

Dumlupınar Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü Fiber Optik Haberleşme Laboratuvarı Uygulamaları

¹Ahmet ALTUNCU ²Şeref YUVKA ³Fırat Ertaç DURAK

Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

¹altuncu@dpu.edu.tr ²serefyuvka@dpu.edu.tr ³firat@dpu.edu.tr

Özet

Yakın zamanda büyük bir ivmeyle gelişen haberleşme teknolojileri içerisinde, fiber optik haberleşme sistemlerinin yüksek performans avantajı nedeniyle oldukça kritik bir konumu bulunmaktadır. Bu nedenle, lisans ve yüksek lisans düzeyinde eğitim alan öğrencilerin fiber optik alanına olan ilgilerinin artırılması ve bu alanda yeterince uzmanlaşmış elektrik-elektronik mühendislerinin yetişmesi gerekmektedir. Bu motivasyonla, Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü bünyesinde “Fiber Optik Haberleşme Laboratuvarı” kurulmuştur. Bu sayede, öğrencilerin derste edindikleri teorik bilgilerin laboratuvar çalışmalarıyla da desteklenmesi hedeflenmektedir. Bu çalışmada, bölümümüz fiber optik haberleşme laboratuvarında yürütülen deneysel çalışmalar, kullanılan test cihazları ve malzemeler ile laboratuvar çalışmalarının dersi alan öğrenciler üzerindeki etkileri hakkında bilgi verilmektedir.

Anahtar sözcükler: Fiber optik haberleşme eğitimi, fiber optik haberleşme laboratuvarı, deneysel çalışmalar

1. Giriş

Günümüzün gelişen teknolojileri arasında haberleşme sistemleri son derece önemli bir yere sahiptir. Özellikle, uzak mesafeler arasında kesintisiz ve yüksek hızda ses, görüntü ve veri iletişimi sağlanmasına yönelik talepler hızla artmaktadır. Mevcut haberleşme ağlarının kapasite ve hızlarının artırılma çalışmalarında başvurulan metotlar içerisinde, son 30 yılın teknolojisi olan fiber optik haberleşme sistemleri özel bir öneme sahiptir. Fiber optik kablolarda uzak mesafelere yüksek hızlarda veri iletimi kolaylıkla yapılabilir [1]. Bir saç telinden daha ince boyuttaki cam fiberden yüz binlerce telefon sinyali veya eşdeğer veri düşük bir maliyetle iletilebilir. Yüksek band genişliği ve düşük sinyal kaybının yanında, elektriksel izolasyon, elektromanyetik girişim ve diyafoniye karşı bağışıklık, sinyal güvenliği, düşük maliyet, hammadde bolluğu, küçük boyut ve hafiflik gibi birçok avantajlara sahiptir. Bu

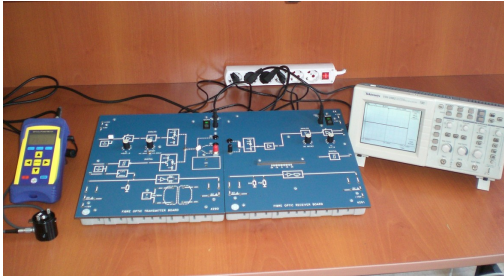
avantajların bir sonucu olarak tüm telekomünikasyon servis sağlayıcıları, fiber optik haberleşme sistemlerini doğrudan veya dolaylı olarak alt yapılarında kullanmaktadırlar. Bu nedenle, lisans ve yüksek lisans düzeyinde eğitim alan elektrik-elektronik ve elektronik-haberleşme mühendisliği bölümü öğrencilerinin fiber optik alanına olan ilgilerinin artırılması ve bu alanda yeterince uzmanlaşmış mühendislerin yetişmesi gerekmektedir. Bu motivasyonla, Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünde sekizinci yarıyılıda verilmekte olan “Fiber Optik Haberleşme Sistemleri” ve yüksek lisans eğitiminde verilmekte olan “Fotonik” ve “İleri Fiber Optik Sistemler” derslerinin laboratuvar uygulamaları ile desteklenmesi için “Fiber Optik Haberleşme Laboratuvarı” kurulmuştur. Bu sayede, öğrencilerin derste edindikleri teorik bilgilerin laboratuvar çalışmalarıyla da desteklenmesi hedeflenmektedir. Bu çalışmada, bölümümüz fiber optik haberleşme laboratuvarında yürütülen deneysel çalışmalar, kullanılan test cihazları ile laboratuvar çalışmalarının dersi alan öğrenciler üzerindeki etkileri hakkında bilgi verilmektedir.

