

YENİ RF VE MİKRODALGA KALİBRASYON VE TEST LABORATUVARI KURULUMU

Erkan DANACI
Murat CELEP
Aliye KARTAL DOĞAN
Handan SAKARYA

ÖZET

Günümüzde yüksek frekanslı sistemlerin günlük hayatımızda yaygın olarak kullanılması, yüksek frekanslı cihazların kalibrasyon ve testleri için birçok laboratuvar kurulmasına neden olmuştur. Yeni bir RF ve mikrodalga laboratuvarının kurulmasının nasıl yapılması gerektiğine dair bir iş modeli bu çalışmada önerilmiştir. Müşteri istekleri dikkate alınarak kurulacak laboratuvarın altyapısında olması gereken cihazlar listesi de bu çalışmada sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: RF ve Mikrodalga Laboratuvarı, Birincil Seviye Ölçüm Standartları, İkincil Seviye Ölçüm Standartları, Laboratuvar genel özellikleri

ABSTRACT

The widespread use of high frequency systems in our daily lives has led to the establishment of many laboratories for the calibration and testing of high frequency devices. A business model of how to set up a new RF and Microwave laboratory is proposed in this study. In this study, the list of devices that should be in the infrastructure of the laboratory to be established considering customer demands are also presented.

Key Words: RF and Microwave Laboratory, Primary Level Measurement Standards, Secondary Level Measurement Standards, Laboratory general specifications

1. GİRİŞ

Günümüzde yüksek frekans ve yüksek frekans kullanan cihazlar hayatımızın bir parçası haline gelmiştir. Yüksek frekanslardaki frekans ve gücün ölçümü de yaşam kalitemiz için ayrı bir önem arz etmektedir.

Mikrodalga frekanslarındaki güç ve S-parametrelerinin doğru ölçümü, ancak uluslararası güvenilirliğe sahip ölçüm standartları ile mümkündür. Güvenilirlik için de ölçüm standartlarının uluslararası izlenebilirlik zinciri içinde olunması gereklidir. Ülkelerdeki akreditasyon otoriteleri oluşturulmuş uluslararası standartlara göre frekans ve güç ölçümü hizmeti veren laboratuvarları denetleyerek bir düzenleme yapmaktadırlar. Uluslararası izlenebilirlik zinciri içinde yer edinen standartlarla yapılan üretimler ile ürün kalitesi artırıldığı gibi yaşadığımız alanlarda elektromanyetik kirliliğe sebep olacak gereksiz yüksek frekanslı elektrik/manyetik alan salınımını da en aza indirebilmektedir. Doğru cihazlarla kurulan altyapılar ve doğru ölçümlerle hayat kalitemiz ve kullandığımız cihazların kalitesi artarken, bu ölçümleri yapacak laboratuvarların kurulumu da önem kazanmaktadır.

Bir elektrik ısıtıcısından çıkan ısı, bir lambadan veya mumdan yayılan ışık, X ışınları, radyo dalgaları, vs. hepsi birer farklı dalga oluşumlarıdır ve bunların tümü elektromanyetik dalga olarak isimlendirilirler.

Bütün elektromanyetik dalgalar vakumlu ortamlarda ışık hızında hareket ederler ve bu dalgalar bir kaynaktan bir alıcıya enerji ve momentum iletirler. 1887’ de Alman fizikçi Hertz, Maxwell tarafından tahmin edilip formülize edilen radyo frekans (RF) elektromanyetik dalgayı üretilip algılamayı başardığında, o zamana kadar bilinen elektromanyetik dalga olan görünen ışığa radyo dalga da eklenmiş oldu. Şimdi biliniyor ki; başka elektromanyetik dalga formları da var ve bunlar frekans ve dalga boylarına göre ayırt edilirler [1- 5].

Elektromanyetik spektrum, DC’den kozmik ışınlar (10^{22} Hz) kadar tüm frekansları kapsar. Genellikle haberleşme sistemlerinde kullanılan elektromanyetik spektrum bölgesi mikrodalga olarak isimlendirilir ve frekans aralığı, 300 MHz ile 300 GHz arasındadır. Mikrodalga frekans bantları Tablo 1’de verilmiştir.

