



T.C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

CHENİLLE İPLİĞİNİN BOZUKLUKLARININ
OPTOELEKTRONİK YÖNTEMLE İNCELENMESİ

İhsan SÜLE

DOKTORA TEZİ
ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2007



T.C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

CHENİLLE İPLİĞİNİN BOZUKLUKLARININ
OPTOELEKTRONİK YÖNTEMLE İNCELENMESİ

ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ

İhsan SÜLE

Prof. Dr. Eldar MUSAYEV

(Danışman)

DOKTORA TEZİ

ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2007

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

CHENİLLE İPLİĞİNİN BOZUKLUKLARININ OPTOELEKTRONİK
YÖNTEMLE İNCELENMESİ

Ihsan SÜLE

DOKTORA TEZİ
ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 21 / 11 / 2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oy-
çokluğu ile kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Eldar MUSAYEV
Danışman



Prof. Dr. Ali OKTAY



Doç. Dr. Muhitdin AHMETOĞLU



Prof. Dr. Oğuzhan ÇİÇEKOĞLU



Yrd. Doç. Dr. Osman Hilmi KOÇAL

ÖZET

Tekstil iplikleri arasında değişik görünüm ve yapıda olan, fantezi iplik grubunda yer alan Chenille ipliklerinin bozukluklarını algılayan optoelektronik algılayıcı sistem geliştirilmiştir. Bozuklukların durumuna göre değişim gösteren fotosinyaller elde edilmiştir. Optik sinyal ile bozuklukların sınıfı ve boyutu arasındaki bağıntıların elde edilmesinde Otokorelasyon Katsayıları ve Fourier Dönüşümü kullanılmıştır.

İkinci bölümde, tekstil malzemelerinin bozukluk algılama yöntemleri ve bozukluk algılayıcı cihazlar araştırılmıştır. Chenille ipliğinin yapısı ve üretim özellikleri araştırılmıştır. Yöntemlerin karşılaştırması yapılarak ipliğin bozukluklarını algılamada kullanılacak yöntem seçilmiştir. Literatürde, Chenille ipliğinin bozuklukları, bozukluğun türü ve uzunluğu ile doğrudan ilişki kuran bir metotla günümüze kadar incelenmemiştir. Günümüze kadar olan birçok çalışma, iğ ipliklerinin düzgünsüzlüğü ve tüylülükleri ile ilgilidir.

Üçüncü bölümde, Chenille ipliği statik ölçüm yöntemiyle incelenmiştir. Yarıiletken ışın verici-iplik-fotoalıcı sistemi incelenmiştir. İpliğin ışın verici ve fotoalıcıya göre konumunu belirleyen ışın verici-iplik, fotoalıcı-iplik mesafelerinin optik algılama sistemine etkisi üzerinde çalışılmıştır. Farklı ışın diyagramına sahip ve farklı dalga boyunda ışın üreten ışın vericiler (kırmızı, yeşil, sarı, mavi, kızılötesi LED'ler) için, iplikten ışının geçmesi ve fotoalıcıya ulaşması incelenmiştir. Optik model üzerindeki geometrik boyutların, fotoalıcı önünde yer alan açıklığın (yarığın), ışın vericinin akımının algılama sistemine etkisi incelenmiştir. Değişik özelliklerdeki malzemelerden üretilen Chenille iplikleri (viskon, pamuk, akrilik, yün ve polyester) incelenerek ışın vericinin dalga boyunun statik ölçüm sistemine etkisi araştırılmıştır. İpliğin kalınlığının ve yapısında kullanılan malzemenin algılama sistemine etkisi araştırılmıştır. Üçüncü bölümün devamında, ipliğin üretim sonrası çapraz bobinlerden geçirilerek hav yönünün düzenlenmesi ve bobinlere aktarılması modellenerek fotoalıcı ve ışın verici arasında sabit bir hızda hareket ettiği durumda (dinamik ölçüm) fotosinyaller elde edilmiştir. İplik bozukluklarına ait fotosinyallerin, periyodik görüntülenmesi amacıyla iplik hızının ayarlanabildiği ölçme sistemi geliştirilmiştir ve iplik bozuklukları modellenmiştir. Işın verici ve fotoalıcının birbirlerine göre konumlarının değiştirilebildiği uzaklık ayarlı ölçümler yapılmıştır. Işın vericinin akımı değiştirilerek sinyaller işlemsel kuvvetlendirici ile kuvvetlendirilmiştir. Sinyaller teorik modellerle karşılaştırılarak maksimum uyumluluk kriteri uygulanmıştır. Sinyaller veri işlemesi uygulaması için bilgisayara aktarılmıştır. Materyal ve Yöntem bölümünün takip eden alt bölümlerinde, optoelektronik algılayıcı sistem tasarlanarak test edilmiştir. İplik yapısındaki bozuklukları en iyi algılayabilecek bir sistemin geliştirilebilmesi için, ışın verici ve fotoalıcı seçilmiş, önemli karakteristikleri ve parametreleri belirlenmiştir. Dönüştürücünün elektronik devresi analiz edilmiştir. Değişik türde ipliklerden elde edilen sinyaller, bozukluk türlerine göre tablolar halinde düzenlenmiştir. İstatiksel veriler grafikler halinde analiz edilmiştir. İplik bozukluklarının zaman sinyali ile algılanmasının yanı sıra Otokorelasyon Katsayıları ve Fourier Dönüşümü ile belirlenebilmesi araştırılmıştır. Optoelektronik metotla bozukluk algılama ve değerlendirmenin tekstil sektöründe kullanılan diğer kalite kontrol yöntemlerine getirdiği yenilik belirtilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Optoelektronik dönüştürücü, Chenille ipliği, kalite kontrol, bozukluk algılama, ışığın geçmesi, Otokorelasyon, Fourier Dönüşümü.

ABSTRACT

Optoelectronic perceiving system detecting the defect in Chenille yarns taking its place in the group of fancy yarns and having a different shape and structure is developed. Photosignals changing according to the defect are received. Autocorrelation Method and Fourier Transformation are used in receiving the relation between the photosignals and the dimension and classification of the defects.

In the second chapter the methods and the equipment in perceiving the defects in textile materials are examined. The production of the Chenille yarns and the structure of the Chenille yarns are examined. Comparing the methods the appropriate ones are selected in using the perception of the defect of the thread. Any researches directly related to the type and the length of defect of the Chenille yarn have not been examined up to the present. There have been a lot of researches about the spun yarn unevenness and their hairiness up to present.

In the third chapter Chenille yarn is examined by the statical measurement method. Semi-conductive light transmitter-yarn-photoreceiver system is examined. The effect of photoreceiving light intervals to the yarn-perceiving the system and the light transmitter-yarn determining the position of yarn to the light transmitter and photoreceiver are searched. The passing of light through thread and receiving by the photoreceiver for the light transmitters (red,green,yellow,blue,infrared LEDs) having the different wavelengths and lightning diagrams are searched. The geometrical dimension on the optical model, the slot in front of the receiver, the effect of the current of the light transmitter on the system of perception are searched. Examining the different Chenille yarns of changing materials (viscose, cotton, acrylic,wool and polyester) the wavelength of light transmitter on the statical measurement system is detected. The effect of the thickness of the yarn and the material in its structure on the receiving system is searched. In the other section of the third chapter the model of winding yarns through the cross cops for the regulation of the direction of the effect fibers and winding to the cops are fulfilled and photosignals of the yarn are received in the position at a fixed speed between the photoreceiver and the light transmitter. A measurement system is developed in which the speed of the yarn can be arranged for the periodic showing of the photosignals of the yarn defects and modelling of the defect are implemented. Measurements regulated to the distance are implemented in which the position of light transmitter and the photoreceiver can be changed to each other. Changing the current of light transmitter the signals are amplified by the operational amplifier. Comparing the signals to the theoretical models the maximum efficiency criteria is used. The signals are transferred to the computer for the data processing. In the subsection of the third chapter the optoelectronic perceiving system is designed and tested. The light transmitter and photoreceiver are selected for developing the best system perceiving the defects in yarns and the basic characteristics and parameters are determined. The electronic circuit of the transformer is analysed. The signals of different yarns are arranged in diagrams according to the types of defects. The statistical data are analysed as graphs. In addition to the obtaining of the defects of the yarn from the signal Autocorrelation Coefficients and Fourier Transformations are researched to detect the defects of yarns. Among the other quality control methods the renewal of receiving and perceiving the defects by optoelectronic method is explained.

Key words: optoelectronic transformer, Chenille yarn, quality control, perceiving the defect, the passing of the light, Autocorrelation, Fourier Transformation.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
SİMGELER DİZİNİ	xx
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	9
2.1. Tekstil Malzemelerinin Bozukluk Algılama ve Kalite Kontrol Yöntemleri	9
2.1.1. Tekstil malzemelerinin bozukluklarının görsel kontrolü	10
2.1.2. Görüntüleme yöntemi ile bozukluk algılama ve bu yöntemde kullanılan cihazlar	12
Kumaş ve dokuma ürünlerinde bozukluk algılama ve değerlendirme çalışmaları	16
2.1.3. Yüzey taraması yöntemi ile tekstil malzemelerinin bozukluklarını algılama	20
Tekstil ipliklerinin kalınlığını algılama ve ölçme çalışmaları	25
2.2. Chenille İpliği ve Üretim Özellikleri	41
2.2.1. Chenille ipliğinin yapısı	41
Chenille ipliğinin bölümleri	43
Kilit (temel) iplik	43
Hav (efekt) ipliği	44
2.2.2. Chenille ipliğinin üretim özellikleri	44
Chenille ipliğinin üretim sonrası gördüğü işlemler	49
Aktarma işlemi	49
Efekt ipliklerinin stabil hale getirilmesi	50
3. MATERYAL VE YÖNTEM	52
3.1. Deney Düzenine Geliştirilmesi	52
3.2. İplik Bozukluklarını Algılayan Optik Modelin Geliştirilmesi	55