2. DPU fiber optik haberleşme laboratuvarı

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünde sekizinci yarıyılıda verilmekte olan “Fiber Optik Haberleşme Sistemleri” dersinin deneysel çalışmalarını yapmak için, laboratuvarımızda 2 set halinde mevcut olan HPS-4290/4291 fiber optik verici-alıcı deney setleri kullanılmaktadır[2]. Yardımcı test ve ölçüm cihazı ve malzemeleri olarak da, FC, ST, SC ve Universal fiber konnektör başlıkları bulunan 700-1600 nm aralığında ölçüm yapabilen fiber optik güçmetre, sayısal multimetre, sayısal osiloskop, IR sensor kartı ve değişik fiber konnektör temizleme malzemeleri kullanılmaktadır (Şekil-1). Fiber optik deney setlerinde fiber optik verici ve alıcı modülleri, 0.5 m, 1 m ve 20 m plastik fiberler, 1 m, 20 m ve 100 m cam fiberler, çeşitli konnektörler ve bağlantı elemanları bulunmaktadır.

4290 (verici) modülünün yapısında 1 kHz AC kaynak, kuvvetlendirici, DC sıfırlama kaynağı, diyot sürücü, LED diyotlar (660nm-850nm) ve lazer kaynak bulunmaktadır. Kuvvetlendirici kazancı ve DC sıfırlama genliği potansiyometre ile kontrol edilebilmektedir. 4290 (alıcı) modülünde silisyum PIN fotodiyot, kuvvetlendirici, ayarlanabilir DC sıfırlama kaynağı ve çıkış katı kuvvetlendiricisi bulunmaktadır. Çıkış katında DC ve AC çıkış sinyali elde edilebilmektedir. Verici ve alıcı modüllerindeki toprak hattı yardımıyla genlik seviyeleri osiloskop veya multimetre ile ölçülebilmektedir. [2]

Yüksek lisans programında açılan *İleri Fiber Optik Sistemler* dersinin laboratuvar uygulamalarında ise, Anritsu MS9710B optik spektrum analizör (OSA), Santec ayarlı lazer kaynağı ve diğer test cihazları, pasif optik elemanlar, çeşitli fiber kablo ve konnektörler yardımıyla LED ve lazer diyot karakteristiklerinin elde edilmesi, optik yükselteçlerde (EDFA) kazanç ve gürültü faktörü ölçümü ile optik izolatör ve optik filtre gibi pasif elemanların spektral iletim karakteristikleri elde edilebilmektedir.



Şekil-1 Fiber optik haberleşme deney seti

2.1. Fiber optik haberleşme deney seti ile yapılan deneyler

Fiber optik haberleşme deney seti ile yapılabilen deneyler başlıca: Fiber optik alıcıdaki PIN fotodiyot ile vericideki LED ve Lazer diyotlarının karakteristiklerinin elde edilmesi ve performanslarının kıyaslanması, optik alıcı/verici devrelerinin plastik ve cam fiberler için kalibrasyonu, plastik ve cam fiberlerde zayıflama ölçümü, fiber optik bağlantı noktalarında zayıflama ölçümü ve fiber optik iletişim sisteminde analog ve sayısal sinyal iletimi sayılabilir. Öğrenciler deney setinde bulunan farklı ayarları yapmak ve test noktalarındaki gerilimleri ölçmek suretiyle, teorik bilgileriyle pratik uygulamalar arasında ilişki kurabilmektedirler.

2.1.1. Plastik ve cam fiberler için alıcı modülünün güç/gerilim karakteristiklerinin elde edilmesi:

Fiber optik alıcı modülünün çıkış gerilimi, alıcıya gelen optik güç ile orantılıdır. Bu deneyde verici

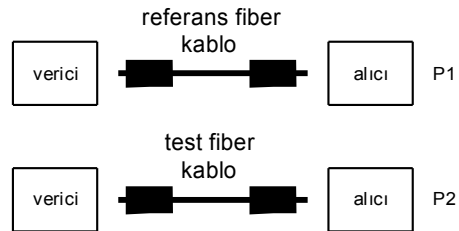
modülündeki DC sıfırlama potansiyometresi ayarlanarak vericiden iletilen, dolayısıyla alıcıya gelen optik güç değiştirilmekte ve alıcı modülü çıkışındaki gerilim değeri ölçülmektedir. Deney sonunda elde edilen, alıcı modülünün *optik giriş gücü-çıkış gerilimi* grafiğinden alıcının optik/elektriksel dönüşüm oranı elde edilmektedir. Bu ölçümler plastik ve cam fiberler için 660 nm’de ve 850 nm’de tekrarlanmaktadır.



