehditlerden de korunması gerekmektedir. Sürdürülebilir şehir aydınlatmasının önündeki temel engellerden biri hırsızlıktır. Transformatör hırsızlıkları bu hırsızlıklardan biridir [1]. Son zamanlarda hırsızlıklar artık transformatör merkezlerine kadar ulaşmış, özellikle yüksek gerilim hatlarında kullanılan transformatörler, enerjileri kesilerek çalınmaya başlanmıştır. Bunun başlıca sebebi Transformatörlerin fiyatlarının oldukça pahalı olmasıdır.

Dağıtım sistemleri ile güç ve dağıtım transformatörlerinin izlenmesi, güvenliği ve korunması ile ilgili olarak literatürde çeşitli çalışmalar yayınlanmıştır. Enerji kalitesi ve sürekliliği için orta gerilim (OG) dağıtım sistemlerinin yönetimi [2], bir enerji endüstriyel işletmede elektrik enerjisinin izlenmesi [3], elektrik dağıtım sisteminin bilgisayarla programlanması ve otomasyonu ile ilgili çalışmalar sunulmuştur [4 ve 5]. Transformatörlerin izlenmesi ile ilgili çalışmaları tarayan ve literatürü ortaya koyan çalışmalar yayınlanmıştır [6, 7 ve 8]. Orta gerilimli güç sistemlerinin korunması, ölçülmesi, izlenmesi ve kontrolü çalışması yapılmıştır [9]. Dengesiz dağıtım sistemlerinde otomatik gerilim regülatörü ve dağıtım transformatörlerinin modellenmesi ile ilgili yeni bir yaklaşım tanıtılmıştır [10]. Dağıtım transformatörlerinin anahtarlanması, arızalardan korunması ve aşırı yüklemelerinin izlenmesi ile ilgili olarak bir çalışma sunulmuştur [11]. Transformatörlerde arıza koşullarının izlenmesi ve arıza teşhisi ile ilgili bir standart çalışması yapılmıştır [12]. Güç transformatörlerinin çalışma koşullarının izlenmesi amacıyla veri kartı tabanlı görsel bir ölçme sistemi geliştirilmiştir [13]. Güç transformatörlerinin izlenmesi ve aşırı yük koşullarının hesaplanmasının güç sistemlerinin kontrolüne entegre edilmesi [14], büyük güçlü transformatörlerin arıza tespitleri [15] ve güç transformatörlerin on-line izlenmesi ile ilgili çeşitli çalışmalar sunulmuştur [16, 17, 18 ve 19]. Bir başka çalışmada jeneratör-transformatör ünitesi için dijital topraklama arızası koruma yöntemi geliştirilmiştir [20]. Transformatörlerin arıza teşhisi için yapay sinir ağları kullanılmıştır [21, 22, 23 ve 24]. Transformatör sargılarında meydana gelen arızalarını tespit etmek için deneysel bir çalışma sunulmuştur [25]. Transformatörün primer tarafından korunması [26] ve güç transformatörlerinde koruma sinyallerine göre arızaların sınıflandırmasını yapan yöntemler sunulmuştur [27]. Güç transformatörlerinde arıza teşhisinde görsel araç kullanımı [28] ve arıza teşhisi ve uzaktan izlemeye ait metotlar verilmiştir [29]. Transformatörlerin mikrodenetleyici temelli korunması ve izlenmesi ile ilgili bazı çalışmalar sunulmuştur [30, 31 ve 32].



## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışmada OG şebekesinde çalışan dağıtım transformatörleri için mikrodenetleyici tabanlı, uzaktan bir izleme ve otomasyon sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem OG şebekesinde 34,5 kV/400V gerilimdeki 100 kVA, 250 kVA ve 400 kVA güçlerindeki transformatör merkezlerine uygulanmıştır. Sistem gerektiği durumlarda farklı gerilim ve güçlere sahip transformatör merkezlerine de uygulanabilmektedir. Transformatörlerin enerjileri gerilim transformatörleri yardımı ile altı ayrı noktadan denetlenmektedir. Enerji kesilmesi durumunda enerji yönetim merkezine kısa mesaj (sms) gönderilmekte, bilgisayar ara yüzü ile de gelen kısa mesajlar değerlendirilerek hangi fazların enerjilerin gittiği anında gözlemlenmektedir. Geliştirilen sistemin doğru, hızlı, güvenilir ve kullanılabilir olduğu sahada uygulama yapılarak başarı ile test edilmiştir.

Kesilen enerjinin arızadan kaynaklanabilecek bir enerji mi yoksa hırsızlık sebebi ile kesilen bir enerji mi olduğunun görevlilerde değerlendirilmesi yapılabilmekte ve böylelikle görevlilerin her türlü enerji arızasından haberi de olabilmektedir. Sadece fazlardan birinin veya ikisinin gitmesi bir arızadan kaynaklanır bu durumda arıza sebebi araştırılarak arıza giderilmeye çalışılır. Şayet fazların hepsi gitmiş ise bu bir risk teşkil eder. Arıza kaynaklı da olabilir ancak hırsızlık sebebiyle de trafo enerjileri kesilmiş olabilir. Bu durumda elektrik dağıtım yetkilisi arızayı araştırır. Duruma göre ya transformatörün yanına gider hırsızlık durumuna bakar. Ya da arıza sebebini bulup giderir. Arıza giderildiğinde sistem tekrar enerjilerin geldiğini bildirirse hırsızlık yok demektir. Şayet enerji geldiği mesajı belirli sürede gelmezse yüksek olasılıkla hırsızlık yapılmaktadır.

