

Transformatör Arızalarının Tespiti ve Bakım Yönetimi İçin İzleme Yazılımı Geliştirilmesi

Development of Transformer Fault and Maintenance Monitoring Software

Aytaç ÇINAR¹, Emre Kervan², Bora Alboyacı³

¹Kocaeli Üniversitesi, İzmit Meslek Yüksekokulu
aytac@kocaeli.edu.tr

²Genetek Güç, Enerji San. Tic. Ltd. Şti.
emre.kervan@genetek.com.tr

³Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü
alboyaci@kocaeli.edu.tr

Özet

Günümüzde durum izleme ve teşhis transformatörlerin işletim sürecinin önemli bir parçası haline gelmiştir. İşletme ortamında transformatörlerin çalışma koşullarını izlemek ve değerlendirmek amacıyla farklı eş zamanlı ve eş zamansız test ve ölçümler gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada, dağıtım transformatörlerinin akım, gerilim ve sıcaklık gibi parametrelerini eş zamanlı olarak izleyen bir donanım aracılığı ile elde edilecek ölçümler sayesinde transformatörün çalışma şartlarını sürekli olarak değerlendiren, yaşlanma analizini ve ömür kestirimini gerçekleştiren, enerji sürekliliğini iyileştirmeyi amaçlayarak bakım süreçlerini ve içeriklerini dinamik olarak belirleyen, transformatörün yüklenme, kayıp değerlerini izleyerek ve elde edilen sonuçlara dayanarak operatöre öneriler sunan bir yazılım oluşturulmuştur. Yazılım, alt modüller şeklinde kurgulanmış olup bu alt modüllerin her birinin algoritmaları gereksinimlere göre geliştirilebilir niteliktedir.

Anahtar kelimeler: İzleme ve değerlendirme, dağıtım transformatörü, ömür tayini

Abstract

Today, condition monitoring and diagnosis has become an important part of asset management of transformers. Various online and offline measurements are performed to evaluate different aspects of the transformer conditions. In this study, a transformer monitoring system has been developed. This monitoring system uses electrical and thermal data such as current, voltage and temperatures and provides evaluation results to operator. Installed meteorological hardware also provides additional data to the system. Main outputs of the system are the operating conditions of the transformer, aging and loss of life analyses and lifetime

estimation. Software is designed as sub-modules and the algorithms of each of these sub-modules can be improved according to the requirements.

Keywords: Monitoring and diagnostic, distribution transformers, lifetime assessment

1. Giriş

Dağıtım transformatörleri güç sistemleri içerisinde geniş bir yüzölçümünde ve çok fazla sayıda yer almalarından dolayı büyük bir öneme sahiptirler. Transformatörler işletme koşullarında nominal değerleri dahilinde çalıştıkları sürece uzun bir hizmet ömrüne sahip olmakla birlikte bu süreçte farklı nedenlerle arızalarla karşı karşıya kalabilmektedirler. Bu arızalar kısa devreler ve yıldırım akım darbeleri gibi nedenlerle ani olarak gerçekleşebileceği gibi işletme ve çevresel koşullarda uzun süreli aşırı yüklenmeler sonucunda ısınma, yıpranma ve izolasyon malzemesinin zayıflaması gibi nedenlerle de ortaya çıkabilmektedir. Bu tür arızalar transformatörlerin ömrünü önemli derecede azaltabilmekte veya hizmet dışı kalmasına sebep olabilmektedir. Bu arızaların bir kısmı transformatör üzerinde bulunan koruma ekipmanları tarafından önlenirken, uzun süreli olumsuzlukların yol açacağı arızalar ise periyodik bakım süreçleri ile belirlenmeye ve önlenmeye çalışılmaktadır. Uygulanan periyodik ve rutin bakımların zamana dayalı (time-based) olarak programlanması ve uygulanması, rutin bakımlar arasında geçen süre zarfında transformatörün istenmeyen koşullarda çalışmasının ve arıza oluşumunun belirlenmesinde yetersiz kalmaktadır.