Mikrodalga frekanslarında kullanılan iletim hatları ve devre elemanları düşük frekanslardakilerden çok farklıdır ve farklı devre teorileri ile devre çözümleri yapılmaktadır. Yüksek frekansta devre analizinde elektrik ve manyetik alan önem taşır.

Tablo 1. RF ve Mikrodalga frekans bantları

Bandın Adı	Frekans Alanı (MHz)	Dalga Boyu(m)
RF	0,3 – 300	1000 – 1
UHF	300 – 3.000	1 – 0,1
SHF	3.000 –30.000	0,1 – 0,01
EHF*	30.000 – 300.000	0,01 – 0,001

*Dalga boyu bir santimetrenin altında olan frekanslar, “Milimetrik Dalga” olarak da tanımlanır.

Metrolojik olarak RF ve mikrodalga laboratuvarlarının temel ölçüm alanları ve ölçüm büyüklükleri Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. RF ve mikrodalga laboratuvarlarını ölçüm alanları ve ölçüm büyüklükleri

Ölçüm Alanı	Ölçüm Büyüklüğü
RF Güç	Watt, dBm
RF Empedans	Ohm
RF Zayıflatma	dB
RF Gürültü	Kelvin

Bu çalışmada müşteri istekleri dikkate alınarak birincil ve ikincil seviye bir RF ve mikrodalga laboratuvarı kurulum aşamaları iş modeli sunulmuştur. Bu çalışma, AB tarafından desteklenen EMPIR 15RPT01 RFMicrowave projesi kapsamında bir rapor olarak sunulmuştur [5].

2. RF VE MİKRODALGA LABORATUVARI KURULUM AŞAMALARI

Bu çalışmada, tüm laboratuvarlara uygulanabilecek genel laboratuvar kurulum aşamaları RF ve mikrodalga laboratuvarına uygun olarak sunulmuştur. RF ve mikrodalga laboratuvarı kurulumlarında çoğunlukla ilk olarak RF güç ölçümleri için altyapı kurulumu tercih edilir. RF güç ölçümleri hem en çok tercih edilen konu hem de kurulumu en kolay ölçüm düzeneklerini içermektedir.

Laboratuvar kurulumunun aşamaları aşağıda sunulmuştur.

- İş geliştirme aşaması
- Laboratuvar altyapı kurulum aşaması
- Müşteri ilişkileri yönetimi aşaması

Her bir aşamanın farklı alt faaliyetleri vardır.

2.1. İş Geliştirme Aşaması

Bir laboratuvar müşteri isterlerine göre kurulabilir. Müşteri isterlerini belirleyebilmek için, iş geliştirme faaliyetlerine ihtiyaç vardır. İş geliştirmenin alt faaliyetleri ve olası faaliyet çıktıları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. İş geliştirme alt faaliyetleri ve çıktıları

Ana Faaliyetler	Alt Faaliyetler	Faaliyet Çıktıları
<ul style="list-style-type: none"> Potansiyel müşteri isterlerinin toplanması 	<ul style="list-style-type: none"> Ziyaretler (Organize sanayi bölgeleri, büyük firmalar, sanayi odaları) Seminerler (Üniversiteler, sivil toplum organizasyonları) Tanıtım faaliyetleri (haberler, filmler, tanıtım materyalleri) 	<ul style="list-style-type: none"> Talep edilen RF güç aralığı Talep edilen RF frekans aralığı Müşterilerin kalibrasyonu veya testi yapılacak RF cihazları
<ul style="list-style-type: none"> Müşteri isterlerine göre laboratuvar ana ölçüm alanlarının kategorize edilmesi ve önceliklendirilmesi 	<ul style="list-style-type: none"> İstatistik değerlendirmeler 	<ul style="list-style-type: none"> Kurulacak laboratuvar ölçüm alanları (güç, empedans, zayıflama, gürültü)

2.2. Laboratuvar Altyapısı Kurma Aşaması

İş geliştirme aşamasından sonra laboratuvar kurulumu için gerekli olan konu başlıkları belirlenmiş olur. Bu başlıklar özetle aşağıda sunulmuştur;

- Frekans aralıkları,
- Güç aralıkları,
- Ölçüm konuları (güç, S-parametreleri, gürültü vb.)