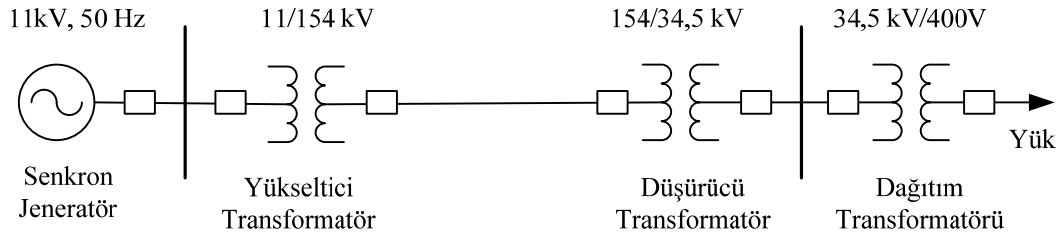
## 3. GÜÇ SİSTEMLERİ VE DAĞITIM TRANSFORMATÖRLERİ (POWER SYSTEMS AND DISTRIBUTION TRANSFORMERS)

Güç sisteminin işlevi mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürmek ve bu enerjiyi tüketicilere iletmektir. Elektrik enerjisinin en büyük üstünlüğü, kolay iletilmesi ve yüksek güvenilirlik ve etkinlikte kontrol edilebilmesidir. Güç sistemi; sistemdeki yük değişimlerini karşılamalı ve kesintisiz, güvenilir ve kararlı bir enerji sağlamalıdır. Elektriksel yükler ideal olarak sabit bir gerilim ve frekansa beslenmelidir. Bundan dolayı güvenilirlik ve kalite bir güç sisteminden beklenen en temel iki özelliştir [33].

Elektrik enerji şebekesinin iletim ve dağıtım kısımlarında transformatörler sistemin vazgeçilmez elemanlarıdır. Transformatörler güç sistemlerinde istenen değişik gerilim değerlerini sağlarlar [34]. Gerilimi 34,5 kV ve gücü 2500 kVA ya kadar olan transformatörler genellikle dağıtım şebekelerinde kullanıldıklarından dolayı, dağıtım transformatörleri olarak adlandırılırlar.

Dağıtım gerilimleri 0,4 kV ile 34,5 kV arasındadır. Küçük endüstriyel bu gerilimler seviyesinde birincil feederler aracılığı ile beslenebilirler. İkincil dağıtım feederleri yerleşim yerlerini ve ticari tüketicileri alçak gerilim ile beslerler [35].

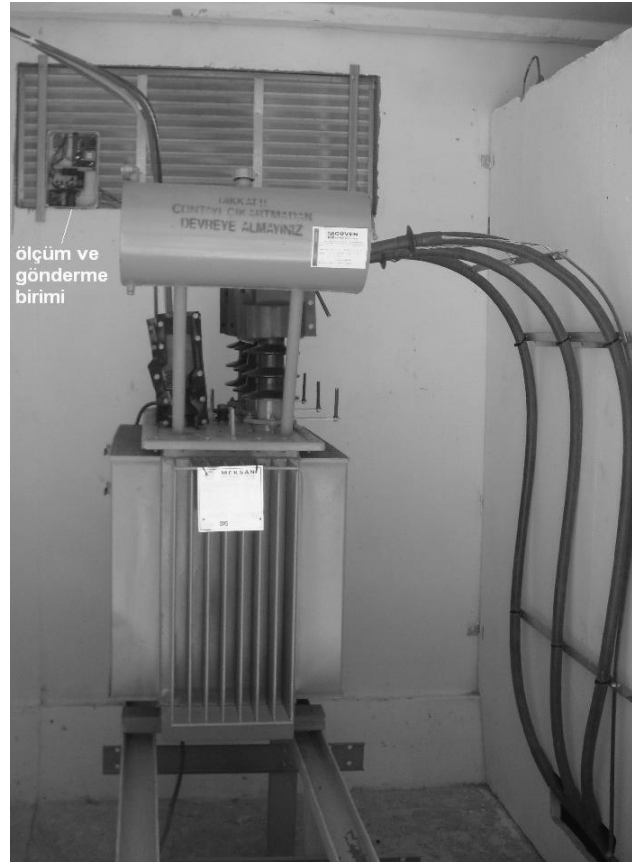
Genellikle yükler jeneratör uçlarına doğrudan bağlanmazlar. Jeneratör belirli uzaklıktaki yükleri bir güç hattı ile besler. Şekil 1'de bir güç sisteminin temel yapısı gösterilmiştir. Elektrik enerjisi senkron jeneratörlerle üretildiği ilk merkezden yükseltici transformatör ile yükseltilerek iletilir ve daha sonra düşürülür, dağıtım transformatörleri ile standart gerilim değerlerine indirilerek alıcılara dağıtılır.