Transformatörlerin eş zamanlı olarak sürekli izlenmesi ve elde edilen verilerin değerlendirilmesi ile bakım süreçlerinin zamana dayalı olmak yerine duruma dayalı (condition-based) olarak düzenlenmesi, olası arızaların

önceden tespiti ve gerekli önlemlerin alınması mümkün olmaktadır. Güç transformatörlerinin eş zamanlı olarak izlenmesi için Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) sistemini kullanılmasına karşın dağıtım transformatörlerinin bu şekilde izlenmesi için SCADA sistemleri maliyeti yüksek bir seçenek oluşturmaktadır [1]. Kablosuz iletişim altyapısının gelişmesi dağıtım transformatörlerini izlemek için uygun maliyetli olanaklar sunmaktadır [2]. Dağıtım transformatörlerinin düşük maliyet ile eş zamanlı olarak izlenebilmesi için çeşitli örnek çalışmalar literatürde yer almaktadır [3], [4].

Bu çalışmada, dağıtım transformatörlerinin düşük maliyetle ve eş zamanlı olarak izlenmesi amacıyla geliştirilen bir yazılım ve bu yazılıma giriş bilgisini sağlayan donanım bileşenlerinden oluşan izleme sistemi sunulmaktadır. Geliştirilen sistem ile farklı giriş verilerinden yola çıkılarak transformatörün çalışma koşulları değerlendirilmekte ve arıza/bakım öngörülmesi ortaya konmaktadır.

2. Sistem Tasarımı

Dağıtım transformatörlerinin zamana dayalı bakımları, bakım personelinin transformatör lokasyonunu periyodik olarak ziyaret etmesi, periyodik testlerin uygulanması ve önemli parametrelerin kaydedilmesi ile gerçekleştirilmektedir. Bu tür bir izleme, geçici süreler ile meydana gelen aşırı yüklenmeler ve transformatörün

aşırı ısınması gibi transformatlara için olumsuz parametreler hakkında gerekli bilginin sağlanmasını mümkün kılmamaktadır.

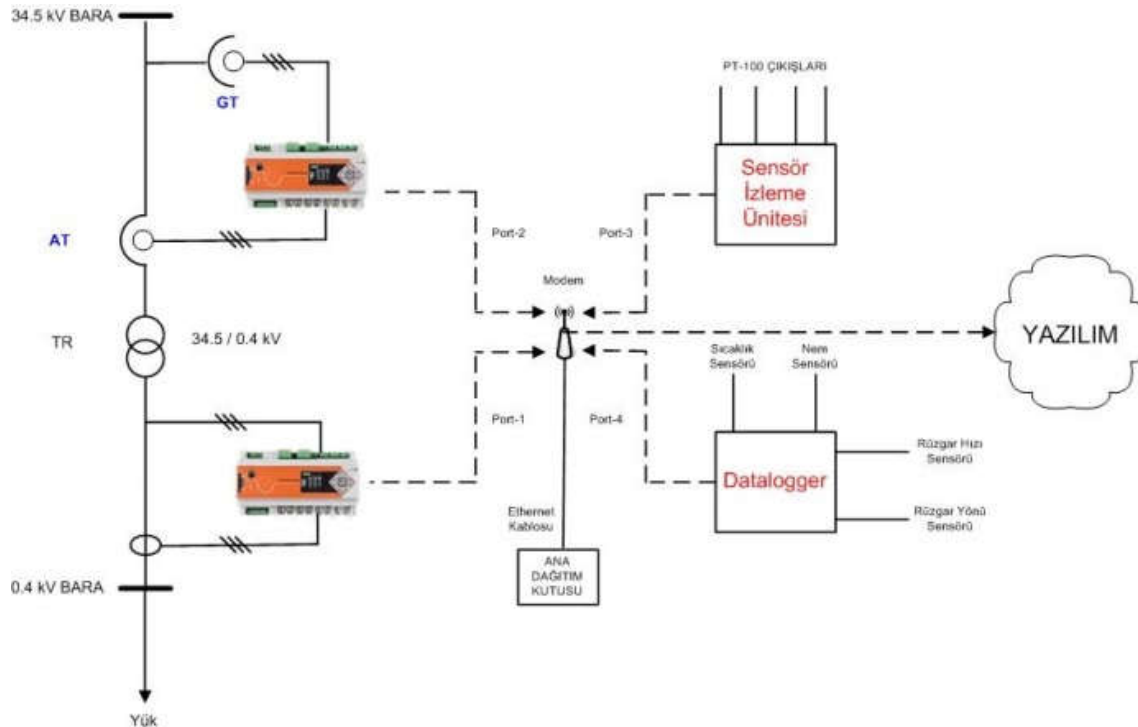
Tüm bu olumsuz etkenler transformatör ömrünün önemli ölçüde azalmasına veya devre dışı kalmasına yol açmaktadır [5]. Bu nedenle elektrik dağıtım şirketleri ve endüstriyel kuruluşların bu alandaki mevcut ihtiyaçlarını karşılayabilmek adına dağıtım transformatörleri için maliyeti daha düşük bir transformatör izleme sisteminin geliştirilmesi gerekmektedir.