Laboratuvar altyapısı kurma aşamaları aşağıda verilmiştir;

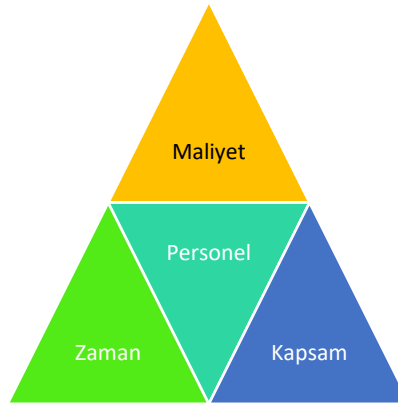
- Potansiyel müşterilerin ihtiyaçlarına göre, kurulacak laboratuvarının seviyesinin belirlenmesi
 - Ulusal metroloji enstitüleri için öncelikle ikincil seviye bir laboratuvar ve ardından birincil seviye ölçüm sistemleri kurulabilir.
 - İkincil seviye laboratuvarlar için bu aşama geçilerek doğrudan müşteri taleplerine göre laboratuvar konu önceliklendirmelerine uygun laboratuvar altyapı kurulumuna geçilebilir.
- Laboratuvarın cihazlarla donatılması
 - İkincil seviye laboratuvar için;
 - Güç ölçümü için uygun işaret kaynağı, güç algılayıcılar ve güç metreler.
 - S-Parametre (empedans ve zayıflama) ölçümü için uygun Vektör Ağ Analizörü (VNA) ve kalibrasyon kiti.
 - Gürültü ölçümü için uygun radyometre ve RF gürültü kaynakları.
 - Uygun RF kabloları, RF adaptörleri, sabit ve adım zayıflatıcılar, otomasyon yazılımı.
 - Birincil seviye laboratuvar için;
 - Güç ölçümü için mikro kalorimetre sistemi ve termistör mountlar.
 - VNA verifikasyon kiti, TRL kalibrasyon kiti, S-Parametre ölçümü için zayıflatıcı setleri.
 - Gürültü ölçümü için RF gürültü kaynakları ve alıcıları.
 - Uygun RF kabloları, RF adaptörleri, sabit ve adım zayıflatıcılar, otomasyon yazılımı.

Her tip laboratuvar kurulumu için laboratuvar masa ve dolap donanımlarının iyi yapılması ve aşağıdaki gibi çevresel koşullar sağlanması gereklidir;

- Birinci seviye laboratuvar için $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve $\% 45\text{ rh} \pm \% 15\text{ rh}$ nem
- İkincil seviye laboratuvar için nominal $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den daha büyük sıcaklık değişimi ve $\% 45\text{ rh} \pm \% 15\text{ rh}$ nem

İkincil seviye bir RF ve mikrodalga laboratuvarı için yaklaşık 80 m^2 laboratuvar alanı ve birincil seviye RF ve mikrodalga laboratuvarı için 50 m^2 laboratuvar alanı yeterli olacaktır.

Laboratuvarın kuruluş aşamasının başında en az 2 araştırmacı (elektronik mühendisi veya fizikçi yüksek lisans derecesi) ve 2 teknisyen olması tavsiye edilir. Kurulduktan sonra, laboratuvar personelinin sayısı, verilen kalibrasyon servis miktarlarına göre değiştirilebilir. Laboratuvar kuruluşu bir proje olarak düşünülmelidir. Laboratuvar kuruluşu, Şekil 6'da verilen proje üçgenine göre tamamlanabilir.



Şekil 1. Proje üçgeni ve laboratuvar kurma aşamaları

2.3. Müşteri İlişkileri Yönetimi Aşaması

Laboratuvar kurulduktan sonra, kalibrasyon ve test hizmetleri laboratuvar tarafından sağlanabilir. Kalibrasyon ve test servisini sağlamak için bir servis yönetim sistemi ve kalibrasyon veya test servislere göre uygun bir kalite sisteminin laboratuvarında oluşturulması gereklidir. Mevcuttaki "TSE/ISO/IEC 17025 Deney ve Kalibrasyon Laboratuvarlarının Yeterliliği İçin Genel Gereklilikler" standardı kalibrasyon ve test laboratuvarları için önerilen kalite sisteminin bütünüdür [6].