Şekil 1. Bir güç sisteminin tek hat modeli  
(Figure 1. Single line model of the power system)

#### 4. SİSTEMİN TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ (DESIGN AND IMPLEMENTATION OF THE SYSTEM)

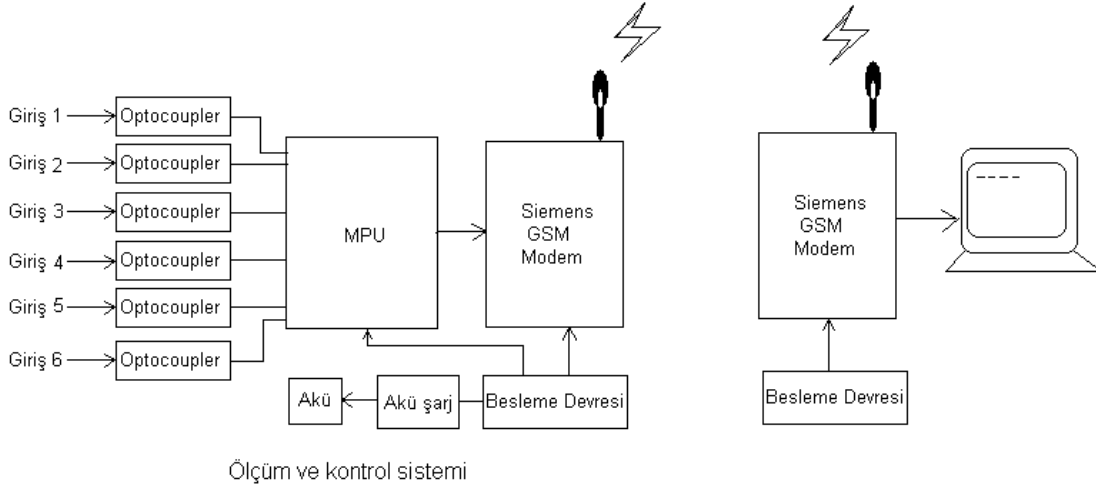
Bu çalışmada geliştirilen sistem, OG şebekedeki dağıtım transformatörlerine uygulanmıştır. Dağıtım transformatörlerinin giriş ve çıkış fazları ölçülerek enerjinin mevcut durumu izlenmiştir. 34,5 kV gerilimdeki primer tarafının gerilimi gerilim transformatörü aracılığı ile 220 volta indirildikten sonra sinyal transformatörü ile 5 volta indirilerek, mikrodnetleyicinin ölçebileceği sinyal durumuna getirilmiştir. Sekonder kısmında bulunan 400 voltluk fazlar arası gerilim de sinyal transformatörü yardımı ile indirilerek mikrodnetleyiciye aktarılmaktadır. Burada transformatörün bağlantısının yıldız veya üçgen olması sistemin çalışmasını etkilememektedir. Şekil 2'de sistemin uygulandığı bir trafo merkezi görülmüştür.



Şekil 2. Sistemin uygulandığı bir transformatör merkezi  
(Figure 2. Application of the system to the transformer center)



Şekil 3'de geliştirilen transformatör merkezi enerji izleme sisteminin blok diyagramı gösterilmiştir. Sistem iki ayrı üiteden oluşmaktadır. Birincisi ölçümlerin yapıldığı ve kesinti durumlarını bildiren gönderici ünite, diğeri ise bilgilerin alındığı ve değerlendirilerek bilgisayara gönderildiği alıcı üitedir. Bunun dışında bilgisayarda yazılan ara yüz programı ile de GSM modemden alınan SMS bilgileri değerlendirilerek hangi transformatör merkezinin hangi girişlerinde gerilim kesintileri olduğu anında gösterilmektedir. Kayıt amacı ile de her transformatör merkezinin durumları, enerji kesinti saat ve tarihleri EXCEL dosyasına kaydedilmektedir. Kullanıcı isterse EXCEL'de kaydedilen verilere göre enerji durumlarını grafiksel olarak ta çizebilmektedir.

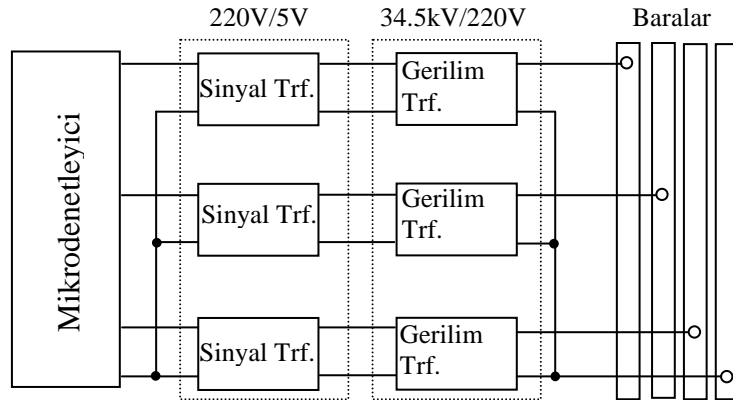


Şekil 3. Sisteme ait blok diyagram  
(Figure 3. Block diagram of the system)

Sistemin getireceği avantaj, enerji kesintilerinde hemen haberdar edilerek uzun süre kesintilerin önüne geçilmesidir. Diğer bir avantaj ise hırsızlık durumunun tespit edilip hemen ilgili birimlerin alana yönlendirilerek hırsızlıkların önlenmesidir. Arıza durumunda genelde tek faz kesintisi olabilir. Şayet 2 faz ya da 3 faz kesilmiş ve diğer 3 noktadan da alınan gerilim değerleri de kesilmiş ise hırsızlık olma olasılığı oldukça yüksektir.