Böyle bir sistemin temel özellikleri olarak;

- Transformatöre ait elektriksel parametreleri ve sıcaklık bilgilerinin eş zamanlı izlenmesi,
- Güç kalitesi, reaktif güç, akım ve gerilim salınımları ile güç faktörünün izlenmesi,
- Kayıp analizi,
- Yaşlanma analizi ve ömür tahmini gerçekleştirilmesi
- Arıza oluşumuna yönelik kestirimde bulunulması,

olarak sıralanmaktadır.

Bu amaç doğrultusunda geliştirilen sistem donanım ve yazılım olmak üzere iki temel kısımdan oluşmaktadır. Sisteme ait genel yapı Şekil 1'de yer almaktadır.



Şekil 1. Sistem yapısı

2.1. Donanım Yapısı ve Bileşenleri

Oluşturulan donanım yapısı ile oluşturulan yazılım algoritmalarına temel girdileri sağlayan verilerin sahadan

elde edilmesi sağlanmaktadır. Bu amaçla transformatörün elektriksel büyüklüklerinin eş zamanlı olarak elde edilmesi pano tipi bir güç kayıt cihazı ile sağlanmaktadır. Bu cihaz ile transformatörün akım ve gerilim ölçümlerinin eş zamanlı olarak elde edilmekte ve izleme yazılımına aktarılmaktadır. Geliştirilen yazılımın testlerinde kullanılan dağıtım transformatörü Şekil 2’de gösterilmektedir.



Şekil 2. Yazılım testleri için kullanılan transformatör

Meteorolojik koşullar transformatörlerde meydana gelen arızaların oluşumunda önemli rol oynamaktadır. IEEE Std. C57.93-2007’e [6] göre transformatörlere uygulanacak olan bakım prosedürlerinde transformatör yüklenme oranının yanı sıra iklim koşullarının da göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu nedenle sisteme meteorolojik verileri anlık olarak izlenebilmesi için bir hava ölçüm istasyonu dahil edilmiştir. Meteorolojik ölçüm istasyonu donanımı Şekil 3’te gösterilmektedir.



Şekil 3. Sahaya montajı yapılan hava ölçüm istasyonu

İzleme donanımı içerisinde meteorolojik verilerin anlık olarak kayıt altına alınabilmesi için bir datalogger ve bu verilerin uzaktan izlenebilmesi için de GSM/GPRS

terminali kullanılmıştır. Ayrıca transformatör kazanının farklı noktalarından ve ortamdan sıcaklık değerlerinin elde edilmesi amacıyla yeterli miktarda PT-100 sıcaklık sensörleri yerleştirilmiş olup alınan bilgilerin datalogger ve GSM/GPRS terminali aracılığıyla yazılıma aktarılması sağlanmıştır.