Müşterilerin hizmet talepleri, laboratuvarın teklifleri ve cihazların lojistiği (taşımacılık) gibi faaliyetler laboratuvar bünyesindeki bir hizmet eşgüdüm birimi tarafından yönetilebilir. Bu birimde müşteri ve hizmet miktarlarına göre uygun personel istihdam edilebilir. Hizmet eşgüdüm birimi, hizmeti verdikten sonra geri bildirimlerin alınması, hizmete ait çıktıların belgelenmesi, faturalanması gibi hizmetleri de koordine edebilir. Daha öncelerde sunulan hizmetleri takip etmek ve eski hizmetlerin verilerine erişmek ve hizmet yönetimi için geliştirilecek bir yazılımının kullanılması faydalı olacaktır.

TSE/ISO/IEC 17025 standardında belirtildiği gibi, laboratuvar kurulduktan sonra, sunulan hizmeti kalitesinin ispatı için karşılaştırmaya katılım sağlanması gereklidir. Laboratuvar ulusal bir metroloji enstitüsü ise, uluslararası karşılaştırma katılımı yapılmalıdır. Laboratuvarlar ikincil seviye bir kalibrasyon laboratuvarı ise laboratuvarlar arası karşılaştırmaya katılım sağlanmalı ve gerekirse akreditasyon belgesi alınmalıdır.

Özet olarak, müşteri ilişkileri yönetimi aşamasında aşağıda verilen faaliyetlerin yapılması gereklidir;

- Laboratuvar kalite yönetim sisteminin oluşturulması.
- Laboratuvar hizmet eşgüdüm işlerini yapacak birimin kurulması.

- Kalibrasyon ve test prosedürlerinin hazırlanması.
 - Laboratuvar kalite yönetim sistemine göre RF ve mikrodalga kalibrasyon ve test prosedürlerinin hazırlanması.
 - Uluslararası standartlara uygun olarak ölçüm sistemlerinin belirsizliklerinin hesaplanması [7].
- Karşılaştırmalara katılım sağlanması
 - Laboratuvar ölçüm kapsamlarına göre katılım sağlanacak karşılaştırma konularının belirlenmesi.
 - Karşılaştırma organize edebilecek kurum ve kuruluşlar ile irtibatın sağlanması.
 - Karşılaştırmalara katılım sağlanarak sonuçlarının değerlendirilerek akreditasyon sistemine dahil olunması.
- Müşteri ilişkileri yönetimi
 - Hizmet sözleşmesi hazırlanması.
 - Hizmetlerin sunulması.
 - Sertifika hazırlanması.
 - Müşteri geri bildirimlerinin toplanması ve analizi.

SONUÇ

Bu çalışmada RF ve Mikrodalga özelinde bir kalibrasyon ve test laboratuvarının kurulumunda kullanılabilecek bir iş modeli verilmiştir. Bunun yanında RF ve mikrodalga laboratuvarı kurarken dikkat edilmesi gereken konularla birlikte, ülkemizde kurulmuş RF ve mikrodalga kalibrasyon ve test hizmetleri üreten laboratuvarların yaşadığı sıkıntılar dikkate alınarak iş modelinde detaylı alt faaliyetler verilmiştir. Yeni bir RF ve mikrodalga laboratuvarında olması gereken cihazlar listesi ise özetle Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4. Yeni bir RF ve mikrodalga laboratuvarında olması gereken temel cihaz listesi