Şekil-2 Öğrencilerin deneysel çalışması

2.1.2. Plastik ve cam fiberler için verici modülünün akım/güç karakteristiklerinin elde edilmesi:

LED ve Lazer diyodun yaydığı optik güç miktarı, diyoda uygulanan iletim akımının $P_E = f(I_F)$ değeriyle değişir. Optik fibere aktarılabilen güç miktarı ise fiber özünün çapına ve nümerik açıklığına bağlıdır. Bu deneyde farklı uzunluklardaki cam ve plastik fiberlerin her biri için $P_E = f(I_F)$ karakteristiği elde edilir. Fiber çıkışındaki optik güç ölçümleri, fiber optik güçmetre ile yapılmaktadır.



Şekil-3 Zayıflama Ölçüm Deney Düzeneği

2.1.3. Plastik ve cam fiberlerde zayıflama ölçümü:

Fiber zayıflamasının ölçülmesi için verici, alıcı modülleri ve referans fiber kablo kullanılır. İlk önce

referans fiber kablo bağlanarak P_1 çıkış gücü ölçülür. Daha sonra referans fiber kablo, test fiber kablosu ile değiştirilir ve P_2 çıkış güç seviyesi ölçülür. P_1 ve P_2 çıkış güç seviyeleri arasındaki değişim ve fiber kablo uzunluk farkı arasındaki ilişkiden fiberin zayıflama katsayısı (dB/km) cinsinden elde edilir.

Deneyde plastik fiber zayıflama ölçümü sırasında 0.5m'lik plastik fiber kablo referans olarak kullanılarak, 5m ve 20m'lik plastik fiberlerde zayıflama ölçülür. Cam fiberdeki zayıflamayı ölçmek ise 1m'lik cam fiber kablo referans olarak kullanılarak 20m ve 100m'lik cam fiberlerde zayıflama ölçülür. Deney sonunda ise plastik ve cam fiberler için elde edilen sonuçlar ayrı ayrı grafiklere aktarılarak yorumlanır.

2.1.4. Optik bağlantı kaybının ölçülmesi:

Fiber optik alıcı modülü üzerine yerleştirilen optik bağlayıcı yardımıyla açık iki fiber ucu arasındaki mesafe manuel olarak değiştirilerek, bağlantı kaybının mesafeyle değişimi elde edilebilir. Fiber uçları arasındaki mesafe arttıkça, zayıflama değeri de artacaktır. Alıcı modülü üzerinde bulunan bağlayıcı basit bir zayıflatıcı olarak kullanılabilir. Bu amaçla deneyde 0.5 m'lik iki adet plastik fiber kablo kullanılmaktadır. Plastik fiberin birisi iletim LED'ine (660nm veya 850nm) diğeri alıcı fotodiyoda bağlanır. Plastik fiberlerin her iki ucu bağlayıcıdan içeri doğru itilerek yüzeylerinin birbirine değmesi ve bu sayede maksimum çıkış gerilimi ölçülmesi sağlanır. Bu gerilim, referans gerilimi U_A olacaktır. Daha sonra kablolar arasındaki mesafe (açıklık) artırılarak her bir durum için çıkış voltajı U_S okunur. Zayıflama

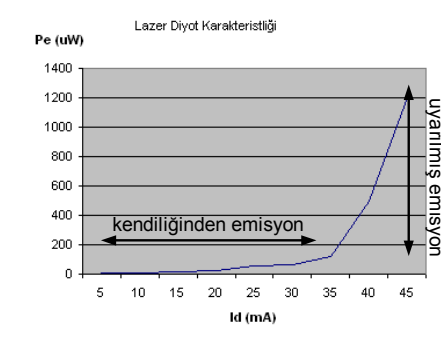
$$\alpha_s = 10 \log(U_A/U_S)$$

formülüyle hesaplanarak α (dB/mm) grafiği elde edilir [2].