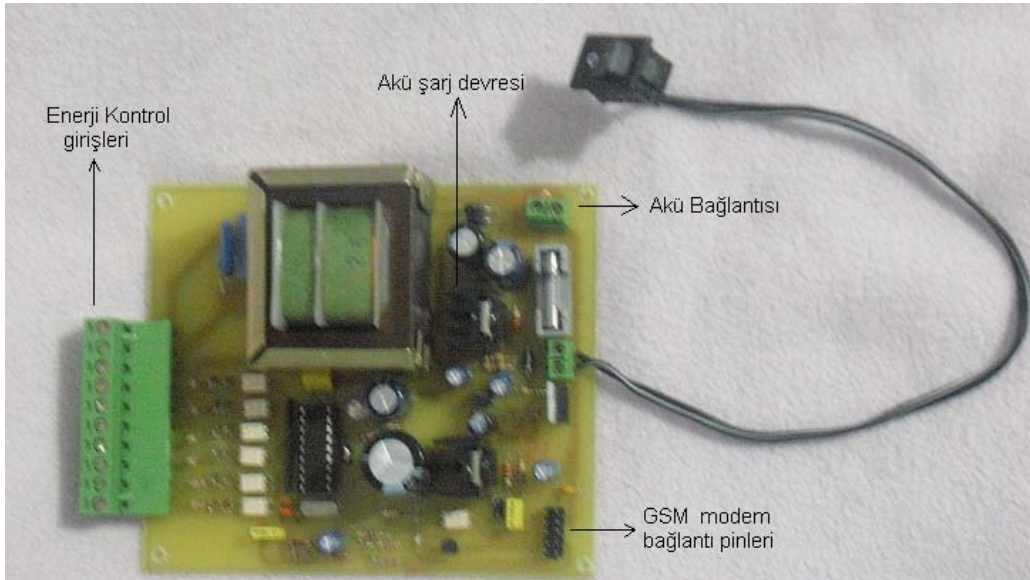
#### 4.1. Ölçüm ve Gönderme Birimi (The Measurement and Transmit Unit)

Transformatörlerin primer ve sekonder gerilimleri mikrodenetleyici tarafından ayrı ayrı ölçülmektedir. Şekil 4'de primer girişlerini ölçüme ait blok diyagram verilmiştir. Burada 34.5 kV OG gerilim değeri, gerilim transformatörü ile 220 volta indirilmekte, sinyal transformatörü ile de bu gerilim 5 volta indirilerek mikrodenetleyiciye aktarılmaktadır. Ölçme kısmında şalt merkezinde mevcut bulunan 34.5kV/220 voltluk mevcut ölçme transformatöründen yararlanılmıştır. Burada maliyeti azaltmak amacıyla, gerilim ölçme katında OG'de kullanılan gerilim algılayıcı sensörler yerine sinyal transformatörleri tercih edilmiştir.



Şekil 4. Primer fazlarının ölçümüne ait blok diyagramı  
(Figure 4. Block diagram of measuring of the primer phases)

