

**T.C.
ENERJİ PİYASASI DÜZENLEME KURUMU**



**Proje Adı:
Dağıtım Transformatörlerinin Eş Zamanlı Olarak Takibi Ve
Durum Analizi İçin Akıllı İzleme - Değerlendirme Sistemi
Oluşturulması**

**Proje Dönemi:
Ocak 2016**

**Ar-Ge Komisyon Karar No:
01/16/08**

**Proje Sahibi Şirket:
ULUDAĞ EDAŞ
ENDOKS ENERJİ DAĞITIM SİSTEMLERİ**

**Proje Yürütücüsü:
ULUDAĞ EDAŞ**

**Aralık 2018
ANKARA**

Dağıtım Şirketleri AR-GE Projesi Sonuç Raporu

ARGE Projesi sonuç raporu proje sahibi tarafından projenin tamamlanmasından sonraki 75 gün içinde tüm proje süreçlerine ait faaliyet ve sonuçları içerecek şekilde hazırlanır. Kurum sonuç raporunda sunulan bilgilere ait ilave açıklama, belge ya da bilgiler talep edebilir. Sonuç raporu projenin genel değerlendirmesine esas dokümandır.

A. Proje Kimlik Bilgileri:

ARGE Proje Kabul #	
Başvuru Sahibi:	ULUDAĞ ELEKTRİK DAĞITIM ANONİM ŞİRKETİ
Başvuru Sahibinin Adresi:	
Proje Adı:	DAĞITIM TRANSFORMATÖRLERİNİN EŞ ZAMANLI OLARAK TAKİBİ VE DURUM ANALİZİ İÇİN AKILLI İZLEME-DEĞERLENDİRME SİSTEMİ OLUŞTURULMASI
Proje Bölgesi:	BURSA
Proje Süresi:	21 ay
Proje Sorumlusu:	Cem KIZILKAYA
Proje Sorumlusu İletişim Bilgileri:	0(530) 975 3759

B. Proje Sonuç Değerlendirme Özeti:

Dağıtım transformatörleri çok farklı nedenlerle arızalar yaşamaya açık olan şebeke elemanlarıdır. Bu arızalar, ani olarak gelişen ve çok büyük etkiler yaratarak ciddi boyutta olumsuzluklara sebep olabilen kısa devreler, yıldırım akım darbeleri gibi nedenlerle ortaya çıkabileceği gibi, uzun süreli aşırı yüklenmeler sonucu meydana gelen ısınma ve yıpranmalar gibi nedenlerle de ortaya çıkabilmektedir. Enerji şebekesinde ve transformatörün üzerinde kullanılan koruma elemanları bu olumsuzlukların bir kısmında devreye girerek koruma görevlerini yapabilmekle beraber, özellikle uzun süreli olumsuzlukların yaratacağı arızalar ise periyodik bakım süreçlerinde uygulanan rutin çalışmalarla önlenmeye çalışılmaktadır.

Uygulanan rutin bakımlar, zamana dayalı olarak programlanmakta ve uygulanmakta olup, rutin bakımlar arasında geçen sürede bazı zamanlarda transformatörün anormal koşullarda çalışması ve arıza oluşumunu belirlemekte faydasız kalmaktadır. Bu sebeple transformatörlerin eş zamanlı olarak sürekli izlenmesi ve elde edilen verilerin değerlendirilmesi, transformatörün enerji temininin sürekliliği ve güvenilirliğini sağlamakta büyük öneme sahiptir.

Bu proje ile, dağıtım transformatörlerinin çeşitli parametrelerini eş zamanlı olarak izleyen bir donanım ve bu donanım ile elde edilecek ölçümler yardımıyla transformatörün çalışma şartlarını sürekli olarak değerlendiren, kullanım ömrünü ve enerji sürekliliğini en iyileştirmeyi amaçlayarak bakım süreçlerini dinamik olarak belirleyen, transformatörün yüklenme değerleri başta olmak üzere meydana gelen kayıpları izleyerek operatöre bölgesel olarak yerleşim planlamasına yönelik öneriler sunan bir yazılım oluşturulmuştur. Yazılım, proje ortakları tarafından alt modüller şeklinde kurgulanmış olup bu alt modüllerin her birinin algoritmaları gereksinimlere göre geliştirilebilir nitelikte olarak tasarlanmıştır. Bu alt modüller mevcut Inavitas izleme sistemine entegre edilerek standart kullanım için hazır hale getirilmiştir.