3.2.1. LED ışına diyagramı açısının ışınların algılanmasına olan etkisi	63
3.2.2. Chenille ipliğinin kalınlığının optik algılama sistemine etkisi	68
3.2.3. Fotodiyot algılama yüzeyi boyutlarının optik sisteme etkisi	69
3.2.4. Işın vericinin akımının optik algılama sistemine etkisi	70
3.2.5. Işın verici-fotodiyot uzaklığının optik algılama sistemine etkisi	72
3.2.6. Işın lekesinin çapının optik algılama sistemine etkisi	76
3.2.7. Fotoalıcının spektral duyarlılık katsayısının optik algılama sistemine etkisi	76
3.3. Optik Model Yaklaşımı ile Elde Edilen Deneysel ve Teorik Verilere Ait Sonuçların Değerlendirmesi	79
3.4. Farklı Dalga Boyunda Işın Veren LED'lerin Işınlarının Dağılımının Homojenliğinin İncelenmesi	82
3.5. Chenille İpliğinin Statik Ölçüm Yöntemi ile İncelenmesi	88
3.5.1. Farklı dalga boyundaki ışınların Chenille ipliğinin yapısından geçmesi	93
3.5.2. Fotodiyotun önünde yer alan açıklığın optik algılama sistemine etkisi	97
İplik yapısından geçen ışınlar ve fotodiyot önündeki açıklık deneylerine ait sonuçların değerlendirilmesi	104
3.6. Chenille İpliğinin Hareket Halinde olduğu Dinamik Sistem Modeli ile İncelenmesi	106
3.6.1. Işın vericinin akımının dinamik ölçüm sistemine etkisi	114
3.6.2. Işın verici-fotodiyot uzaklığının dinamik ölçüm sistemine etkisi	117
3.6.3. İplik-fotodiyot uzaklığının dinamik ölçüm sistemine etkisi	120
3.6.4. İplik hızının dinamik ölçüm sistemine etkisi	123
3.6.5. Optik algılayıcının optik ve geometrik parametrelerinin belirlenmesi	124
3.7. Optoelektronik Algılayıcı Sistemin Geliştirilmesi	126
3.7.1. Fotodiyot işaretinin sürülmesi	128
3.7.2. Fotodiyot işaretinin genliğinin yükseltilmesi	129
3.7.3. Karşılaştırma devresi	131
3.7.4. Anahtarlama devreleri	132
3.7.5. Makas kesme sinyalinin elde edilmesi	133
3.8. Modellenmiş Bozuklukların Algılayıcı Sinyalinin Elde Edilmesi	133
3.9. İplik Bozukluklarının Fourier Spektrumu Analizi ile İncelenmesi	135

3.10. Spektrogramların İplik Bozuklukları ile İlişkisinin İncelenmesi	147
3.11. Optik Algılama Sistemi ile İpliklerin Üretim Özelliklerinin Belirlenmesi	155
3.12. Otokorelasyon Katsayılarının İplik Bozuklukları ile İlişkisinin İncelenmesi	162
3.13. Optik İşaretin Analizi ve Optik İşarete Göre Bozuklukların Sınıflandırılması	168
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA	173
KAYNAKLAR	188
EKLER	195
ÖZGEÇMİŞ	230
TEŞEKKÜR	231

KISALTMALAR DİZİNİ

<i>CCD</i>	Yük Bağlaşımı Devre
<i>E_{RMS}</i>	Bozukluk ile Oluşan Darbe İşaretinin Enerjisi
<i>HFD</i>	Hızlı Fourier Dönüşümü
<i>KSFD</i>	Kısa Süreli Fourier Dönüşümü (Pencerelenmiş Fourier Dönüşümü)
<i>LED</i>	Işın Verici
<i>N_m</i>	İpliğin Metrik Numarası
<i>OTF</i>	Optik Transfer Fonksiyonu
<i>SNR</i>	Sinyal-Gürültü oranı

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Bozukluk algılama ve ölçüm sistemlerin kullanım amacına ve tekstil malzemesinin niteliğine göre dağılımı.	10
Çizelge 2.2. CCD ve CMOS kameraların karşılaştırılması.	19
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan LED'lerin karakteristik özellikleri.	77
Çizelge 3.2. PD333-3C/H0/L2 fotodiyotun değişik dalga boyunda ışınlar için spektral duyarlılık katsayıları.	79
Çizelge 3.3. LBBH14W (SUN) 465nm, L5T20W (HQB) (SUN) 474nm, LBGH14W (SUN) 523nm, LZY14W (SUN) 592nm, LZE14W (SUN) 626nm, 530E850C (HB) 880nm LED'lerin H_1 , H_2 , D_1 , D_2 , D_3 , D_4 , Δx , Δy ve U_{PDmin}/U_{PDmax} parametrelerinin ölçüm değerleri.	84
Çizelge 3.4. LED'lerden H_1 ve H_2 uzaklıklarında olan ve LED'in optik eksenine dik doğrultudaki milimetrik ölçeklenmiş yüzeyler üzerine düşürülen ışın lekelerinin fotoğrafları.	85
Çizelge 3.5. H_1 ve H_2 uzaklıkları için, 465nm, 474nm ve 523nm dalga boyundaki LED ışınları ile taranan fotodiyottan elde edilen ışın şiddetinin değişiminin dalga şekilleri.	86
Çizelge 3.6. H_1 ve H_2 uzaklıkları için, 592nm, 626nm ve 880nm dalga boyundaki LED ışınları ile taranan fotodiyottan elde edilen ışın şiddetinin değişiminin dalga şekilleri.	87
Çizelge 3.7. Çalışmada kullanılan Chenille ipliklerinin karakteristik özellikleri.	90
Çizelge 3.8.a. Çalışmada incelenen Chenille ipliklerinin 35/1 oranında büyütülmüş fotoğrafları.	91
Çizelge 3.8.b. Çalışmada incelenen Chenille ipliklerinin 35/1 oranında büyütülmüş fotoğrafları.	92
Çizelge 3.9. Çeşitli L değerleri için, $a_y=1mm$ uzunlukta bozuk bölgesi olan iplik için darbe işaretlerinin genliğinin sabit kalmaya başladığı h_1 uzaklıkları ($a=1.5mm$).	122
Çizelge 3.10. İplikte modellenen bozukluklar ve optik algılayıcıdan elde edilen sinyaller.	134
Çizelge 3.11. 0.5mm uzunluğunda bozuk bölgesi bulunan, 0.583m/s hızındaki polyester 3Nm Chenille ipliğinin fotosinyalinin 44100Hz ile örneklenmesi ve Fourier genliklerinin elde edilmesi (birinci örnek).	141
Çizelge 3.12. 0.5mm uzunluğunda bozuk bölgesi bulunan, 0.583m/s hızındaki polyester 3Nm Chenille ipliğinin fotosinyalinin 44100Hz ile örneklenmesi ve Fourier genliklerinin elde edilmesi (ikinci örnek).	142
Çizelge 3.13. 0.5mm uzunluğunda bozuk bölgesi bulunan, 0.583m/s hızındaki polyester 3Nm Chenille ipliğinin fotosinyalinin 44100Hz ile örneklenmesi ve Fourier genliklerinin elde edilmesi (üçüncü örnek).	142
Çizelge 3.14. 1mm uzunluğunda bozuk bölgesi bulunan, 0.583m/s hızındaki polyester 3Nm Chenille ipliğinin fotosinyalinin 44100Hz ile örneklenmesi ve Fourier genliklerinin elde edilmesi (birinci örnek).	143
Çizelge 3.15. 1mm uzunluğunda bozuk bölgesi bulunan, 0.583m/s hızındaki polyester 3Nm Chenille ipliğinin fotosinyalinin 44100Hz ile örneklenmesi ve Fourier genliklerinin elde edilmesi (ikinci örnek).	143

Çizelge 3.16. 1mm uzunluğunda bozuk bölgesi bulunan, 0.583m/s hızındaki polyester 3Nm Chenille ipliğinin fotosinyalinin 44100Hz ile örneklenmesi ve Fourier genliklerinin elde edilmesi (üçüncü örnek).	144
Çizelge 3.17. 2mm uzunluğunda bozuk bölgesi bulunan, 0.583m/s hızındaki polyester 3Nm Chenille ipliğinin fotosinyalinin 44100Hz ile örneklenmesi ve Fourier genliklerinin elde edilmesi (birinci örnek).	144
Çizelge 3.18. 2mm uzunluğunda bozuk bölgesi bulunan, 0.583m/s hızındaki polyester 3Nm Chenille ipliğinin fotosinyalinin 44100Hz ile örneklenmesi ve Fourier genliklerinin elde edilmesi (ikinci örnek).	145
Çizelge 3.19. 2mm uzunluğunda bozuk bölgesi bulunan, 0.583m/s hızındaki polyester 3Nm Chenille ipliğinin fotosinyalinin 44100Hz ile örneklenmesi ve Fourier genliklerinin elde edilmesi (üçüncü örnek).	145
Çizelge 3.20. İpliklerin %CV ve %U katsayıları ve çaplarının değişimi.	158
Çizelge 3.21. Otokorelasyon katsayılarının iplikteki bozukluk uzunluğuna göre değişimi($\eta=1-25$).	166
Çizelge 3.22. Otokorelasyon katsayılarının iplikteki bozukluk uzunluğuna göre değişimi($\eta=26-50$).	167
Çizelge 3.23 Otokorelasyon katsayısına göre iplikteki bozukluğun uzunluğunun belirlenmesi.	168
Çizelge 3.24. İplik bozukluğunun ölçülen ve tahmin edilen uzunlukları.	172