2.1.5. Lazer diyot karakteristiğinin elde edilmesi:

Deney setinde ayrıca 680 nm dalgaboyunda görünür kırmızı ışık çıkışı veren 1 mW gücünde bir harici lazerde bulunmaktadır. Deneyel çalışmanın bu bölümünde bu harici lazerin sürücü akımı-çıkış gücü karakteristikleri elde edilir. Şekil 4'te tipik bir lazer diyot akımına bağlı optik çıkış gücü karakteristiği gösterilmektedir. Düşük akımlarda lazerde sadece spontane emisyon gerçekleşir. Fakat eşik akımı geçildiğinde uyarılmış emisyon başlar ve ışık gücünde oldukça yüksek bir artış sağlanır. Alıcı modülüne takılan lazerin gücü 1 mW ile sınırlandırılmış olmasına rağmen, bu güç alıcıyı doyuma götürebilir. Fiber optik alıcı modülündeki fiber bağlayıcı alıcının doyuma gitmesini önlemek

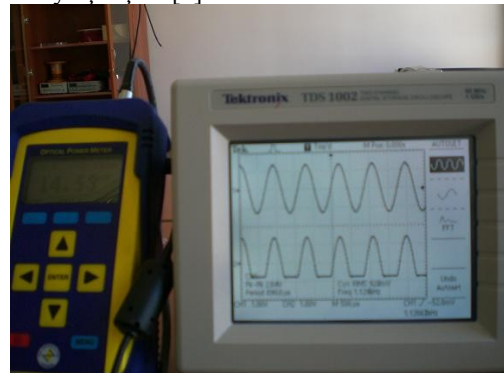
için ayarlanabilir zayıflatıcı gibi kullanılabilir. Kablo bağlantı aralığı artırılarak, alıcıya gelen optik güç seviyesi uygun bir değere ayarlanır. Diyot akımı (I_D), çıkış voltajı (U_A) ve çıkış gücü (P_E) ölçülerek kaydedilir ve lazer diyotunun sürücü akımı-çıkış gücü karakteristiği elde edilir.



Şekil-4 Lazer Diyot Karakteristiği

2.1.6. Fiber optik verici ve alıcı modüllü arasında analog ve sayısal sinyal iletimi:

Fiber optik deney setindeki verici ve alıcı modülleri arasında analog ve sayısal sinyal iletimi deneyi yapılabilir. Bu amaçla LED ve lazer diyotları kullanılmaktadır. Lazerin, uyarılmış emisyonla ışımaya yaptığı bölge büyük oranda doğrusal olduğu için doğrudan *ışık şiddeti modülasyonu* yapılabilmesine olanak sağlar. Modülasyon derinliği lazerin iletim akımını kontrol etmek suretiyle yapılır. Deneyde amaç, lazer çıkış sinyalinin modülasyonu ile bozulmasız sinyal iletiminin mümkün olup olmadığını göstermektir. Bu deneyde 1 kHz'lik sinüs işareti kullanılmaktadır. 0.5 m'lik plastik fiberler ve alıcı modülündeki fiber bağlayıcı kullanılarak uygun şiddette optik sinyalin alıcıya gelmesi sağlanır. Daha sonra verici modülündeki DC sıfırlama potansiyometresi ile diyot sürücü akımının DC seviyesi değiştirilerek Şekil-5'te görüldüğü gibi alıcı çıkışında düzgün bir sinüsoidal sinyal alınmaya çalışılır [2].



Şekil-5 Fiber optik deney setinde 1 kHz'lik sinüsoidal sinyalin iletimi.

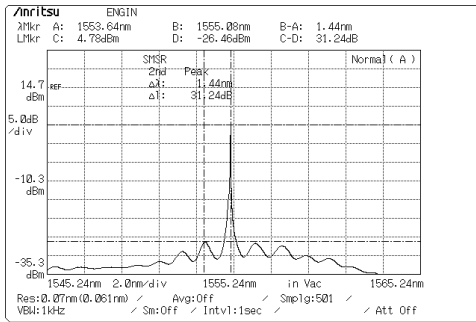
3. Optik Spektrum Analizör (OSA) Deneyleri