Ölçüm Konu Başlığı	Birincil Seviye Ölçüm Standardı	İkincil Seviye Ölçüm Standardı	İkincil Seviye Laboratuvar Ölçüm Sistemi İçin Gerekli Cihazlar
RF Güç	Mikrokalorimetre	Güç Algılayıcı	İşaret kaynakları, Güç algılayıcılar Güç metreler Uygun RF kabloları, RF adaptörleri, Sabit ve adım zayıflatıcılar
RF Empedans	Hesaplanabilir Empedans Standartları	Vektör Ağ Analizörleri	Vektör Ağ Analizörü Uygun kalibrasyon kitleri Uygun RF kabloları, RF adaptörleri
RF Zayıflatma	Piston Zayıflatıcılar	Vektör Ağ Analizörleri	Vektör Ağ Analizörü Uygun kalibrasyon kitleri Uygun RF kabloları, RF adaptörleri, Sabit ve adım zayıflatıcılar
RF Gürültü	Krojenik Gürültü Kaynakları	Gürültü Kaynakları	Radyometre İşaret Kaynakları Güç Algılayıcı Güç metre DC gerilim kaynakları RF gürültü kaynakları

KAYNAKLAR

- [1] Gardiol F.E., "Introduction to Microwaves", Artech House Inc., 1984.
- [2] Özkan, T., "Mikrodalga" M.E.B., İstanbul, 1983
- [3] "RF Connector Guide Understanding Connector Technology", Huber&Suhner AG, 1997.
- [4] "Microwave Datamate", IFR, USA, 2001
- [5] Danacı, E., Celep M., Sallam A.R., "Establishment Report Of A New RF and Microwave Laboratory" EMPIR 15RPT01 RFMICROWAVE Project, December 2018, <http://rfmw.cmi.cz>
- [6] ISO / IEC 17025:2017 Deney ve Kalibrasyon Laboratuvarlarının Yeterliliği İçin Genel Gereklilikler Standardı, <https://intweb.tse.org.tr/standard/standard/standardara.aspx>
- [7] Evaluation of measurement data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM). JCGM 100. First edition. September 2008 (available on the BIPM website: http://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_100_2008_E.pdf)

ÖZGEÇMİŞ

Erkan DANACI

Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nden 1991 yılında mezun olmuştur. Selçuk Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda sırasıyla 1996 yılında Yüksek Lisans ve 2002 yılında Doktora çalışmasını tamamlamıştır.

1992-2000 yılları arasında Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisli Bölümü Devreler ve Sistemler Teorisi Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak çalışmıştır. 1998-2000 yılları arasında TÜBİTAK MAM BTAE'de Milli Savunma Bakanlığının bir projesi kapsamında yazı zamanlı araştırmacı olarak RF devre tasarım çalışmalarında bulunmuştur. 2000 yılında TÜBİTAK UME RF ve Mikrodalga Laboratuvarı'nda Araştırmacı olarak çalışmaya başlamıştır. 2007-2014 yılları arasında TÜBİTAK UME Stratejik Planlama ve İş Geliştirme Birimi Sorumluluğu görevini yürütmüş, bunun yanında 2011-2014 yıllarında arasında TÜBİTAK UME Müdür İdari Yardımcılığı görevine vekalet etmiştir. 2014 yılından itibaren TÜBİTAK UME RF ve Mikrodalga Laboratuvarı'nda Başuzman Araştırmacı olarak RF ve Mikrodalga frekanslarında birincil ve ikincil s-parametreleri, empedans ve gürültü ölçümleri üzerine çalışmalarını yürütmektedir. Ayrıca Yapay Sinir Ağları ilgi alanındadır. EURAMET TC-IM Türkiye delegasyonu ve her yıl düzenlenen Uluslararası Akıllı Şebekeler Kongre ve Fuarı'nın Bilim Kurulu üyeliği görevlerini sürdürmektedir.

2002 yılında Kanada'da düzenlenen CPEM konferansına sunduğu çalışması ile Genç Bilim Adamı Ödülü almış, 3 makalesi, 2 kitapta bölüm yazarlığı ve 17 ulusal ve uluslararası bildirisi mevcuttur.

Murat CELEP

Trakya Üniversitesi Tekirdağ M.Y. Okulu'ndan 1992 yılında, Kocaeli Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü'nden 1999 yılında mezun olmuştur. Yüksek lisansını Kocaeli Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği'nde 2004 yılında tamamlamıştır.