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Tekstil malzemelerinin bozukluklarının gözle algılanması (Anagnostopoulos ve ark. 2000).	12
Şekil 2.2. Bir tekstil fabrikasında bozukluk denetimi yapan operatörler (Ralló 2000).	12
Şekil 2.3. Kamera kullanarak bozukluk algılama işlemi.	14
Şekil 2.4. Kumaştan elde edilen görüntünün bozukluk algılama blok diyagramı.	16
Şekil 2.5. Bozuk bölgesi olmayan ve bozuk bölgesi olan kumaşların Hızlı Fourier Dönüşümü (HFD) genliklerinin karşılaştırılması (Chan ve Pang 2000).	17
Şekil 2.6. Kumaşlarda görülen yaygın bozukluklara ait örnekler (Chan ve Pang 2000).	18
Şekil 2.7. Kumaş yüzeyindeki bozukluğun kamera çıkış sinyali.	20
Şekil 2.8. Taramalı yöntemle bozukluk denetleme, 1- açık kanallı optik sistemle denetleme, 2-kamera ile denetleme (Zuech 2000).	21
Şekil 2.9. Kumaştan yansıyan ışınların şiddetine göre elde edilen fotodiyot işaretinin güç spektrumu a) tüylerin yükseltilmesi işlemi öncesi, b) tüylerin yükseltilmesi işlemi sonrası (Bueno ve ark. 1999).	22
Şekil 2.10. Barco Vision Cyclops bozukluk algılayıcı tarayıcı.	23
Şekil 2.11. Tarama yöntemi ile bozukluk algılayıcı ITEX-2000.	24
Şekil 2.12. Strandberg laboratuvarında geliştirilmiş yoğunluk ölçen algılayıcı.	24
Şekil 2.13. Radyo lambaları ve vakumlu fotoseller ile iplik bozukluklarını tespit eden mekanizma.	26
Şekil 2.14. İplikten elde edilen sinyalin zamana bağlı değişimi.	28
Şekil 2.15.a) He-Ne lazer kullanılarak aydınlatılan iplikten sinyallerin fotodiyotlarla alınması. b) İplikten elde edilen fotosinyal (Francini ve Longobardi 1989).	31
Şekil 2.16.a) Sistem boyutlarının algılanan iplik bozukluk boyutuna etkisi b) Bozukluk algılayıcı deney düzeneği (Musayev 2004).	38
Şekil 2.17. İplik gövdesinden dışarıya uzanan lifler, b) Işın yoğunluğuna göre tüylülük katsayılarını gösteren grafik, c) Tüylülük ölçümünde kullanılan deney düzeneği (Anand ve ark. 2005).	39
Şekil 2.18. Bilezik çeperinde yer alan optik algılayıcı ile bobinlere sarılma hızı ve iplik çapının ölçüldüğü BARCO firmasının OptiSpin algılayıcı ünitesi.	40
Şekil 2.19. a) Chenille ipliğinin yapısını oluşturan iplikler, b) Chenille ipliğinin fotoğrafı.	43
Şekil 2.20. Chenille ipliğinin üretiminin sembolik gösterimi.	45
Şekil 2.21. Chenille ipliği üretiminin kesit görünümüleri a) kalibre gösterimi, b) silindir gösterimi (Gong ve Wright 2002).	47
Şekil 2.22. Chenille iplik üretim makinesi ve ipliğinin oluşum bölgesi a) öngörünüm, b) yan görünüm.	48
Şekil 2.23. Beş ayrı Chenille iplik üretim makinesinden elde edilen on adet Chenille ipliğinin üretim sonrası kopslara sarılması.	49
Şekil 2.24. Üretimi tamamlanan Chenille ipliğinin kopslardan çapraz bobinlere aktarılması esnasında bilgisayar kontrollü iplik yüzey algılayıcısı ile denetlenmesi.	50

- Şekil 3.1.** Chenille ipliğinin statik ve dinamik deneylerinde fotosinyalin elde edildiği devre. 52
- Şekil 3.2.** Kvazimonokromatik ışın verici LED ve fotodiyottan oluşan deney düzeneği. 53
- Şekil 3.3** İplik bozukluklarının algılanmasında iplik yüzeyini aydınlatan LED ışınlarının dağılımının dairesel tabanlı koni şeklinde olduğu yaklaşımın getirildiği optik model (1, dairesel ışın lekesi düzleminde yer alan fotodiyot algılama yüzeyi; 2, dairesel ışın lekesi düzlemine yerleştirilmiş Chenille ipliği, **b**) Kaynaktan alıcıya ulaşan ışınlar (Nicodemus ve ark. 1976). 56
- Şekil 3.4.** LED ışınlarının efektif kullanım katsayısının ışın lekesinin çapına göre değişimi. 59
- Şekil 3.5.** LED ışınlarının efektif kullanım katsayısının LED'in ışın lekese düzlemine olan uzaklığına göre değişimi. 60
- Şekil 3.6.** $\omega/2$ açıları farklı ışın vericilerin efektif kullanım katsayılarının ışın lekese düzlemine olan uzaklığına göre değişimi, ışın dağılımının açı değeri **a**) $\omega/2=\pi/12\text{rad}$; **b**) $\omega/2=\pi/6\text{rad}$; **c**) $\omega/2=\pi/4\text{rad}$; **d**) $\omega/2=\pi/3\text{rad}$ olan LED' ler için K_f parametresinin L parametresine göre değişimini gösteren grafikler. 60
- Şekil 3.7.** LED ışınının efektif kullanım katsayısının **a**) $L = 10\text{mm}$, **b**) $L = 20\text{mm}$, **c**) $L = 30\text{mm}$, **d**) $L = 40\text{mm}$ için LED ışın diyagramı açısına bağlı değişimleri. 61
- Şekil 3.8.** Fotodiyotun diğer ışın kaynaklarından korunması amacıyla yerleştirildiği silindirik sabitleyici gövde önünde açılan yarık boyutlarının fotodiyot jonksiyon alanına göre seçilmesi. 64
- Şekil 3.9.** LED'in ışınlarının dağılımının $I_\theta=I_0\cos^n\theta$ şeklinde değişen Lambertian kaynak olduğu model için, fotodiyot işaretinin genliğinin ışın diyagramı açısına göre değişimi, 1 ile işaretlenmiş bölgede LED'in ışın diyagramı açısı $0<\omega/2<\arctan(a/2L)$ sınırları arasındadır, 2 ile işaretlenmiş bölgede LED'in ışın diyagramı açısı $\omega/2>\arctan(a/2L)$ sınırları arasındadır. 65
- Şekil 3.10.** LED'in ışınlarının dağılımının $I_\theta=I_0\cos^n\theta$ şeklinde değişen kaynak olduğu model için, fotodiyot işaretinin genliğinin ışın diyagramı açısına göre değişimi ($a=1.5\text{mm}$, $L=10\text{mm}$). 66
- Şekil 3.11.** Işın vericinin ışın diyagramı açısına bağlı olan Lambertian yayılımın derecesini belirleyen n katsayısının ışın diyagramı açısına göre değişimi. 67
- Şekil 3.12. a)** Işın karakteristiği $I_\theta=I_0\cos^n\theta$ şeklinde olan farklı ışın diyagramı açısına sahip ışın vericilerin, ışın diyagramı açısının $(1-\cos^{n+1}\theta)/n+1$ çarpanına göre değişimi **b)** $0^\circ<\omega/2\leq 4.29^\circ$ ışın diyagramı açısına sahip LED'lerin (siyah- $\omega/2=1^\circ$ ve $n=4550.3$, mavi- $\omega/2=2^\circ$ ve $n=1137.4$, açık kırmızı- $\omega/2=3^\circ$ ve $n=505.37$, kırmızı- $\omega/2=4^\circ$ ve $n=284.17$) fotodiyotta oluşturduğu gerilimin $0^\circ<\theta<4.29^\circ$ aralığındaki değişimi. 68
- Şekil 3.13.** İpliğin kalınlığına göre fotodiyot işaretinin değişimi ($L=20\text{mm}$) 69
- Şekil 3.14. a)** Fotodiyot ışın algılayıcı yüzeyinin fotosinyale göre değişimi, **b)** Fotodiyot ışın algılayıcı yüzeyin kenar uzunluğuna göre fotosinyalin değişimi. 70
- Şekil 3.15.** Fotodiyot geriliminin ışın vericinin akımına göre değişimi. 71
- Şekil 3.16.** 465-880 nm dalga boyu aralığındaki ışınları serbest uzayda algılayan fotodiyotun çıkışından elde edilen **a)** $L=1\text{cm}$, **b)** $L=2\text{cm}$ için ışın vericinin akımına göre fotosinyalin değişimini gösteren grafikler. 72

- Şekil 3.17.** 465-880 nm dalga boyu aralığındaki ışınları serbest uzayda algılayan fotodiyotun çıkışından elde edilen **a)** $L=3cm$, **b)** $L=4cm$ için ışın vericinin akımına göre fotosinyalin değişimini gösteren grafikler. 72
- Şekil 3.18.** Işın vericinin fotodiyota olan uzaklığının fotodiyot işaretinin genliğine göre değişimi. 73
- Şekil 3.19.** Optik model yaklaşımı için ışın lekesi düzleminin ışın vericiye olan uzaklığının $I_{LED}=20mA$ ışın verici akım değerinde fotodiyottan elde edilen fotosinyaller ile değişimi. 74
- Şekil 3.20.** Optik model yaklaşımı için ışın lekesi düzleminin ışın vericiye olan uzaklığının $I_{LED}=15mA$ ışın verici akım değerinde fotodiyottan elde edilen fotosinyaller ile değişimi. 74
- Şekil 3.21.** Optik model yaklaşımı için ışın lekesi düzleminin ışın vericiye olan uzaklığının $I_{LED}=10mA$ ışın verici akım değerinde fotodiyottan elde edilen fotosinyaller ile değişimi. 75
- Şekil 3.22.** Optik model yaklaşımı için ışın lekesi düzleminin ışın vericiye olan uzaklığının $I_{LED}=5mA$ ışın verici akım değerlerinde fotodiyottan elde edilen fotosinyaller ile değişimi. 75
- Şekil 3.23.** 1, LBBH14W (SUN) 465nm; 2, L5T20W (HQB) (SUN) 474nm; 3, LBGH14W (SUN) 523nm; 4, LZY14W (SUN) 592nm; 5, LZE14W (SUN) 626nm ve 6, 530E850C (HB) 880nm LED'lerin ışınlarının dalga boyunun, PD333-3C/H0/L2 fotodiyotun spektral duyarlılık eğrisi üzerindeki konumları. 77
- Şekil 3.24.** Işıma diyagramı açısı ve ışın şiddetleri aynı olan, dalga boyları 465nm ile 880nm arasında değişen ışın vericilerden elde edilen fotodiyot işaretlerinin normalize genliklerinin fotodiyotun spektral duyarlılık katsayısı eğrisine göre dalga boyu ekseninde konumları. 78
- Şekil 3.25.** LED ışınlarının şiddetinin homojenliğinin uzaklığa bağlı değişimi. a) Işın lekesinin mesafeye göre değişimi, b) Fotoalıcı ile taranan LED ışınları şiddetinin ışın lekesi yüzeyi boyunca değişimi (Musayev 2004). 82
- Şekil 3.26.** H_1 ve H_2 uzaklıkları için LED ışınlarının fotodiyot ile taranarak ışına diyagramlarının elde edilmesi. 84
- Şekil 3.27.** LED' in ışın lekesinin homojen olduğu bölgenin araştırılması, H_1 ve H_2 uzaklıklarının tespit edilmesi ve LED'in optik eksenine mekanik eksenine arasındaki geometrik kayma değerlerini ifade eden yatay eksenindeki Δx ve dikey eksenindeki Δy değerlerinin ölçülmesi. 84
- Şekil 3.28.** Çalışmada kullanılan Chenille ipliklerinin fotoğrafı. 89
- Şekil 3.29.** Değişik malzemeden üretilmiş Chenille ipliklerinin yapısından geçen farklı dalga boyundaki ışınların şiddeti, **a)** Pamuk (3Nm), **b)** Viskon (3Nm), **c)** Akrilik (3Nm), **d)** Polyester (3Nm) Chenille ipliklerine ait grafikler (siyah 880nm, kırmızı 626nm, sarı 592nm, yeşil 523nm, açık kırmızı 474nm, mavi 465nm dalga boyundaki ışınları göstermektedir). 94
- Şekil 3.30.** Değişik malzemeden üretilmiş Chenille ipliklerinin yapısından geçen farklı dalga boyundaki ışınların şiddeti, **a)** Polyester (5.5Nm), **b)** Akrilik (4.2Nm), **c)** Polyester (9Nm), **d)** Yün (5Nm) Chenille ipliklerine ait grafikler (siyah 880nm, kırmızı 626nm, sarı 592nm, yeşil 523nm, açık kırmızı 474nm, mavi 465nm dalga boyundaki ışınları göstermektedir). 95