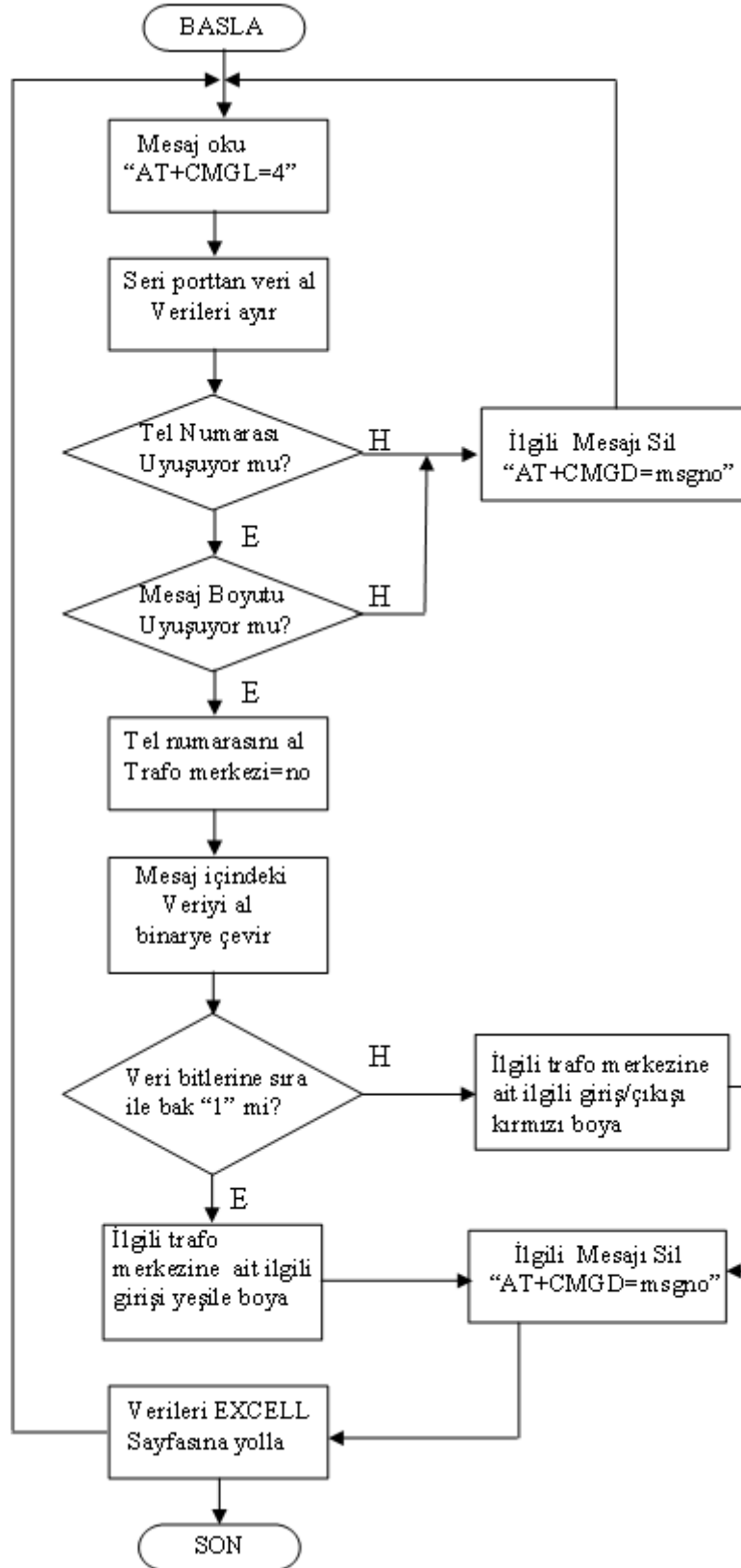
Şekil 5'de de ölçüm ve gönderme birimi için tasarlanan elektronik devre kartı görülmektedir.



Şekil 5. Sistem için tasarlanan ölçüm ve gönderme birimi  
(Figure 5. Measurement and transmit unit designed for the system)

Ölçüm ve gönderici kartta sistemin enerji ölçüm noktalarından bağımsız olup harmonik ve gürültü sinyallerinden etkilenmemesi amacıyla optocoupler ile ölçüm sağlanmıştır. Sistemde GSM modem pinlerine GSM' in +,- besleme uçları ile RX-TX haberleşme pinleri bağlanmıştır. Sistemde ayrıca ekstradan akü şarj devresi de kart üstüne eklenerek enerji kesintisinde kartında enerjisiz kalmaması için sistemin beslendiği akü de şarj edilmektedir.

Burada kullanılan mikrodenetleyici sürekli enerji girişlerini kontrol etmekte, bu girişlerden enerji kesintilerinde hemen GSM modem üzerinden alıcı merkeze kısa mesaj atarak "R", "S", "T" fazlarından veya diğer 3 girişteki fazların hangisinin veya hangilerinin kesildiğini bildirmektedir. Enerji tekrar geldiğinde sistem yine SMS atmaktadır. Aslında sistem sadece enerji kesintilerini değil, girişlerdeki enerji değişimlerini bildirmektedir. Böylelikle enerji takibi daha güvenli olmaktadır. Geliştirilen sisteme akış diyagramı Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Geliştirilen sistemin akış diyagramı  
(Figure 6. A flowchart of the developed system)

#### 4.2. Alıcı Birimi ve Görsel Arayüz Programı (Receiver Unit and Visual Interface Program)

Alıcı tarafta bir besleme ünitesi birde GSM modem bulunmaktadır. GSM RS232 portu ile bilgisayara bağlıdır. Burada GSM e gelen mesajları okumak için bir mikrodenetleyicili sistem tasarlamak yerine, bilgisayara yazılan arayüz programı ile mesajlar doğrudan GSM üzerinden okunmakta ve değerlendirilmektedir. Bu sayede donanım ve maliyet en aza indirgenmiştir. Görsel yazılım Visual Basic programı kullanılarak geliştirilmiştir. Şekil 7'de GSM telefon ve bilgisayardan oluşan alıcı birimi gösterilmiştir.



Şekil 7. GSM telefon ve bilgisayar ara yüz programı  
(Figure 7. GSM mobile phone and computer interface program)

Program belirli zaman aralıklarında GSM modemden mesaj okuma isteği göndermekte, mesaj yoksa bu isteği zaman aralıklarıyla göndermektedir. Mesaj var ise mesaj içeriğine bakmakta öncelikle mesaj boyutu uyuyor ise mesajı değerlendirmeye almakta, boyut uyuşmuyor ise mesajı silmektedir. Mesaj boyutu uyuyorsa mesaj gönderilen numaraya bakmakta, numara da uyuyor ise veriyi alıp bitlerine ayırmaktadır. Gelen verinin ilk 6 biti transformatör merkezinin giriş durumlarımızı temsil etmekte ve bu bitler "1" ise o girişte enerji olduğunu, "0" ise enerji olmadığını bildirmektedir. Gelen numaraya göre ilgili transformatör merkezine ait ilgili giriş kutularını içi boyanmakta ve veriler aynı zamanda EXCEL sayfasına da atılmaktadır. Bu işlem bitince mesaj silinip program başa dönerek tekrar mesaj gelip gelmediğini kontrol etmektedir.