Proje süresince gerçekleştirilen tüm çalışmalar ve Ar-Ge faaliyetleri, iş paketlerinin ara çıktıları olarak dokümanite edilmiştir. Proje faaliyetleri kapsamında ilk olarak bilimsel literatür incelemesi ve Pazar araştırması gerçekleştirilmiş olup bunun sonucunda elde edilen bilgiler ışığında ürünün temelini oluşturan Sistem İsterleri Dokümanı ile proje hedefi doğrultusunda alınarak faydalanılacak olan temel isterlerin belirlenmesi sağlanmıştır. Ardından, ikinci altı aylık dönem çalışmaları ile proje konusu ürünün saha

ortamında transformatöre entegre edilecek olan donanımının ve bilgisayar ortamında bu bilgileri değerlendirecek olan yazılımın tasarım çalışmaları gerçekleştirilmiş ve detaylı olarak dokümanite edilmiştir. Üçüncü çalışma döneminde ise bu tasarımlara dayanarak akıllı izleme ve değerlendirme yazılımı tamamlanmıştır. Proje sonucunda ortaya çıkan ve gerek sahada kullanılan donanımın gerekse akıllı izleme ve değerlendirme yazılımının gelecekteki teknik imkanlar ve gereksinimler doğrultusunda iyileştirilmesi ihtiyacına karşı bu dokümantasyon temel referans niteliğine sahiptir.

Proje sonucunda ortaya konan nihai ürün, sahadaki transformatöre entegre edilen donanım ve akıllı izleme ve değerlendirme yazılımından oluşmaktadır. Donanım temel olarak ölçüm elemanları, ana kontrol ünitesi ve sensör takip sistemi ve veri aktarım modülü bileşenlerinden oluşmaktadır. Elde edilen elektriksel ölçüm sonuçları ve sıcaklık ölçümlerine ilişkin sonuçlar yukarıda sayılan bu donanım ile toplanmakta ve yazılıma aktarılmaktadır. Geliştirilen yazılım ise bu verileri değerlendirerek elde edilen sonuçları geliştirilen ilgili arayüz yardımıyla kullanıcıya sunmaktadır. Yazılım algoritmalarının geliştirilmesi aşamasında yazılımın tüm alt modüllerine ilişkin algoritmalar ilk olarak sentetik veri yardımıyla oluşturulmuş, ardından seçilen test transformatörlerinden alınan veriler ile test edilmiştir. Test sonuçları ölçüm ve izleme donanımından alınan veriler ve yazılım çıktılarının transformatörlerin test sonuçlarıyla yüksek doğrulukla örtüştüğünü göstermiştir. Son olarak ise belirlenen işletme koşullarındaki transformatörlerden alınan eş zamanlı veriler ile saha testleri gerçekleştirilmiştir. Saha test sonuçları da benzer şekilde proje çıktısı ürünün öngörülen proje hedefleri doğrultusunda işlerlik sahibi olduğunu göstermektedir.

C. Proje Sonuç Değerlendirmesi:

C.1. Proje İş Planı ve Zaman Takvimi

Proje çalışmalarına ait İş Planı ve Zaman Takvimi aşağıda gösterilmektedir. Burada; ✓ proje önerisinde o iş paketi için öngörülen zamanı, yeşil renkle gösterilen zaman dilimi ise o iş paketi çalışmalarının gerçekleştirildiği zamanı ifade etmektedir. Bu süreçte, proje çalışmaları için öngörülen ve gerçekleşen takvimin örtüştüğü ve herhangi bir sapma bulunmadığı görülmektedir.