2.2. Yazılım Algoritmalarının ve Arayüzün Tasarımı

Geliştirilen yazılım her biri farklı amaçla geliştirilen ve farklı çıktılar sağlayan alt modüller şeklinde kurgulanmıştır. Bu sayede yazılımın sürekli ve kolay biçimde geliştirilebilirliği sağlanmıştır.

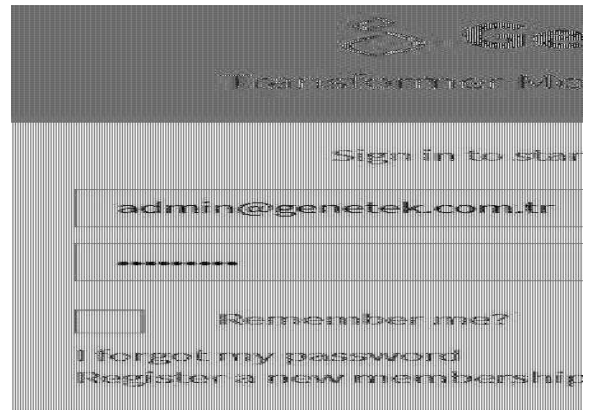
Transformatör izleme sistemi yazılımının operatör ile iletişimini sağlayan arayüzü bir web uygulaması olarak tasarlanmıştır. Arayüz birden fazla sayıda sayfa ve izleme ekranlarından oluşmaktadır.

Yazılım arayüzünde temel olarak;

- Giriş Ekranı
- Kullanıcı ve Profil Atama Ekranı
- Genel İzleme Ekranı
- DGA Ekranı
- Eş zamansız Ölçümler Ekranı
- Trend Ekranı

sayfaları yer almaktadır. Bu ekranlar transformatörden elde edilecek bilgilerin niteliğine göre devreye alınarak yazılımın değerlendirme algoritmalarına katılabilir veya devre dışı bırakılabilir şekilde kurgulanmıştır.

Giriş ekranı ile kullanıcıların sisteme giriş yapmaları sağlanmaktadır (Şekil 4). Kullanıcı ve profil atama ekranı, kullanıcının yetki düzeyine bağlı olarak yeni kullanıcılar tanımlanması ve bu kullanıcıların yetki düzeylerinin belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır.