- Şekil 3.31.** a) 465nm, b) 474nm, c) 523nm, d) 592nm, e) 626nm, f) 880nm 97
dalga boyundaki ışınların fotodiyotta oluşturacağı fon gürültülerinin iplik malzemesine göre karşılaştırıldığı grafikler (siyah 880nm, kırmızı 626nm, sarı 592nm, yeşil 523nm, beyaz 474nm, mavi 465nm dalga boyundaki ışınları göstermektedir).
- Şekil 3.32.** Fotodiyot önünde yer alan enine açıklığın optik algılama sistemine 98
etkisinin incelenmesi, a) fotodiyot önünde açıklık oluşturulması, b) açıklıktan fotoalıcıya ulaşan ışınlar (Nicodemus ve ark. 1976), c) fotoalıcı işaretinin genliklerinin değişiminin incelendiği fotoiletken çalışma şeklindeki fotodiyot devresi.
- Şekil 3.33.** Serbest uzayda fotodiyot önündeki açıklığa göre fotodiyot 99
işaretlerinin genliklerinin değişimi, a) $L=1cm$, $h=2mm$ ve $d=0.1-1.5mm$ aralığında fotodiyot işaretinin değişimi, b) $L=1cm$, $h=2mm$ ve $d=0.1-1mm$ aralığında yaklaşık lineer değişimli fotodiyot işareti, c) $L=2cm$, $h=2mm$ ve $d=0.1-1.5mm$ aralığında fotodiyot işaretinin değişimi, d) $L=2cm$, $h=2mm$ ve $d=0.1-1mm$ aralığında yaklaşık lineer değişimli fotodiyot işareti.
- Şekil 3.34.** Serbest uzayda fotodiyot önündeki açıklığa göre fotodiyot 100
işaretlerinin genliklerinin değişimi, a) $L=3cm$, $h=2mm$ ve $d=0.1-1.5mm$ aralığında fotodiyot işaretinin değişimi, b) $L=3cm$, $h=2mm$ ve $d=0.1-1mm$ aralığında yaklaşık lineer değişimli fotodiyot işareti, c) $L=4cm$, $h=2mm$ ve $d=0.1-1.5mm$ aralığında fotodiyot işaretinin değişimi, d) $L=4cm$, $h=2mm$ ve $d=0.1-1mm$ aralığında yaklaşık lineer değişimli fotodiyot işareti.
- Şekil 3.35.** . Çapları 0.3mm ile 1.5mm arasında değişen çelik tellerin, 101
fotodiyot önündeki açıklığa yerleştirilmesiyle elde edilen fotodiyot işaretlerinin genliklerinin tellerin çapına göre değişimi ($d=a=1.5mm$, $L=2cm$, $I_{LED}=15mA$, $d_w=0.3-1.5mm$, $h=2mm$).
- Şekil 3.36.** Değişik çaplarda Chenille ipliklerinin, fotodiyot önündeki açıklığa 102
yerleştirilmesiyle elde edilen fotodiyot işaretlerinin genliklerinin ipliğin çapına göre değişimi (siyah doğru-çelik tel çapları, kırmızı doğru-iplik çapları, $d=a=1.5mm$, $L=2cm$, $I_{LED}=15mA$, $d_y=0.5-1.5mm$, $h=2mm$).
- Şekil 3.37.** Ortalama çapı 1.3mm olan 3Nm pamuk Chenille ipliğin fotodiyot 103
önündeki açıklığa yerleştirilmesiyle elde edilen fotodiyot işaretinin genliğinin açıklığa göre değişimi, a) $L=1cm$, b) $L=2cm$, c) $L=3cm$, d) $L=4cm$.
- Şekil 3.38.** İpliğin dinamik incelemesi için geliştirilen deney düzeneği, 1, ışın 107
verici; 2, fotodiyot; 3, Chenille ipliği; 4, iplik kılavuzu; 5, birim zamandaki devir sayısı ayarlanabilir motor; 6, dikdörtgen kesitli açıklık düzlemi; a , fotodiyot algılama yüzey alanı; d , enine açıklığın nümerik değeri.
- Şekil 3.39.** Fotoiletken bağlantı şeklinde fotodiyot sinyalinin incelenmesi için 107
kullanılan devrenin blok şeması.
- Şekil 3.40.** İpliklerin zaman işareti (1,2 ince bölgeler; 3,4 kalın bölgeler, 5, 108
 $a_y=1mm$ uzunluğunda bozukluk bölgesi ile oluşan darbe işareti) a) yapısında bozukluk olmayan ipliğin zaman işareti, b) yapısında bozukluk olan ipliğin zaman işareti.

- Şekil 3.41.** İpliğin bozuk bölgesi ile oluşan periyodik darbelerin görüldüğü U_{OP} işaretinin zamanla değişimi, (1, 2, ipliğin bozuk bölgesi ile oluşan darbe işareti; U_B , bozukluk darbe işaretinin genliği; t_p , bozukluk darbe işaretinin süresi; U_{fonort} , gürültü işaretinin ortalama genliği; t_1 ve t_2 , bozukluğun belirlendiği an). 110
- Şekil 3.42.** 1mm boyutlu bozuk bölgesi bulunan $V_y=0.584m/s$ hızındaki ipliğe ait periyodik darbe sinyallerinin fotodiyot çıkışından elde edildiği zaman sinyali. 111
- Şekil 3.43.** Fotodiyot algılama yüzeyinin bulunduğu düzlemden geçen ipliğin sembolik gösterilmesi, (a) yapısında bozukluk olmayan iplik; b) yapısında bozuk bölgenin olduğu iplik). 112
- Şekil 3.44.** Bozuk bölgesi bulunmayan ve fotodiyot çıkışından elde edilen $V_y=0.584m/s$ hızındaki ipliğe ait periyodik zaman işareti. 113
- Şekil 3.45.** 1mm boyutlu bozuk bölgesi bulunan $V_y=0.584m/s$ hızındaki ipliğe ait periyodik darbe sinyallerinin işlemsel kuvvetlendirici ile genliği yükseltilmiş zaman grafiği. 113
- Şekil 3.46.** Bozuk bölgesi bulunmayan ve işlemsel kuvvetlendirici ile genliği yükseltilen $V_y=0.584m/s$ hızındaki ipliğe ait periyodik zaman işareti. 114
- Şekil 3.47.** a) 465nm dalga boyunda ışın veren LED'in, b) 474nm dalga boyunda ışın veren LED'in fotodiyota olan uzaklığının $L=1cm$ (mavi eğri), $L=2cm$ (yeşil eğri) ve $L=3cm$ (kırmızı eğri) olduğu durumda, akımına göre U_B/U_{FON} (SNR) oranının değişimi (3Nm polyester). 115
- Şekil 3.48.** a) 523nm dalga boyunda ışın veren LED'in, b) 592nm dalga boyunda ışın veren LED'in fotodiyota olan uzaklığının $L=1cm$ (mavi eğri), $L=2cm$ (yeşil eğri) ve $L=3cm$ (kırmızı eğri) olduğu durumda, akımına göre U_B/U_{FON} (SNR) oranının değişimi (3Nm polyester). 115
- Şekil 3.49.** a) 626nm dalga boyunda ışın veren LED'in, b) 880nm dalga boyunda ışın veren LED'in fotodiyota olan uzaklığının $L=1cm$ (mavi eğri), $L=2cm$ (yeşil eğri) ve $L=3cm$ (kırmızı eğri) için akımına göre U_B/U_{FON} oranının değişimi. 116
- Şekil 3.50.** a) 465nm dalga boyunda ışın veren LED'in, b) 474nm dalga boyunda ışın veren LED'in $I_{LED}=20mA$, $I_{LED}=15mA$, $I_{LED}=10mA$ ve $I_{LED}=5mA$ akım değerlerinde ışın verici ve fotodiyot arasındaki uzaklığa göre U_B/U_{FON} oranının değişimi (3Nm polyester iplik). 118
- Şekil 3.51.** a) 523nm dalga boyunda ışın veren LED'in, b) 592nm dalga boyunda ışın veren LED'in $I_{LED}=20mA$, $I_{LED}=15mA$, $I_{LED}=10mA$ ve $I_{LED}=5mA$ akım değerlerinde ışın verici ve fotodiyot arasındaki uzaklığa göre U_B/U_{FON} oranının değişimi (3Nm polyester iplik). 118
- Şekil 3.52.** a) 626nm dalga boyunda ışın veren LED'in, b) 880nm dalga boyunda ışın veren LED'in $I_{LED}=20mA$, $I_{LED}=15mA$, $I_{LED}=10mA$ ve $I_{LED}=5mA$ akım değerlerinde ışın verici ve fotodiyot arasındaki uzaklığa göre U_B/U_{FON} oranının değişimi. 119
- Şekil 3.53.** a) İpliğin fotodiyota olan uzaklığının değişimine göre fotodiyot algılama yüzeyine gelen ışınların açısının değişimi, b) ipliğin bozuk bölgesinden geçen ışınların fotodiyot algılama yüzeyinde oluşturduğu ışın lekesinin fotoğrafı. 121