1995 yılında bir süre CEDETAŞ A.Ş.'de çalışmış ve 1997 yılında TÜBİTAK UME RF ve Mikrodalga Laboratuvarı'nda göreve başlamıştır. RF ve Mikrodalga frekanslarında birincil ve ikincil seviye güç, s-parametreleri, empedans, zayıflatma ve gürültü ölçümleri üzerine çalışmakta olup aynı zamanda bu ölçümler için, ölçme sistemlerinin kurulması, karakterize edilmesi ve belirsizlik hesaplamalarının yapılması konusunda çalışmalarda bulunmaktadır. Mikrodalga güç ve s-parametrelerinin uluslararası izlenebilirliğini sağlamak için düzenlenen anahtar karşılaştırmalara TÜBİTAK UME adına katkıda bulunmuş ve/veya katılmıştır. 100 MHz - 1GHz frekans aralığında gerilim izlenebilirliğinin güç standartları üzerinden alınması için bir çalışma gerçekleştirmiştir. Aynı zamanda özgül soğurma oranı (SAR) ölçme sisteminin çalıştırılması, karakterize edilmesi ve SAR ölçümleri konusunda çalışmaktadır. Halen RF ve Mikrodalga Laboratuvarı sorumlusu olarak görev yapmaktadır.

Aliye KARTAL DOĞAN

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü'nden 1994 yılında mezun olmuştur. Yüksek lisans eğitimini Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü'nde 2001 yılında tamamlamıştır. Doktora derecesini ise Kocaeli Üniversitesi Fizik Bölümü'nden 2012 yılında almıştır.

1996 yılında TÜBİTAK ÜME'de Sıcaklık Laboratuvarı'nda araştırmacı unvanıyla işe başlamıştır. 2005 - 2011 yılları arasında Sıcaklık Laboratuvarı Sorumluluğu görevini vekâleten yürütmüştür. Sıcaklık ölçümlerinde birincil seviye standartların geliştirilmesi ve izlenebilirliğinin sağlanması, belirsizlik hesaplamalarının yapılması, farklı sıcaklık değerlerine sahip sabit nokta hücrelerini yapılması, geliştirilmesi ve karakterize edilmesi konularında çalışmıştır. Endüstriye eğitim, danışmanlık, kalibrasyon ve test hizmetlerinin verilmesi, uluslararası ve ulusal sıcaklık karşılaştırmaların organizasyonu ve sonuçlarının değerlendirmesini gerçekleştirmiştir. Ayrıca sıcaklık alanında TÜRKAK adına teknik uzman olarak denetçilik görevlerini gerçekleştirmiştir. Sıcaklık alanında uluslararası ve ulusal birçok projede hem yürütücü hem de katılımcı olarak çalışmasının yanı sıra 2011 yılına kadar ülkemizi EURAMET TC-12, IMEKO TC12, CCT (The Consultative Committee for Thermometry) Sıcaklık Danışma Kurulu'nda ülkemizi temsil etmiş olup, CCT Çalışma Grubu 3 ve Çalışma Grubu 6'da sıcaklık ölçümlerinde belirsizlik hesaplamaları ve nem ölçümleri alanında temsil etmiştir.

Ekim 2012 yılından itibaren Elektromanyetik Laboratuvarları altında yer alan Özgül Soğurma Oranı (SAR) ölçme sisteminin çalıştırılması, karakterize edilmesi ve iyileştirilmesi konusunda çalışmış olup, Aralık 2014 itibari ile RF ve Mikrodalga Laboratuvarı'nda çalışmaya başlamıştır.

Handan SAKARYA

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü'nden 1992 yılında mezun olmuştur. Yüksek lisans eğitimini Kocaeli Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü'nde tamamlamıştır.

1993 yılında TÜBİTAK ÜME'de DC Direnç Laboratuvarı'nda araştırmacı unvanıyla işe başlamıştır. DC direnç ölçümlerinde birincil ve ikincil seviye sistemlerin kurulması ve muhafazası konularında çalışmıştır. Endüstriye kalibrasyon ve test hizmetlerinin verilmesi, uluslararası ve ulusal DC direnç karşılaştırmalarında görev almıştır.

2012 yılından itibaren RF ve Mikrodalga Laboratuvarı'nda s-parametreleri ve RF güç ölçümü konusunda çalışmaktadır. Ayrıca TÜBİTAK ÜME Kalite Yönetim Sistemi içerisinde Grup Yönetim Temsilciliği görevini yürütmektedir.