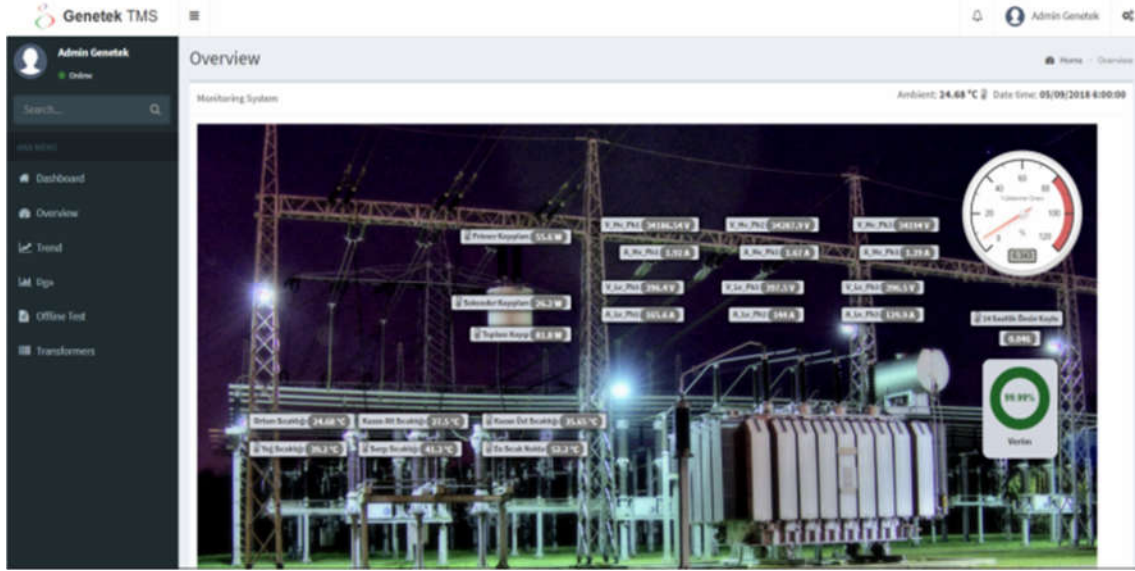


Şekil 4. Giriş ekranı

Genel izleme ekranı; sisteme giriş yapan kullanıcının yönlendirildiği sayfa olup izleme sisteminin özeti niteliğini taşımaktadır. İzleme ekranı sayesinde kullanıcılar eş zamanlı olarak seçili olan transformatör ile

İlgili primer ve sekonder sargılarına ait akım, gerilim, kayıp değerlerini izleyebilmekte, transformatorün bulunduğu ortamın sıcaklığını, transformator kazanının farklı noktalarından alınan sıcaklık değerlerini takip edebilmektedir. Bu değerlere ek olarak transformatöre ait yüklenme oranı, verim ve ömür kaybı gibi değerler eş zamanlı olarak genel izleme ekranından takip

edilebilmektedir. Bu ekranda yer alan transformator görseli olarak sahada izlenen transformatorün görseli kullanılmakta ve ölçüm değerlerinin sayfa üzerindeki yerleşimi operatör dostu olarak kurgulanmaktadır. Genel izleme ekranının ana görünümü Şekil 5'te verilmektedir.



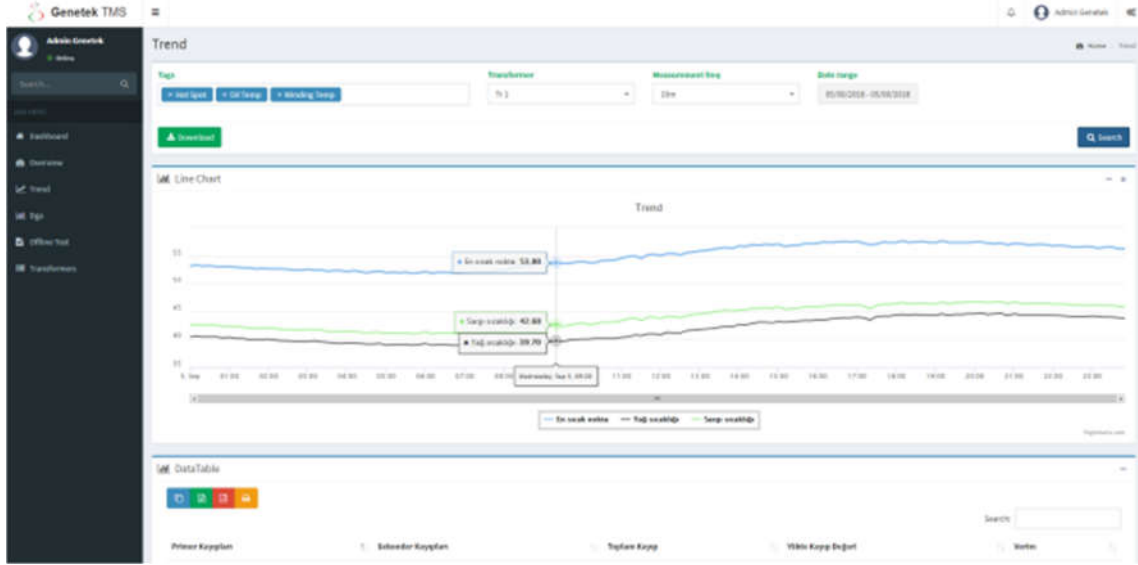
Şekil 5. Genel izleme ekranı

Yağda çözülmüş gaz analizi (DGA-Dissolved Gas Analysis) ekranı ile izlenen transformatöre ilişkin gaz ölçüm değerlerinin algoritmalara dahil edilmesi ve değerlendirmelere katılması mümkün olmaktadır. Çözülmüş gaz analizi verilerine bağlı olarak oluşturulan DGA ekranı gösterimi Şekil 6'da verilmektedir.