Şekil 3.54. $L=3\text{cm}$ için, karesel kesitli açıklığa yerleştirilen ipliğin fotodiyota olan uzaklığına göre fotodiyot bozukluk darbe sinyalinin genliğinin değişimi.	122
Şekil 3.55. İpliğin hızının $V_y=0.19\text{m/s}$ ile $V_y=3.2\text{m/s}$ arasında değiştirildiği optik algılama sisteminde $a_y=1\text{mm}$ uzunluğunda bozuk bölgesi bulunan ipliğin a) bozukluk darbe sinyalleri sürelerinin ortalamasının iplik hızına göre değişimi, b) fon sinyali genliğinin ortalamasının iplik hızına göre değişimi.	123
Şekil 3.56. İpliğin hızının $V_y=0.19\text{m/s}$ ile $V_y=3.2\text{m/s}$ arasında değiştirildiği optik algılama sisteminde, $a_y=1\text{mm}$ uzunluğunda bozuk bölgesi bulunan ipliğin U_B/U_{FON} ortalamasının iplik hızına göre değişimi.	124
Şekil 3.57. İplik bozukluklarının uzunluklarına göre fotodiyot işareti genliğinin değişimi.	127
Şekil 3.58. İplik bozukluklarını algılayan optoelektronik devrenin blok şeması.	128
Şekil 3.59. Fotodiyot sinyalinin gerilim izleyici devre ile sürülmesi.	129
Şekil 3.60. Fotodiyot sinyali genliğinin faz çevirmeyen işlemsel	130
Şekil 3.61. Bozukluk darbe sinyalinin referans gerilimler ile karşılaştırıldığı işlemsel kuvvetlendirici devresi.	132
Şekil 3.62. Bozukluk darbe sinyalinin süresinin uzatılması ve optokülörün transistörü ile darbe süresinin anahtarlama süresinin parazit sinyallerinden yalıtılması.	133
Şekil 3.63. Chenille ipliğinde görülebilecek bozukluk modellerine ait fotoğraflar.	133
Şekil 3.64. Zellweger Uster iplik test cihazı zaman sinyali ve genlik frekans spektrumu.	137
Şekil 3.65. 44100 Hz örnekleme hızı ile örneklenen yapısında bozukluk olmayan ipliğe ait fotosinyalin zaman grafiği ve Hızlı Fourier dönüşümü alınmış genlik spektrumu grafiği.	137
Şekil 3.66 a) 0.5mm bozuk bölgesi olan ipliğin 44100 Hz örnekleme frekansı ile örneklenmiş zaman sinyali, b) 0.5mm bozuk bölgesi olan ipliğin 44100 Hz örnekleme frekansı ile örneklenmiş zaman sinyalinin Fourier Dönüşümü genlikleri.	138
Şekil 3.67. Yapısında bozukluk olan ve olmayan ipliğin Fourier dönüşümü genliklerinin frekans dağılımı (mavi grafik bozuk bölgesi bulunan ipliğin ve kırmızı grafik yapısında bozukluk olmayan ipliğin frekans spektrumu genliklerini ifade etmektedir).	138
Şekil 3.68.a) 0.5mm uzunluğunda bozuk bölgesi olan ipliğe ait zaman sinyalinin Fourier spektrumu genlikleri (kırmızı grafik), yapısında bozuk bölgesi olmayan ipliğe ait zaman sinyalinin Fourier spektrumu genlikleri (mavi grafik), b) 0.8mm uzunluğunda bozuk bölgesi olan ipliğe ait zaman sinyalinin Fourier spektrumu genlikleri (kırmızı grafik), yapısında bozuk bölgesi olmayan ipliğe ait zaman sinyalinin Fourier spektrumu genlikleri. (mavi grafik).	139

- Şekil 3.69.a)** 1mm uzunluğunda bozuk bölgesi olan ipliğe ait zaman sinyalinin Fourier spektrumu genlikleri (kırmızı grafik), yapısında bozuk bölgesi olmayan ipliğe ait zaman sinyalinin Fourier spektrumu genlikleri (mavi grafik), **b)** 1.5mm uzunluğunda bozuk bölgesi olan ipliğe ait zaman sinyalinin Fourier spektrumu genlikleri (kırmızı grafik), yapısında bozuk bölgesi olmayan ipliğe ait zaman sinyalinin Fourier spektrumu genlikleri (mavi grafik). 140
- Şekil 3.70.a)** 2mm uzunluğunda bozuk bölgesi olan ipliğe ait zaman sinyalinin Fourier spektrumu genlikleri (kırmızı grafik), yapısında bozuk bölgesi olmayan ipliğe ait zaman sinyalinin Fourier spektrumu genlikleri (mavi grafik), **b)** 2.2mm uzunluğunda bozuk bölgesi olan ipliğe ait zaman sinyalinin Fourier spektrumu genlikleri (kırmızı grafik), yapısında bozuk bölgesi olmayan ipliğe ait zaman sinyalinin Fourier spektrumu genlikleri (mavi grafik). 140
- Şekil 3.71.** 0.5mm, 1mm, 1.3mm, 1.5mm ve 2mm uzunluğunda bozuk bölgesi olan ipliğin zaman sinyalinin Fourier Dönüşümü frekans bileşenlerinin frekans eksenindeki yerleri (işaretleme rengine göre iplikteki bozuk bölgenin uzunluğu, siyah için $a_y=0.5mm$, mavi için $a_y=1mm$, sarı için $a_y=1.3mm$, yeşil için $a_y=1.5mm$ ve kırmızı için $a_y=2mm$ ' dir). 146
- Şekil 3.72. a)** 0.5mm, 1mm, 1.3mm, 1.5mm ve 2mm uzunluğunda bozuk bölgesi olan ipliğin zaman sinyalinin Fourier Dönüşümü düşük frekans bileşenlerinin frekans eksenindeki yerleri, **b)** 0.5mm, 1mm, 1.3mm, 1.5mm ve 2mm uzunluğunda bozuk bölgesi olan ipliğin zaman sinyalinin Fourier Dönüşümü yüksek frekans bileşenlerinin frekans eksenindeki yerleri. 147
- Şekil 3.73.** Kısa Süreli Fourier Dönüşümünde zaman sinyalini pencerelere ayıran fonksiyonun **a)** zaman ifadesi, **b)** frekans spektrumu. 149
- Şekil 3.74.** Pencerelemiş iplik sinyalinin **a)** zaman sinyali, **b)** Kısa Süreli Fourier Dönüşümü frekans bileşenleri (düz çizgi bozuk bölgesi olmayan ipliğin, kesikli çizgi bozuk bölgesi olan ipliğin zaman sinyali ve frekans bileşenlerini göstermektedir). 149
- Şekil 3.75. a)** 0.5mm uzunluğunda iplik bozukluğunun zaman sinyali **b)** iki boyutlu spektrogramı. 150
- Şekil 3.76.** 1mm uzunluğunda bozuk bölgesi olan ipliğin spektrogramı. 151
- Şekil 3.77.** Bozuk bölgesi olmayan ipliğin bir saniye süreli zaman sinyalinin üç boyutlu spektrogramı ($V_y=0.583m/s$ polyester Chenille ipliği). 152
- Şekil 3.78.** Bozuk bölgesi olmayan ipliğin liflerinin 30 saniye süreli zaman sinyalinin üç boyutlu spektrogramı. 152
- Şekil 3.79.** 1mm uzunluğunda bozukluğu olan ipliğin, periyodik bozukluk darbe sinyallerinin bulunduğu 30s süreli zaman sinyalinin, frekans bileşenlerinin üç boyutlu spektrogramı gösterilmiştir. 153
- Şekil 3.80.** 1.2mm uzunluğunda bozukluğu olan ipliğin bozuk bölümünün zaman sinyalinin frekans bileşenlerinin üç boyutlu spektrogramı. 154
- Şekil 3.81.** Bozuk bölgesi olmayan 3Nm akrilik Chenille ipliğinin, 10cm uzunluğuna ait Kısa Süreli Fourier Dönüşümü genlikleri ile elde edilen spektrogramı. 155
- Şekil 3.82.** İpliğin düzgünlüğünün grafik olarak belirleneceği sinyalin değişimi (Pinto ve ark. 2002). 157