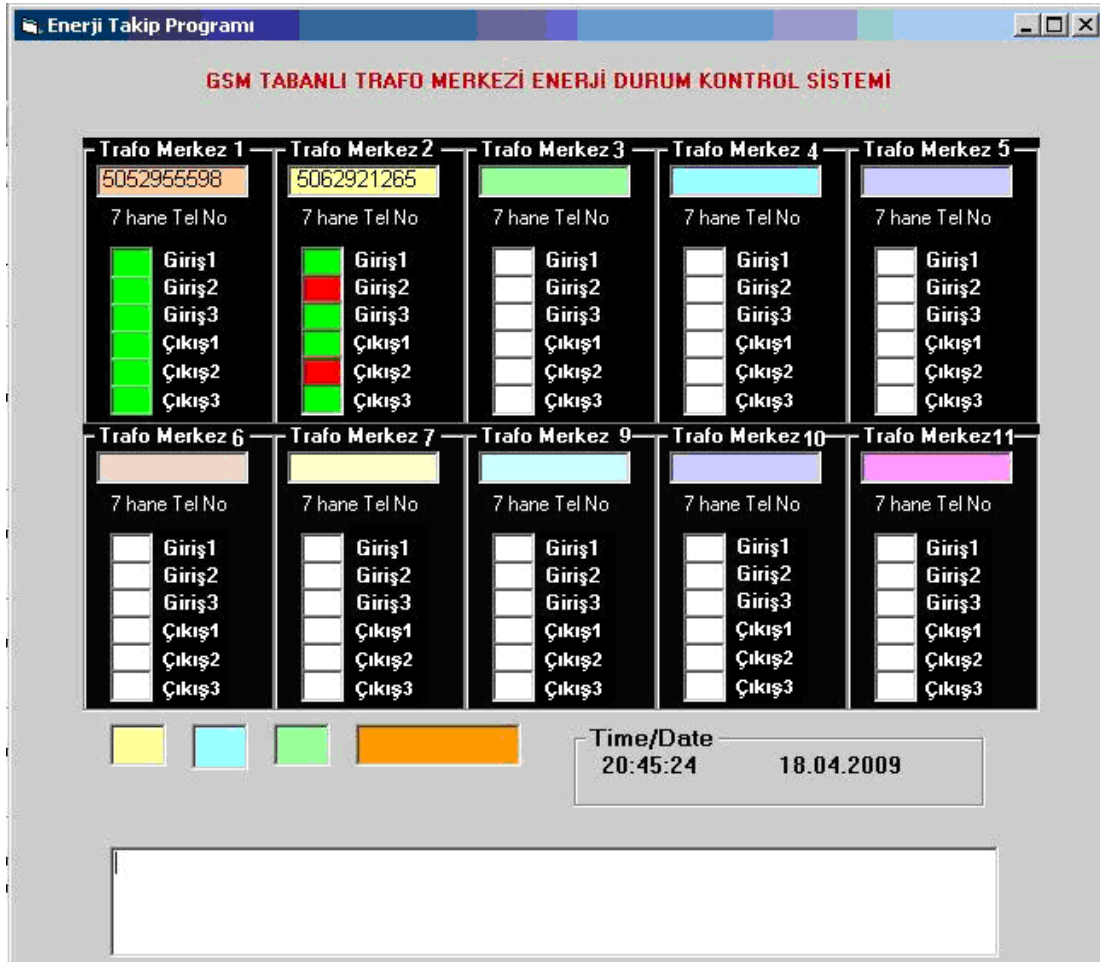
GSM'e dışardan bilgi mesajı veya yanlış mesaj gelme durumlarında bu mesajın güvenlik sisteminden gelmediği anlaşılmalı ve dikkate alınmayarak hafızada yer tutmaması için silinmesi gerekmektedir. Yanlış mesaj olup olmadığını ilk başta basitçe toplam mesaj boyutuna bakarak gerçekleştirilmiştir ancak aynı boyutta mesaj gelme olasılığına karşı gelen mesaj içindeki numara bilgisi alınıp Visual Basic yazılımında transformatörler için girilen numara kutucuklarındaki numaralar ile karşılaştırılmaktadır. Şayet numara uyuyor ise bu sefer mesaj boyutuna bakılmakta, mesaj boyutu da uygunsa mesaj içindeki bilgi alınarak ilgili numaraya ait kutucuklar bilgiye göre boyanmaktadır.