Dumlupınar Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği bünyesindeki Fiber Optik Haberleşme Laboratuvarı'nda gerçekleştirilen pratik uygulamalar arasında, optik spektrum analizör (OSA) ile yapılan deneylerde özel bir öneme sahiptir. Optik spektrum analizör (OSA) cihazı ile fiber optik haberleşme sistemleri ile ilgili birçok test, ölçüm ve analiz yapılabilmektedir[3]. Bu pratik uygulamalar, fiber optik eleman ve sistemlerin çalışma prensiplerini ve yeteneklerini anlamayı büyük ölçüde kolaylaştırmaktadır. Laboratuvarımızda, Anritsu MS9710B modeli OSA kullanılmaktadır. (Şekil-6) Bu ölçüm cihazı ile gerçekleştirilebilen çok sayıda uygulamalardan bazıları şu şekilde sıralanabilir:

- 600-1750 nm dalgaboyları arasındaki tüm optik sinyallerin güç, dalgaboyu, spektral genişlik ölçümleri
- LED, Fabry-Perot lazer, DFB lazer diyot ve EDFL (erbiyum katkılı fiber lazer) güç ve spektral özelliklerin karakterizasyonu (Şekil-7)
- EDFA (erbiyum katkılı fiber yükselteç) kazancı, bandgenişliği ve gürültü faktörü ölçümleri (Şekil-8-9)
- İzolatör, optik band geçiren filtre (OBPF) ve sirkülatör gibi pasif optik elemanların iletim spektrumlarının ve kayıp karakteristiklerinin elde edilmesi

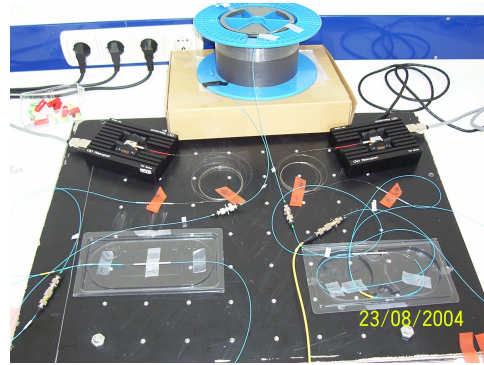


Şekil-6 Anritsu MS9710B optik spektrum analizör.

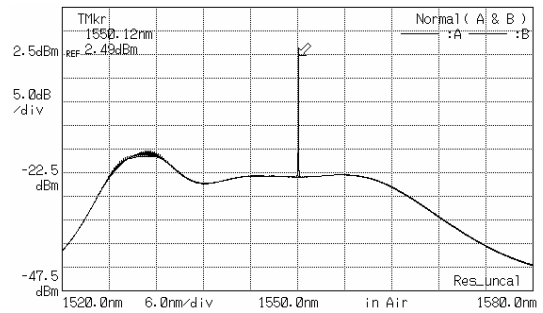


Şekil-7 OSA ekranında görülen EDFL çıkış spektrumu

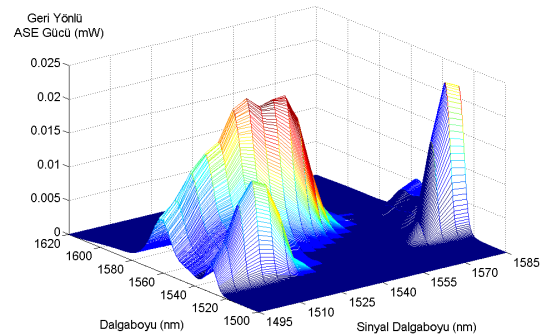
OSA ölçüm cihazı, 600-1750 nm dalgaboyu aralığında minimum 0.07 nm çözünürlük ile ölçüm yapabilmektedir. Ayrıca ölçüm seviye aralığı -90 dBm ile +10 dBm arasındadır. Ekranda gözlemlenen ölçüm spektrumları, RS232 ve floppy sürücü yardımıyla bilgisayara aktarılabilirdiği gibi cihaz üzerindeki termal yazıcıda da ana hatları ile yazdırılabilir. Ölçüm spektrumları bmp. uzantısıyla resim olarak ve/veya txt. uzantısıyla data olarak kaydedilebilir ve istenirse bu dosyalar Matlab ortamında açılarak grafikler yeniden isteğe göre düzenlenebilir (Şekil-10).



Şekil-8 Erbiyum katkılı fiber yükselteç (EDFA) test düzeneği.