Eş zamansız ölçümler ekranı ile transformatorün zamana bağlı olarak gerçekleştirilen test ve bakımlarından elde edilen ölçüm değerlerinin izleme yazılımına dahil edilmesi sağlanmaktadır. Transformatöre özgü bu değerler ilgili yazılım modülleri aracılığıyla değerlendirilmekte ve arıza kestirimlerine ve ömür kaybı hesaplamalarına yönelik ilave girdileri oluşturmaktadır.



Şekil 6. Çözülmüş gaz analizi izleme ekranı



Şekil 7. Trend ekranı - transformatör yağ, sargı ve en sıcak nokta sıcaklık değerlerinin zamana bağlı değişimi

Kullanıcı trend ekranı aracılığı ile ise arzu edilen bir zaman diliminde transformatöre ait sargı akımları, sargı gerilimleri, kayıp değerleri, yüklenme oranı, ömür kaybı, transformatöre ait sıcaklıklar gibi gerek ölçümle elde edilen gerekse yazılım algoritmalarının çıktılarını oluşturan değerlere ulaşılmaktadır. Trend ekranı içerisinde yer alan transformatöre ait sıcaklık değerlerinin gösterimi Şekil 7’de verilmektedir

3. Sonuçlar

Bu çalışmada, işletme koşulları altındaki dağıtım transformatörlerinin eş zamanlı olarak izlenmesi ve çalışma koşullarının değerlendirilerek transformatörün ömür kaybı ve arıza olasılığına yönelik kestirimlerin gerçekleştirilmesi amacıyla geliştirilen bir izleme ve değerlendirme sistemi sunulmaktadır. Geliştirilen sistem, değerlendirme yazılımı ve bu yazılıma saha şartlarında gerekli bilgileri eş zamanlı olarak sağlayan donanımdan oluşmaktadır. Sistem düşük maliyeti ve operatöre çıktı olarak sunulan bilgi çeşitliliği ile özellikle dağıtım transformatörleri için önemli avantaj sağlamaktadır. Yazılımın modüler yapısı, karar algoritmalarında tesis edilen transformatöre özgü girdilerin kullanılabilmesinin yanı sıra sürekli olarak geliştirilebilir nitelik kazandırmaktadır.

4. Teşekkür

Bu çalışma “Transformatörler İçin Ömür Tayini Olay İzleme ve Değerlendirme Yazılımı Geliştirilmesi” isimli KOSGEB Ar-Ge ve İnnovasyon projeleri kapsamında desteklenmektedir.

5. Kaynaklar

- [1] Leibfried, T., “Online Monitors Keep Transformers in Service”, *IEEE Computer Applications in Power*, Volume: 11 Issue: 3, Page(s): 36 -42, , July 1998.
- [2] Dongping, H., Ning, Z., Yuanpei, L., “Research of Remote Test and Control System Based on GPRS”, *ICEMI*, 2005, pp.430-434.
- [3] Kolyanga, E., Kajuba E., Okou, R., “Design And Implementation of A Low Cost Distribution Transformer Monitoring System For Remote Electric Power Grids”, *International Conference on the Eleventh industrial and Commercial Use of Energy*, 2014
- [4] Jalilian, M., Sariri, H., Parandin, F., Karkhanechi, M., Hookari, M., Jirdehi, M., Hemmati, R., “Design and Implementation of the Monitoring and Control Systems for Distribution Transformer by Using GSM Network”, *Electrical Power and Energy Systems*, 2016, Volume 74, 36–41
- [5] AI-Ali, A., Khaliq, A., Arshad, M., “GSM-Based Distribution Transformer Monitoring System”, *IEEE MELECON*, 2004
- [6] C57.93-2007 - IEEE Guide for Installation and Maintenance of Liquid-Immersed Power Transformers