	AYLAR																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
İŞ PAKETİ 1. Literatür taraması ve sistem isterlerinin belirlenmesi	✓	✓	✓																		
İŞ PAKETİ 2. Veri toplama ve aktarım modülünün tasarımı ve geliştirilmesi				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
İŞ PAKETİ 3. Transformatör modelinin oluşturulması				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓									
İŞ PAKETİ 4. Analiz ve değerlendirme algoritmalarının oluşturulması				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
İŞ PAKETİ 5. Merkezi izleme ve analiz yazılımının tasarımı ve geliştirilmesi				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
İŞ PAKETİ 6. Entegrasyon, saha testleri ve dokümantasyon																✓	✓	✓	✓	✓	✓

Şekil. İş Planı ve Zaman Takvimi

C.2. İş Paketleri

Projenin ilk altı aylık döneminde İ.P.-1 tamamlanmış olup takip eden dört iş paketi çalışmalarına başlanmıştır. Bu dönem sonunda İ.P.-1'in ara çıktıları olarak "Sistem İsterleri Dokümanı" ve "Literatür Özeti ve Pazar Araştırma Raporu" tamamlanarak dokümante edilmiştir.

İkinci altı aylık dönemde İ.P.-2, İ.P.-3, İ.P.-4 ve İ.P.-5 çalışmaları programa uygun şekilde devam etmiştir. Bu dönemin ara çıktıları olarak "Sistem Ön Tasarım Dokümanı", "Sistem Tasarım Dokümanı", "Transformatör Modeli Algoritması Dokümanı ve Akış Şeması" ve "Merkezi İzleme ve Analiz Yazılım Sistemi Tasarım Dokümanı" tamamlanarak dokümante edilmiştir.

Projenin üçüncü altı aylık döneminde İ.P.-2, İ.P.-4 ve İ.P.-5 çalışmaları tamamlanmış ve saha entegrasyonu gerçekleştirilmiştir. Proje dönemi ara çıktıları olarak "Veri Toplama ve Aktarım Modülü" üretimi ve "Merkezi İzleme ve Analiz Yazılımı" oluşturulması çalışmaları tamamlanmıştır.

Proje süresinin sonunda ise planlandığı şekliyle saha testleri tamamlanmış ve ürüne ilişkin dokümantasyon oluşturulmuştur. Bu süreçte "Kontrol Algoritma Dokümanı" tamamlanmış ve dokümante edilmiştir.

Proje öneri aşamasında öngörülen proje hedefleri doğrultusunda İş paketleri içerisinde planlanmış olan faaliyetler İş-Zaman Takvimi'ne uygun şekilde sonuçlandırılmıştır. İş paketi raporları ekte verilmektedir.

Ek-1. Transformatör Modeli Algoritması Dokümantasyonu ve Akış Şeması

Ek-2. Literatür Araştırma Raporu

Ek-3. Transformatör Test Prosedürleri

Ek-4. Sistem İsterleri Dokümanı

Ek-5. Benzer Ürün İnceleme ve Değerlendirme Raporu

Ek-6. Sistem ve Alt Sistem Gereksinimleri Dokümanı

Ek-7. Tübitak Dönem Raporları

Ek-8. Gider pusulaları

Ek-9 YMM Mali Formları

C.3 Kaynak Kullanımı ve Bütçe Gerçekleşmeleri

D. Projeden Elde Edilen Katma Değer:

Proje çıktısı ürün, dağıtım transformatörlerini eş zamanlı olarak izleyen donanım ve elde edilen ölçümler yardımıyla transformatörün çalışmasını değerlendiren, kullanım ömrünü ve enerji sürekliliğini en iyileştirmeyi amaçlayan, transformatörün yüklenme değerleri başta olmak üzere meydana gelen kayıpları izleyerek operatöre öneriler sunan ve değerlendirme imkanı yaratan bir yazılımdır.