- Şekil 3.83.** İpliğin varyasyon katsayısının normal dağılıma uyan kütle değişim sinyaline göre grafik olarak ifade edilmesi (Pinto ve ark. 2002). 157
- Şekil 3.84.** Numara metrik kütlesi 3 olan pamuk Chenille ipliğinin çapına göre genliği değişen fotosinyalin bir saniye süresince grafiği, $\sigma = 32.9651$ standart sapması olan normal dağılıma uyan lif karakterine ait çap değişimlerinin gerilim değerlerine dönüştürüldüğü normal dağılım eğrisi, ipliğin çapına göre aldığı gerilim değerlerinin histogramı. 159
- Şekil 3.85.** Numara metrik kütlesi 3 olan viskon Chenille ipliğinin çapına göre genliği değişen fotosinyalin bir saniye süresince grafiği, $\sigma = 16.1599$ standart sapması olan normal dağılıma uyan lif karakterine ait çap değişimlerinin gerilim değerlerine dönüştürüldüğü normal dağılım eğrisi, ipliğin çapına göre aldığı gerilim değerlerinin histogramı. 159
- Şekil 3.86.** Numara metrik kütlesi 3 olan polyester Chenille ipliğinin çapına göre genliği değişen fotosinyalin bir saniye süresince grafiği, $\sigma = 4.6786$ standart sapması olan normal dağılıma uyan lif karakterine ait çap değişimlerinin gerilim değerlerine dönüştürüldüğü normal dağılım eğrisi, ipliğin çapına göre aldığı gerilim değerlerinin histogramı. 160
- Şekil 3.87.** Numara metrik kütlesi 3 olan akrilik Chenille ipliğinin çapına göre genliği değişen fotosinyalin bir saniye süresince grafiği, $\sigma = 17.5336$ standart sapması olan normal dağılıma uyan lif karakterine ait çap değişimlerinin gerilim değerlerine dönüştürüldüğü normal dağılım eğrisi, ipliğin çapına göre aldığı gerilim değerlerinin histogramı. 160
- Şekil 3.88.** Numara metrik kütlesi 3 olan yün Chenille ipliğinin çapına göre genliği değişen fotosinyalin bir saniye süresince grafiği, normal dağılıma uymayan lif karakterine ait çap değişimlerinin çapına göre aldığı gerilim değerlerinin histogramı. 161
- Şekil 3.89.** Numara metrik kütlesi 4.2 olan akrilik Chenille ipliğinin çapına göre genliği değişen fotosinyalin bir saniye süresince grafiği, $\sigma = 19.219$ standart sapması olan normal dağılıma uyan lif karakterine ait çap değişimlerinin gerilim değerlerine dönüştürüldüğü normal dağılım eğrisi, ipliğin çapına göre aldığı gerilim değerlerinin histogramı. 161
- Şekil 3.90.** Numara metrik kütlesi 9 olan polyester Chenille ipliğinin çapına göre genliği değişen fotosinyalin bir saniye süresince grafiği, $\sigma = 16.389$ standart sapması olan normal dağılıma uyan lif karakterine ait çap değişimlerinin gerilim değerlerine dönüştürüldüğü normal dağılım eğrisi, ipliğin çapına göre aldığı gerilim değerlerinin histogramı. 162
- Şekil 3.91. a)** $a_y=0.3\text{mm}$, **b)** $a_y=0.5\text{mm}$, **c)** $a_y=0.7\text{mm}$, **d)** $a_y=0.8\text{mm}$ uzunlukta bozukluklar için korelasyon katsayılarının η ile değişimi (kırmızı grafikler), korelasyon katsayılarının bozuk bölgesi olmayan iplik için η ile değişimi (mavi grafikler). 163
- Şekil 3.92. e)** $a_y=0.9\text{mm}$, **f)** $a_y=1\text{mm}$, **g)** $a_y=1.3\text{mm}$, **h)** $a_y=1.5\text{mm}$ uzunlukta bozukluklar için korelasyon katsayılarının η ile değişimi (kırmızı grafikler), korelasyon katsayılarının bozuk bölgesi olmayan iplik için η ile değişimi (mavi grafikler). 164
- Şekil 3.93. i)** $a_y=2\text{mm}$, **j)** $a_y=2.2\text{mm}$ uzunlukta bozukluklar için korelasyon katsayılarının η ile değişimi (kırmızı grafikler), korelasyon katsayılarının bozuk bölgesi olmayan iplik için η ile değişimi (mavi grafikler). 165

- Şekil 3.94.** İpliğin bozukluk uzunluklarına göre algılayıcı sinyalinden elde edilen iplik bozukluğu darbe sinyallerinin sürelerinin değişimi ($V_y=0.57444m/s$). 169
- Şekil 3.95.** İpliğin bozukluk uzunluklarına göre algılayıcı sinyalinden elde edilen iplik bozukluğu darbe sinyallerinin enerjilerinin değişimi ($V_y=0.57444m/s$). 170
- Şekil 3.96.** İpliğin bozukluk uzunluklarına göre algılayıcı sinyalinden elde edilen iplik bozukluğu darbe işaretinin genliklerinin değişimi ($V_y=0.57444m/s$). 171
- Şekil 3.97.** İpliğin bozuk bölgesiyle oluşan darbe işaretlerinin enerjilerinin, istatistiksel veriler ile elde edilmiş iplik bozukluğunun uzunluğu-darbe işaretinin enerjisi eğrisi üzerindeki konumları ($V_y=0.57444m/s$). 171

SİMGELER DİZİNİ

a_y	İplikteki bozukluğun uzunluğu
$\%CV$	İpliğin varyasyon katsayısı
d	Fotodiyot önündeki enine açıklık
d_y	İpliğin kalınlığı
H_1	Işınlardan homojen olduğu uzaklık
H_2	Işın lekesinin üç halkalı görüldüğü uzaklık
I_θ	Kaynağın açığa bağlı ışın şiddeti
I_0	Işın vericinin $\theta = 0^\circ$ için ışın şiddeti
K_f	Işınlardan efektif kullanım katsayısı
K_{LED}	Işın vericinin akımı ışına dönüştürme katsayısı
L	Işın verici ile fotodiyot arasındaki uzaklık
L_L	Işın lekesinin çapı
λ	Dalga boyu
n	Lambertian yayılımın emisyon katsayısı
Nm	İpliğin numara metrik kütlesi
P_{IV}	Işın vericinin gücü
P_{LED}	Kaynağın ışın şiddeti
$P_{PD\lambda}$	Dalga boyuna göre değişen fotodiyot sinyalinin şiddeti
$R(\eta)$	Otokorelasyon katsayısı
S_{PD}	Fotodiyotun algılama yüzeyinin alanı
S_λ	Fotodiyotun spektral duyarlılık katsayısı
$\%U$	İpliğin düzgünlük katsayısı
U_{FON}	Gürültü sinyali genliği
U_{PD}	Fotodiyot sinyalinin genliği
V_y	İpliğin hızı
$\omega/2$	Işın vericinin ışın diyagramı açısı
$\phi/2$	Fotodiyot algılama yüzeyinin belirlediği katı açı
ϕ_{TOT}	Işın vericinin toplam akısı

1. GİRİŞ

Günümüz endüstrisinde yaşanan yüksek kalitede ürün beklentisi ve artan rekabet faktörü endüstriyel üretim süreçlerinin kalite kontrol sistemlerine olan ilgisini hızla artırmaktadır. İki yüz yıldan fazla geçmişi olan tekstil endüstrisinde de kalite kontrol işlemleri, gelişen laboratuvar çalışmaları ile desteklenmektedir. Tekstil üreticileri, yüksek kalite standartlarının belirlenmesi ve toplam maliyetin düşürülmesi amacıyla tekstil malzemelerinin bozukluklarının belirlenmesini üretim parametrelerinden birisi olarak değerlendirmektedir. Hammadde kaybı ve üretim vardiyalarında yitirilen zamanın azaltılması için, veri işleme sistemlerinin tekstil üretim aşamalarıyla uyumlu hale getirilmesi gerekmektedir. Üretimle eşzamanlı kalite kontrol metotlarının kullanılması, hataya neden olan faktörün belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Birçok değişik tipte iplik ve dokuma şekli kullanılması tekstil ürünlerinde meydana gelen bozuklukların sınıflandırılmasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle her bir üretim şekli ve ürün için özelleştirilmiş bozukluk algılama yöntemlerine gerek duyulmaktadır. Tekstil malzemelerinin, kullanıma hazır son haline gelinceye kadar uğradıkları fiziksel ve kimyasal işlemlerin (beyazlatma, boyama, büküm veya baskı vb.) herhangi bir evresinde, bozukluklarının araştırılması işlemine muayene denilmektedir (Anonim 2001). Meydana gelebilecek bozuk yapıların tespit edilmesi ve değerlendirilmesi, üretim sürecine malzeme ve zaman ekonomisi getireceğinden, tekstil sanayinin vazgeçilmezleri arasındadır. Kalite kontrol, günümüz seri üretim teknolojisi göz önüne alındığında, mümkün olabilecek en kısa sürede ürünün oluşturulması, hammaddenin gereksiz israfının önlenmesi, işgücü ve zamandan en fazla faydalanarak en iyi ürünün elde edilmesiyle üretimin vazgeçilmez bileşenlerinden biri haline gelmiş bulunmaktadır.

Tekstil ürünlerinin temel yapısını oluşturan ipliğin üretimini gerçekleştiren işletmelerde, hammaddenin maliyete %50-70 oranında etkisi bulunmaktadır (Kırtay 1998). İplik üretiminde, yüksek hızda çalışan üretim makinelerinde oluşabilecek arızalar veya insan faktöründen kaynaklanabilecek hatalar nedeniyle bozuk yapıda ürünler ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, tekstil iplikleri ve bu ipliklerle üretilen tekstil ürünlerinin, kalite standartları yüksek seviyede tüketiciye sunulmasında, bozukluk algılama ve değerlendirme cihazlarının geliştirilmesinin önemi yüksektir. Optik

biliminin, tüketici beklentilerini karşılayan ürünlerin ortaya çıkarılmasındaki katkısı ve üretim aşamalarında kullanımının yaygınlaşması, bilimsel çalışmaları, cihazların geliştirildiği laboratuvar araştırmalarına yönlendirmiştir. Görüntü büyüten lensler, polarize mikroskoplar, spektral renk analizi sistemleri, X ışını saçılma kameraları tekstil araştırmacıları ve üreticilerinin kullanım alanına artan bir ilgiyle girmiştir. Polarize ışık ile aydınlatılan pamuk ipliklerinin incelenmesiyle, tekstil üreticilerinin ulaşmak istediği uniform yapıda; olgunlaşmış pamuktan üretilmiş; istenmeyen boncuklanmaların oluşmadığı ipliklerin üretim parametreleri, ucuz ve hızlı bir şekilde test edilebilmeye başlanmıştır (Schwarz 1937). İlk defa bir iplik lifinin çapı mikroskop kullanılarak 1777 yılında ölçülmüştür (Anonim 2002). 1927-1949 seneleri arasında bu işlemi gerçekleştirmek için Amerikan Test Malzemeleri Topluluğu (ASTM) tarafından, projeksiyon mikroskopları geliştirilmiştir. Optik kırılma yöntemiyle iplik lifinin ilk ölçümü 1884'de gerçekleştirilmiştir (Anonim 2002). 1971'de mikrometrelerin geliştirilmesi ortalama iplik lifi çapı ölçümünün gözde yöntemi olmuştur. Telin titreşmesinin sebep olduğu ses dalgalarının frekans ve genliği, telin gerilmesi ve uzunluğuna bağlı olduğundan bu prensip, iplik lifinin kalınlığının ölçülmesine kaynaklık etmiştir. Ses dalgalarının, bir ses kaynağının yaydığı dalgaların yolu üzerinde olan telin titreşimi ile oluşturulması fikri, iplik lifinin ölçülebilmesini sağlamaktadır. Sabit uzunlukta ve belirli bir gerilme değerinde olan liflerin, frekansı değiştirilen ses dalgalarına maruz kalması lifin belirli bir dalga boyunda titreşimine sebep olmaktadır. Bu titreşim, lifin çapını, yoğunluğunu, uzunluğunu ve gerilmesini ifade eden belirli bir frekansta gözlemlenebilmektedir. Bu prensip bir yün lif çapını belirlemede ilk olarak 1947'de kullanılmıştır (Anonim 2002). Radyometrik yöntemde, radyoaktif izotopların elyaf yüzeyi tarafından emilmesi ve özel bir solüsyon içerisine batırılan iplikte bu izotopların yoğunluklarının ölçülmesi işlemiyle lif çapı belirlenmektedir. Optik yöntemler ise, kızılötesi, görünür ve morötesi ışığın elektromagnetik spektrum özelliklerinin kullanıldığı ölçüm prensibidir. Bu yöntemle ilk defa bir yün lifinin çapının ölçülmesi 1950'nin ortalarında gerçekleşmiştir (Anonim 2002).