#### 4.3. Örnek Uygulama (Sample Application)

Şekil 8'de geliştirilen sistemin görsel arayüzü gösterilmiştir. Bu uygulamada görsel yazılım 10 adet transformatör merkezini izleyecek şekilde tasarlanmıştır. Programda görüldüğü gibi Kontrol edilen her transformatör Merkezi için bir sütun ayrılmış, girişler ise ayrı olarak hücre olarak gösterilmiştir. Ayrıca her merkezin bir GSM numarası vardır. Bildirim mesajı geldiği anda ilgili transformatör merkezinin numarası Tel No hücrelerine yazılır ve giriş durumları giriş kutularında renkli olarak gösterilir. Sistemin çalışmasını göstermek amacıyla mikrodenetleyici ve GSM den oluşan alıcı/verici kısmı 1 ve 2 numaralı Transformatör Merkezlerine bağlanmıştır. Şekilde de görüldüğü gibi 1 numaralı transformatörün bütün girişleri yeşil renge boyalıdır. Bu durumda enerjilerin tümü kesintisiz olarak sağlanmaktadır. 2 numaralı Transformatör Merkezinde ise 2 ve 4 numaralı girişler kırmızı renge boyanmıştır. Bu girişlerde enerji kesintisi meydana geldiği görsel arayüz üzerinde kolaylıkla anlaşılmaktadır. Bu durum anında Kontrol Merkezine ve ilgili uzmanlara kısa mesaj ile bildirilmektedir. Transformatör merkezlerine ait mevcut durum bilgisi aynı zamanda Şekil 9'da gösterildiği gibi EXCEL dosyasına kaydedilmektedir.



Şekil 8. Görsel arayüz ekranının görünümü  
(Figure 8. A view of the visual interface screen)



Alarm Kayıtları									
No	Tel No	Giriş 1	Giriş 2	Giriş 3	Çıkış 1	Çıkış 2	Çıkış 3	Tarih	Saat
1	0505295...	1	1	1	1	1	1	18.04.2009	20.45
2	0506292...	1	0	1	0	1	1	18.04.2009	20.45
3									

Şekil 9. Verilerin kaydedildiği EXCEL sayfası  
(Figure 9. Data stored in EXCEL page)

##### 5. SONUÇ VE ÖNERİLER (RESULT AND CONCLUSIONS)

Bu çalışmada transformatör merkezlerinin hırsızlık saldırılarına karşı korumak amacıyla mikrodenetleyici ve GSM tabanlı uzaktan bir izleme ve otomasyon sistemi geliştirilmiştir. Transformatör merkezinin hem giriş hem de çıkışları ölçülerek, enerji kesilmeleri anında kontrol merkezine gönderilmektedir. Enerjinin kesilmesi durumunda kontrol merkezine ve ilgili uzman görevlilere kısa mesaj gönderilmektedir. Bilgisayar görsel ara yüz programı ile gelen mesajlar değerlendirilerek hangi fazların enerjilerinin kesildiği anında gözlenmektedir.

Geliştirilen sistem OG şebekesinde çalışan, farklı güçlerdeki dağıtım transformatörlerine uygulanmıştır. Sistem istendiğinde farklı gerilim ve güçlere sahip transformatör merkezlerine de uygulanabilmektedir. Geliştirilen sistemde 10 adet transformatör merkezi tek bir kontrol merkezi tarafından izlenmektedir. Geliştirilen sistem gereken durumlarda, izlenecek transformatör merkezi sayısının kolaylıkla artırılabilmesi esneklikte tasarlanmıştır.

Sistem mikrodenetleyici kontrolünün hassasiyeti avantajının yanı sıra, görsel program ile izlenme avantajına sahiptir. GSM ile uzaktan kontrol yapılarak mekandan bağımsız bir izleme sistemi ortaya konulmuştur. Mikrodenetleyici ve görsel arayüz yazılımları özgün olarak geliştirilmiştir. Yazılımlarda ve GSM ile denetim kısımlarında sistem güvenilirliği ve kullanım kolaylığı dikkate alınmıştır. Sistemin donanımı basit tutularak maliyetin düşük olması sağlanmıştır.

Sistem sahadaki dağıtım transformatörlerine başarı ile uygulanarak, güvenlik amaçlı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Çalışmanın kritik öneme sahip transformatör merkezleri ile güç sistemleri merkezlerine uygulanmasının enerji sürekliliği ve güvenlik bakımından önemli yarar sağlayacağı değerlendirilmektedir.

##### KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Garip, M. ve Kılıç, B., (2007). İstanbul için sürdürülebilir şehir aydınlatma politikası, IV. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu ve Sergisi Bildirileri, 1-6.
2. İşler, T., (2009). Enerji kalitesi ve sürekliliği için OG dağıtım sistemlerinin yönetimi-1, EMO Dergisi, Nisan, 32-34.
3. Bayındır, R., Demirbaş, Ş., Bektaş, A. ve Çolak, I., (2008). Bir endüstriyel işletmede elektrik enerjisinin izlenmesi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 24(1-2), 154-164.
4. Çalışkan, N.O., (2007). Elektrik dağıtım sisteminin bilgisayarla programlanması ve otomasyon, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.