Halihazırda Dünyada mevcut benzer çalışmalar, güç transformatörleri odaklı olarak gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmalarda transformatörün yalıtım yağının durumunun sürekli olarak analiz edilmesi ve bileşiminin incelenmesi, değerlendirme için başlıca bilgi kaynağını oluşturmaktadır. Eş zamanlı yağ analiz cihazlarının maliyeti, bu cihazların dağıtım transformatörleri için kullanılabilirliği önünde ekonomik olarak büyük bir engel oluşturmaktadır. Bu sebeple dağıtım transformatörlerinin izlenmesinde sadece primer ve sekonder sargılardan elde edilen akım, gerilim ve benzeri elektriksel büyüklüklerden faydalanılmakta ve sonuçlar transformatör bazında değerlendirilmektedir. Sayıları yüksek değerlere ulaşan dağıtım transformatörlerinin ekonomik biçimde ve kapsamlı olarak eş zamanlı izlenmesine yönelik çalışmalar bilimsel çevrelerde süregelen bir araştırma konusu olup henüz yaygın uygulamaya konulamamıştır.

Bu projede ortaya konan ürün ile elektriksel büyüklüklerin yanı sıra transformatörden elde edilecek sargı ve yağ sıcaklıkları başta olmak üzere diğer bilgilerden de yararlanılmaktadır. Sahada eş zamanlı olarak elde edilen veriler, iletişim ünitesi ile merkezi işlem birimine aktarılmakta ve geliştirilen dinamik transformatör modeli kullanılarak transformatörün durumunun izlenmesi amacıyla değerlendirilmektedir. Bu değerlendirme, oluşturulan bir akıllı yazılım yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Bu yazılım ile sadece ölçülen elektriksel büyüklükler değerlendirilmekle kalmayıp aynı zamanda sıcaklık verileri başta olmak üzere elde edilen diğer parametreler sayesinde transformatörün yapısında kullanılmakta olan izolasyon malzemelerinin durumu ve dolayısıyla transformatörün yaşlanma süreci değerlendirilmektedir. Bu sayede transformatörün kullanım ömrünün kestirimi gerçekleştirilmekte, bakım periyotlarının zamana dayalı olmak yerine duruma dayalı olarak programlanmasıyla bu ömrün en yüksek değere çıkarılması imkanı sağlanmaktadır. Ayrıca yine bu sayede transformatörde oluşması muhtemel arızaların önceden kestirimi ve önleyici bakım çalışmalarının yapılması mümkün olmaktadır.

Bu yazılımın bir diğer üstün özelliği ise, bölgesel olarak her bir transformatörden elde edilen verilerin değerlendirilmesi ile başta yüklenme oranı olmak üzere transformatörde oluşan kayıpların ve bunun sonucundaki ekonomik maliyetlerin izlenerek gerektiğinde transformatör yerleşimlerinin yeniden organize edilmesi ve düzenlenmesidir. Böylelikle transformatörlerde oluşan kayıp maliyetleri en aza indirilmektedir.

E. Projede Yaşanılan Sorunlara Karşılaşılan Riskler ve Bunlardan Elde Edilen Deneyimler:

Projenin 21 aylık süresi toplam boyunca iş ve zaman planında projenin amacını, beklenen sonucunu veya beklenen katma değerini etkileyebilecek bir sapma yaşanmamıştır

F. Proje Kazanımlarının Diğer Dağıtım Şirketleri ile Paylaşılmasına Yönelik Öneriler:

Proje sonucunda elde edilen ürün diğer dağıtım şirketlerinin sorumluluk alanlarında yer alan dağıtım transformatörleri için teknik açıdan uygulanabilir niteliktedir. Ürünün geliştirilme amacı ve sağladığı imkanlar göz önünde tutularak özellikle dağıtım şebekesinde işletmeye alınan yeni transformatörlere kurulum sürecinde entegre edilmesi, transformatörün yaşlanmasının en yüksek doğrulukla izlenebilmesi bakımından önem taşımaktadır. Ayrıca, ürünün arızaların sıklıkla yaşandığı transformatör lokasyonlarına entegre edilmesi ile de ürünün sağladığı teknik imkanlardan en üst düzeyde faydalanılması mümkün olacaktır.