Tekstil ipliklerinin kesiti üzerinde oluşabilecek bozukluklar, ipliğin genel yapısını bozucu niteliktedir. Bunlar, kalın veya ince bölümler olduğu gibi düğümler ve boncuklanmalar olarak ta meydana gelebilmektedir. Yapısında düğümlü bölümlerin olduğu bir iplikte üretilen kumaş üzerinde renk bozukluğu şeklinde görünen kirli

bölümler oluşabilmektedir. Mahmoudi ve Oxenham'ın (2002) bildirdiğine göre, Baser, iplik çapı ve bükümünün, katlanma ve torsiyonel rijitlik gibi önemli iplik özelliklerini etkilediğini ifade etmiştir. Belirtilen faktörler, bu iplikle dokunan kumaşların önemli özelliklerini etkilemektedir. Çeven ve Özdemir'in (2005) bildirdiğine göre, Ulçay ve Eren, Chenille ipliği ve hava-jet tekstüre iplikleri ile üretilen döşemelik kumaşların karşılaştırmalı olarak aşınma dayanımlarını incelemiştir. Araştırma sonucunda Chenille ipliği ile üretilen kumaşlardaki ağırlık kaybının, diğer ipliklerle üretilen kumaşlardaki ağırlık kaybının 10 katı olduğu ortaya çıkmıştır.

Liflerin bir araya getirilerek belirli bir düzen içerisinde ve özel tekniklerle bükülmesi ipliğin genel yapısını meydana getirmektedir. Liflerin bu düzeni bozması genel olarak iplikte bozuk yapıların oluşmasına neden olmaktadır. İplikte oluşabilecek bozukluklar, ince ve kalın noktaların oluşmasına, iplik mukavemetinin düşmesine, bu iplikle üretilen kumaşlarda bozuk görünümde yüzeylerin oluşmasına ve kumaşların boyanmasında abraj hatalarına neden olmaktadır. İplik düzgünlüğü, günümüzde sıkça rastlanmakta ve dikkatte alınmakta olan bir tekstil terimidir. İplik düzgünlüğü, ipliğin iyiliğindeki değişimlerdir ve birim uzunlukta iplik kütlesinde oluşan değişimler olarak ölçülebilmektedir (Jackson ve ark. 1995). Tekstil sektöründe iplikten beklenen en önemli özellik ipliğin olabildiğince uniform yapıda olmasıdır. İplik için geliştirilen yöntemler, ipliğin uniform yapıda olup olmadığını tespit eden gelenekselleşmiş kapasitif ve optik sistemlerin kullanımı ve spektrogramlara göre ipliğin periyodik kütleli değişimlerini elde edilmesi şeklindedir.

Chenille ipliği havlı bir yüzeye sahip olduğundan havı oluşturan efekt ipliklerinin kilit ipliklerinden kopması, seyrelmesi, uzunluklarının değişmesi ipliğin görünümünü bozmaktadır. Chenille ipliğinin daha kolay aşınması, diğer ipliklere göre daha fazla bozuk görünümlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Hammaddede kalitesindeki yetersizlik veya yüksek hızda gerçekleştirilen üretim aşamalarındaki hatalara bağlı olarak Chenille ipliğinin yapısında bozukluklar meydana gelebilmektedir. Üretim esnasında fark edilmeyen aksaklıkların bir anda ortaya çıkması, dakikada 8000-18000 devir hızla dönen Chenille iplik üretim makinesinde, hav ipliklerinin düzgün ve homojen olmayan şekilde kilit ipliklerine sarılmasına veya iplik yapısında kilit ipliklerinin görüldüğü açık kısımların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu nedenle,

Chenille ipliğinin üretiminde bozuk yapıların oluşup oluşmadığının denetlenmesi, bir fantezi iplik üretim firmasında üretim aşamalarından biri olarak ele alınmaktadır.

Chenille ipliği, görsel olarak diğer iplik türlerinden ayrılan fantezi iplik sınıfında yer almaktadır. Değişik görünümde kumaşların elde edilebilmesi için, yapı ve renk değişimi ile normal iplik yapılarının değiştirilmesi ile fantezi iplikler meydana getirilir (Gong ve Wright 2002). Türkiye’de tekstil ihracatının büyümesi, rekabet şartlarına paralel olarak fantezi iplik üretimini önemli bir pazar haline getirmiş durumdadır.

Bu çalışmanın hedefi, fantezi iplik sınıfında yer alan Chenille ipliğinin bozukluklarını tespit eden bir optoelektronik algılayıcı sistem geliştirmek ve iplik bozukluklarını algılayıcı işaretime dönüştürmektir. İplikte meydana gelen bozuklukların boyut ve şekline göre değişen elektriksel sinyaller elde edilmiştir. Bu çalışmada hem bozuklukları algılayan ve bu bölümleri iplikten kesen optik algılayıcı sistem geliştirilmiş hem de iplik sinyali varyasyon katsayıları ve düzgünlük katsayıları tespit edilerek ipliğin üretim özellikleri zaman sinyali, Fourier Dönüşümü ve Otokorelasyon Katsayıları Yöntemi ile incelenmiştir. Francini ve Longobardi’nin (1989) He-Ne lazer ile aydınlattıkları ipliklerden geçen ışınları bir fotodiyot ile sinyale çevirdikleri ve Fourier Dönüşümü genliklerine göre ipliğin ana gövdesi ve tüyelerinin iki ayrı frekans bileşeni olarak inceledikleri çalışma uyarlanarak iplik bozukluklarının uzunluğuna göre frekans bileşenlerinin değerlendirilmesi yapılmıştır.

İkinci bölümde tekstil ürünlerinin bozukluk algılama yöntemleri ve bozukluk algılayıcı cihazlar ele alınmıştır. Tekstil endüstrisinde kullanılan bozukluk algılama metotlarının tarihsel gelişimi incelenmiştir. İkinci bölümün sonunda, Chenille ipliğinin yapısı ve üretim özellikleri incelenmiştir. Yöntemlerin karşılaştırması yapılarak, Chenille ipliğinin bozukluklarını, bozukluğun türü ve uzunluğu ile doğrudan ilişki kuran bir metotla incelemek için algılamada kullanılacak yöntem seçilmiştir.

Üçüncü bölümde, Chenille ipliği statik ölçüm yöntemiyle incelenerek ışın verici; fotoalıcı ve iplik bileşenlerinin oluşturduğu optik model parametrelerinin ve optik modelin geometrik özelliklerinin fotoalıcıdaki ışınların algılanmasına etkisi araştırılmıştır. Işın vericinin akımının, ışıma diyagramı açısının, fotoalıcı-ışın verici uzaklığının ışınların efektif kullanım katsayısına etkisi incelenmiş ve grafikleri elde

edilmiştir. Bu bölümde ve tez çalışmasının diğer aşamalarında kullanılmak üzere, AYPAS fantezi iplik firmasında üretilen ve metrik numaraları 3Nm olan pamuk, viskon, polyester, akrilik Chenille iplikler ve farklı kalınlıklarda polyester 9Nm, polyester 5.5Nm, akrilik 4.2Nm ve yün 3Nm iplikler incelenmiştir. İpliğin yapısından geçen ve gürültü sinyalini oluşturan ışın şiddeti belirlenirken sonuçları etkilememesi açısından her bir iplikte, kilit iplikleri ile hav iplikleri aynı malzemededen seçilmiştir. İpliğin malzemesine göre değişen gürültü sinyali genliklerinin, ışın vericinin akımına ve ışın verici-fotodiyot uzaklığına göre değişimi elde edilerek ipliğin bozuk bölgesinin belirleneceği optik algılayıcının geometrik ve optik parametreleri seçilmiştir. İpliğin bozuk bölgesi ile oluşan gerilimin, fon gerilimine oranı olan sinyal-gürültü oranı (SNR) değerinin, fotoalıcının önünde yer alan açıklığın (enine yarığın) boyutlarına göre değişimi incelenmiş ve grafikleri elde edilerek fotoalıcı önünde yer alan açıklığın, Chenille ipliğinin bozukluğunun algılanmasına olan etkisi elde edilmiştir. Farklı dalga boyunda (880nm, 626nm, 592nm, 523nm, 474nm, 465nm) ışın yayan ışın vericiler (LED) kullanılarak her bir Chenille ipliği türünden (pamuk, viskon, akrilik, polyester, yün) geçen ışın şiddetinin değeri grafikler halinde verilmiştir. İpliğin ışın verici ve fotoalıcıya göre konumunu belirleyen ışın verici-iplik ve fotoalıcı-iplik mesafelerinin optik algılama sistemine etkisi araştırılmıştır.

Bölüm 3.6'da, ipliğin, üretim sonrası çapraz bobinlerden geçirilerek hav yönünün düzenlenmesi ve bobinlere aktarılması işlemi modellenmiş ve fotoalıcı ile ışın verici arasında değişken hızlarda hareket ettiği dinamik ölçüm yöntemi ile fotosinyaller elde edilmiştir. Fotoalıcıdan elde edilen optik sinyalin bilgisayara aktarılmasında Goldwave programı kullanılmıştır. Dinamik ölçüm yönteminde, bozuk bölgesi olmayan farklı malzemededen üretilmiş ipliklerin yapısından geçen ışınların oluşturduğu gürültü sinyali (fon sinyali) genlikleri, çeşitli dalga boyundaki LED'ler kullanılarak optik algılama sisteminin geometrik ve optik parametrelerine göre elde edilmiştir. Işın vericiden yayılan ve iplikten geçerek modüle edilen ışının algılanmasına, ipliğin hızının etkisi incelenmiştir. Fotoalıcıdan elde edilen sinyaller işlemsel kuvvetlendirici ile kuvvetlendirilmiştir. İplikte 0.3-2.2mm uzunluğunda dikdörtgen kesitli bozuklar oluşturularak SNR'ın, bozukluğun uzunluğu ve fotoalıcı önünde yer alan açıklığın boyutlarına göre değişimi araştırılmıştır. Fotoalıcı önünde yer alan açıklığın konumu değiştirilmiştir. İplik, açıklık üzerinde sabit bir hızda hareket ettirilerek açıklık-fotoalıcı

ve açıklık-ışın verici mesafelerine göre SNR'ın değişimi gözlemlenmiştir. Işın şiddetinin bozukluğun algılanmasına olan etkisini incelemek amacıyla SNR değerleri kaydedilmiştir. Çeşitli yapı ve boyutlarda bozukluklar için fotosinyaller elde edilmiş ve teorik modellerle karşılaştırılmıştır.