5. Canıgür, S., (2001). Banvit Bandırma tesisi OG-AG enerji dağıtım ve izleme otomasyon uygulaması, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
6. Bengtsson, C., (1996). Status and trends in transformer monitoring, *IEEE Transactions on Power Delivery*, 11(3), 1379-1384.
7. Singh, J., Sood, Y.R., Jarial, R.K., and Verma, P., (2008). Condition monitoring of power transformers-Bibliography survey, *IEEE Electrical Insulation Magazine*, 24(3), 11-25.
8. Chamberlin, D.M. and Pidcock, D.J., (1991). The northeast utilities disturbance and interruption distribution monitoring system, *IEEE Transactions on Power Delivery*, 6(1), 267-274.
9. Brent, K., Duncan, P.E., and Bailey, B.G., (2002). Protection, metering, monitoring and control of medium voltage power systems, *Conference Proceedings of IEEE IAS St. Louis*, 1-8.
10. Eminoglu, U. and Hocaoglu, M.H., (2009). Three-phase transformer and voltage regulator modeling for forward/backward sweep-based distribution system power flow algorithms, *International Journal of Electrical Engineering Education* 46(1), 30-46.
11. Mikulecky, H.W., (1988). A new approach to switching. Fault protection, and overload monitoring of distribution transformers, *IEEE Transactions on Power Delivery*, 3(2), 607-612.
12. Zhang, X. and Gockenbach, E., (2008). Asset-management of transformers based on condition monitoring and standard diagnosis, *IEEE Electrical Insulation Magazine*, 26-40.
13. Poza, F., Mariño, P., Otero, S., and Machado, F., (2006). Programmable electronic instrument for condition monitoring of in-service power transformers, *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 55(2), 625-634.
14. Pudlo, G., Tenbohlen, S., Linders, M., and Krost G., (2002). Integration of power transformer monitoring and overload calculation into the power system control surface, *IEEE/PES Transmission and Distribution Conference 2002, Yokohama*, 1-5.
15. Kirtley, J.L., Hapan, W.H., Lesieutre, B.C., Boyd, M.J., Warren, E.P., Chou, H.I., and Tabors, R.D., (1996) Monitoring health of power transformers, *IEEE Computer Applications in Power*, 18-23.
16. Setayeshmehr, A., Akbari, A., Borsi H., and Gockenbach, E., (2006). On-line monitoring and diagnoses of power transformer bushings, *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 13(3), 608-615.
17. Xiaoyang, T., Guangning, W., Guangchun, Z., and Yongdong, T., (2003). A transformer online fault monitoring and diagnosis embedded system based on TCP/IP and Pub/Sub new technology, *Proceedings of the 7. International Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials, Nagoya*, 467-470.
18. Ozgonenel, O. and Kilic, E., (2008). Modeling and real-time fault identification in transformers, *Journal of the Franklin Institute*, 345, 205-225.
19. Leibfried, T., (1998). On-line monitors keep transformers in service, *IEEE Computer Applications in Power*, 36-42.
20. Zielichowski, M. and Szlezak, T., (2007). A new digital ground-fault protection system for generator-transformer unit, *Electric Power Systems Research*, 77, 1323-1328.
21. Adriana, R., Castro, G., and Miranda, V., (2005). An interpretation of neural networks as inference engines with application to transformer failure diagnosis, *Electrical Power and Energy Systems*, 27, 620-626.



22. Booth, C. and McDonald, J.R., (1998). The use of artificial neural networks for condition monitoring of electrical power transformers, *Neurocomputing*, 23, 97-109.
23. Yan-jing, S., Shen, Z., Chang-xin, M., and Jing-meng, L., (2007). Improved BP Neural Network for Transformer Fault Diagnosis, *Journal of China University of Mining&Technology*, 17(1), 138-142
24. Duraisamy, V., Devarajan, N., Somasundareswari, D., Vasanth, A.A.M., and Sivanandam, S.N., (2007). Neuro fuzzy schemes for fault detection in power transformer, *Applied Soft Computing*, 7, 534-539.
25. Satish, L. and Sahoo, S.K., (2009). Locating faults in a transformer winding: An experimental study, *Electric Power Systems Research*, 79, 89-97.
26. Meyer, P.J., (2005). Primary-side transformer protection, Presented at the Doble "Life of a Transformer" Seminar; Laguna Beach, California February 21-25, 1-11.
27. Babnik, T. and Gubina, F., (2002). Two approaches to power transformer fault classification based on protection signal, *Electrical Power and Energy Systems*, 24, 459-468.
28. Vanaja, R., Udayakumar, K., and Lokesli, K., (2000). Virtual instrumentation and its application in diagnosis of faults in power transformers, 598-602.
29. Suxiang, Q., Hongsheng, H., Jian, C., and Gongbiao, Y., (2007). Remote monitoring and fault diagnosis system for power transformer based on HMM, *The Eighth International Conference on Electronic Measurement and Instruments*, 571-575.
30. Nath, S., Chakrabarti, A., and Mukhopadhyay, A.K., (2006). A Microcomputer-Based Unique Digital Fault Diagnosis Scheme of Radial Transformer Feeders, *IEEE Transactions on Power Delivery*, 21(4), 1824-1829.
31. Ali, S. and Klaer, D.A., (2004), Design&Implementation of a 3-phase energy efficient switchable transformer controller using the PIC18F8720 microcontroller, *2004 International Conference on Power System Technology POWERCON 2004*, 1223-1228.
32. Bahsi, S.M., Mariun, N., and Rafa, A., (2007). Power transformer protection using microcontroller-based relay, *Journal of Applied Sciences*, 7(12), 1602-1607.
33. Çakır, H., (1986). *Elektrik Güç Sistemleri Analizi*, Nesil Yayıncılık, İstanbul.
34. Bal, G., (2008). *Transformatörler*, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
35. Demirören, A. and Zeynelgil, L., (2004). *Elektrik Enerji Sistemlerinin Kararlılığı Kontrolü ve Çalışması*, Birsan Yayınevi, İstanbul.