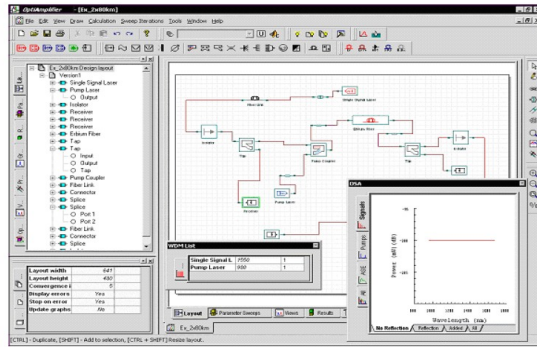


Şekil-9 OSA ekranında görülen EDFA çıkış sinyali ve ASE spektrumu.



Şekil-10 OSA ile ölçülen spektrumların Matlab ortamında birleştirilmesiyle üç boyutlu olarak elde edilen ASE spektrumu.

Yüksek lisans öğrencilerine dönük laboratuvar çalışmalarında ayrıca, optiwave optiamplifier 4.0 yazılımı kullanılarak, EDFA ve EDFL simülasyonları yapılmaktadır (Şekil-11). Bu sayede öğrenciler erbiyum katkılı fiber ve pompa lazer parametrelerinin EDFA performansına etkisini teorik olarak analiz etme, EDFA tasarlama ve simülasyonla elde ettikleri EDFA karakteristiklerini deneysel sonuçlarıyla karşılaştırma ve varsa farklılıkları sorgulama imkanı bulmaktadırlar [4].



Şekil-11 Optiwave optiamplifier 4.0 yazılımının GUI ekranı.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, Dumlupınar Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümünde sekizinci yarıyılında teknik seçmeli ders olarak okutulan *fiber optik haberleşme sistemleri* ile yüksek lisansta okutulan *ileri fiber optik sistemler* dersleri kapsamında gerçekleştirilen laboratuvar çalışmaları özetlenmiştir. Her iki dersin laboratuvar çalışmaları bölüm fiber optik haberleşme laboratuvarında yürütülmekle birlikte, lisans dersinin uygulaması büyük ölçüde fiber optik deney setiyle yapılan temel deneyleri, kısmen de OSA ölçümlerini kapsamaktadır. Yüksek lisans dersinin uygulamasında ise, büyük ölçüde profesyonel OSA ölçümleri yapılmakta ve EDFA karakterizasyon deneyleri gerçekleştirilmektedir. Bunun dışında, her iki grup öğrenciye laboratuvarımızda mevcut olan Fitel Furukawa S-176CF fiber ek cihazı ve aparatlarıyla fiber kablo eki yapma eğitimi verilmekte ve Türk Telekom Müdürlüğü-Kütahya desteği ile Optik Zaman Eksenli Yansıma Ölçer (OTDR) cihazı tanıtılmaktadır. Her iki lisans ve yüksek lisans kapsamında yürütülen laboratuvar çalışmaları, endüstriyel laboratuvar çalışmalarıyla büyük ölçüde örtüşmektedir. Fiber optik haberleşme laboratuvarında yürütülen yoğun deneysel çalışmalar sayesinde, lisans ve yüksek lisans düzeyindeki ilgili derslerde alınan teorik bilgilerin pekişmesi, deneysel çalışmalar ve

gözlemlerle desteklenmesi sağlanmaktadır. Yurtiçindeki üniversitelerin Elektrik-Elektronik veya Elektronik-Haberleşme Mühendisliği bölümlerinin çok azında bu tarzdaki bir fiber optik laboratuvarının bulunması nedeniyle, yürütülen laboratuvar uygulamalarının, mezun olan öğrencilerimizin bu alanda avantajlı bir şekilde istihdamda tercih edilmelerine ve iş hayatında başarıyla çalışabilmelerine imkan sağlamaktadır.

Kaynakça

- [1] Optical Fiber Communications, Gerd Keiser, McGraw Hill 3.Baskı, 2000.
- [2] Fiber Optik Haberleşme Deney Kitabı
- [3] Anritsu MS9710B Optik Spektrum Analizör Kullanma Kılavuzu
- [4] A. Altuncu ve Arif Başgümüş, “ L Bandında çalışan erbiyum katkılı fiber optik amplifikatörlerde pompa lazeri dalgaboyunun kazanç ve gürültü spektrumlarına etkisi”, Teknoloji Dergisi, Cilt 7, Sayı 2, Sayfa 321-327, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, 2004.