Bölüm 3.7'de, optoelektronik algılayıcı sistem önceki bölümlerde elde edilen veriler değerlendirilerek geliştirilmiştir. Işın verici ve fotoalıcının seçiminde dikkate alınan parametreler değerlendirilmiştir. Dönüştürücünün optik şeması elde edilmiştir. Geliştirilen devrenin uygunluğunu test etmek üzere denemeler yapılmıştır. Elde edilen elektriksel sinyaller, lineer interpolasyonun MATLAB'da kullanımıyla analiz edilmiştir. Test edilen sistemde, iplik hızının (ipliğin dönme periyodunun), gürültü sinyalinin genliğinin, ipliğin bozuk bölgesi ile oluşan sinyalin genliğinin ortalamasının hesaplandığı MATLAB programları yazılmıştır.

Fotoalıcı sinyalinin bilgisayara aktarılması, inceleme süresi içerisinde, iplikte görülen bozukluğun sayısının, uzunluğunun ve tipinin optik sinyal ile belirlenebileceği veri işleme ve değerlendirme programlarının geliştirilmesini sağlamıştır. Optik sistem tarafından belirlenen iplik bozukluklarının sınıflandırması yapılarak bozukluğun oluşum tipi ve uzunluğuna göre üretim yanlışlıklarının kaynağının belirlenebilmesi ve giderilmesi amaçlanmıştır. Asimetrik görünümde hav dağılımının oluşturduğu bozuklukların çoğu, bıçağın kalibreye eşit sürelerde girmemesi nedeniyle olduğundan bu tür periyodik bozuklukların makine fonksiyonu yanlışlıklarından kaynaklandığı optik sinyal ile belirlenebilmektedir. Hav ipliklerinin kilit iplikleri arasından kolayca uzaklaşması, yüksek genlikli ve süreli fotoalıcı işaretinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu durum, çoğunlukla ipliğin bükümünün gereğinden az verilmesi veya ipliğin yapısında ucuz malzeme kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

Tipi ve uzunluğuna göre fotoalıcı zaman işareti ile belirlenen ve sınıflandırılabilen iplik bozukluklarının, frekans spektrumu elde edilerek incelendiğinde düşük frekans (0-100Hz) bileşenlerinin genliğinin, bozukluk uzunluğu ile lineer değiştiği gözlenmiştir. Bozuk bölgesi olmayan ve bozuk bölgesi olan ipliklerin frekans bileşenlerinin aynı frekanslarda ortaya çıktığı, ancak bileşenlerin genliklerinin birbirinden farklı olduğu görülmüştür.

Kumaş yüzeylerinde görülen bozukluklar, geleneksel olarak kameraların kullanılmasıyla incelenmektedir. Kamera ile tarama hızı çok düşük kaldığından, ipliğin izlenebilmesi için hat tarama frekansının düşürülmesi gerekmektedir. Bu durum, hesaplanan düzgünlük katsayısının gerçek değerinden düşük olmasına neden olmaktadır. Işık yoğunluğu değişimlerinin elektriksel işarete dönüştürülmesi ve elde edilen sinyalin Fourier Dönüşümü genliklerinin incelenmesi, kumaş yüzeyinde oluşan bozuklukların belirlenebilmesini sağlamaktadır. Bu çalışmada, Chan ve Pang'ın (2000) kamera kullanarak kumaş için elde ettiği bozuk olmayan ve bozuk bölgesi olan kumaşa ait Hızlı Fourier Dönüşümü genliklerine göre bozukluğun belirlenmesi işlemi, iplik için gerçekleştirilmiştir. Chan ve Pang'ın Fourier Dönüşümünün DC bileşenlerine yakın bölgede belirledikleri frekans bileşenleri, bozuk olmayan ve bozuk bölgesi olan iplik için daha geniş frekans aralığında ve değişik uzunluklarda bozukluklar için Hızlı Fourier Dönüşümü genliklerinin değişimine göre incelenmiş ve ipliğin bozukluk uzunluğu ile frekans bileşenlerinin genliği arasında lineer bağıntının gözlemlendiği frekans belirlenmiştir.

İplik bozukluğunun görüldüğü zamanı ve ipliğin uzunluğuna göre bozukluğun iplik üzerindeki konumunu belirleyebilmek amacıyla Kısa Süreli Fourier Dönüşümü (Pencerelemiş Fourier Dönüşümü) ile spektrogramlar elde edilmiştir. İki ve üç boyutlu spektrogramlar ile ipliğin bozuk bölgesinin uzunluğu arttığında, DC bileşenlerin genliğinin bozukluk uzunluğu ile arttığı görülmüştür. Bu durum Hızlı Fourier Dönüşümü ile elde edilen sonuçlarla uyumludur. Hızlı Fourier Dönüşümü ile elde edilen frekans bileşenlerinin yüksek frekans bölgesi için inceleme zorluğu Kısa Süreli Fourier Dönüşümü (KSFD) ile elde edilen spektrogramların incelenmesi ile giderilmiştir. İpliğin bozuk bölgesinin düşük frekanslardan yüksek frekanslara doğru genliği gittikçe azalan frekans bileşenleri oluşturduğu gözlenmiştir. KSFD genliklerinin logaritmik olarak grafiğe aktarılması, iplik yüzeyindeki değişimlerin, frekans ve zaman eksenlerine göre görüntülenebilmesi sağlamaktadır.

Otokorelasyon Katsayılarının, değişken η süreleri ve a_y değerleri için, her bir bozukluk uzunluğuna ait 5 ayrı örneğin incelenmesi yapılarak $R(\eta)=0.5156-1.000$ aralığında bulunan dağılımı incelendiğinde, 0.5-2.2mm aralığında yer alan bozuklukların, Otokorelasyon Katsayıları ile belirlenebileceği ve uzunluklarına göre sınıflandırılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Fotoalıcı önünde yer alan açıklık 0.9mm

boyutunda ve iplik hızı $V_y=0.58\text{m/s}$ seçilerek $a_y=0.3\text{-}2.2\text{mm}$ uzunlukları arasında olan bozukluklar, $\Delta a_y=0.1\text{mm}$ artışlarla modellenerek algılayıcı işaretinde görülen darbe sinyalinin süresi, genliği ve karesel ortalaması incelenmiştir. Her bir bozukluk uzunluğu için 250'den fazla darbe işareti incelenerek elde edilen verilerin ortalaması istatistiksel verilere dönüştürülmüştür. Algılayıcı işaretinin karakteristik parametrelerini hesaplayarak istatistiksel verilerle karşılaştıran ve iplikteki bozukluğun uzunluğunu 0.1mm duyarlılıkla tahmin eden MATLAB programı hazırlanmıştır. Optoelektronik metotla hata algılama ve değerlendirmenin tekstil alanında kullanılan diğer kalite kontrol yöntemlerine getirdiği yenilik, katkı ve avantajlar ortaya koyulmaya çalışılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Tekstil malzemelerinin bozukluklarının kontrolü, uzman sistemlerin bilgi akışını denetleyip değerlendirdiği günümüz teknolojisinin ilerlemesinden önce, insan tarafından görsel olarak yapılmaktaydı. Mekanik sistemlerin basit kullanımıyla başlayan kalite kontrol yöntemleri, yerini; algılama ve değerlendirme yüzdesi yüksek sistemlere bırakmış durumdadır. Bu bölümde, tekstil malzemelerinin bozukluk algılama yöntemleri ve bozukluk algılayıcı cihazlar hakkında bilgi verilmiş, yapılan çalışmalar tarihsel gelişim süreci içerisinde incelenmiştir.

2.1 Tekstil Malzemelerinin Bozukluk Algılama ve Kalite Kontrol Yöntemleri

Kalite kontrol işlemi, seri üretim yapan fabrikalarda üretim esnasında ya da üretimden sonra yapılabilmektedir. Yöntemler, tekstil ürünlerinin üretimi esnasında, üretimle eşzamanlı yapılan bozukluk algılama yöntemleri olan işlem içi kalite kontrol yöntemleri ve üretimin gerçekleşme anından bağımsız, mevcut tekstil ürününün herhangi bir zamanda incelenmesi prensibine dayanan işlem dışı kalite kontrol yöntemleri olmak üzere iki ana başlık altında toplanmaktadır. İşlem içi kalite kontrol sistemlerinde, veri işleme yöntemlerini kullanan bilgisayarla veri değerlendirmesi yapılmaktadır. Ürünle ilgili veriler elde edilmekte ve grafiksel dağılımları üretim süresine bağlı parametrik korelasyonlara dönüştürüldüğünde, ürünün taşıdığı bozukluğun türü ve büyüklüğüne bağlı olarak tespit edilmesi mümkün olmaktadır. İşlem dışı kalite kontrol yöntemlerinin, üretimle eşzamanlı kullanılmaması, üretimi engelleyici; yavaşlatıcı veya durdurmaya yönelik olumsuz faktörlerin ortadan kaldırılması gibi avantajlara sahiptir. Örneğin, iplik üretimi yapan bir firmada ipliğin çekme mukavemeti test edilmek istendiğinde, işlem içi yöntem olarak tercih edilmemektedir. Söz konusu testin üretimle eşzamanlı bir laboratuvar testi olarak gerçekleştirildiğinde, ipliğin zayıflaması nedeniyle bobinlere sarılması sırasında kopması veya iplik makinesinden çıktığı anda kopması üretimi durduracaktır.

Optoelektronik sistemlerin gelişmesi, endüstrinin her alanında olduğu gibi tekstil alanında da üretimin vazgeçilmezleri arasına girmiştir. Bozukluk algılama ve ölçüm sistemlerinin kullanım amacına ve tekstil malzemesinin niteliğine göre dağılımı Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Bozukluk algılama ve ölçüm sistemlerin kullanım amacına ve tekstil malzemesinin niteliğine göre dağılımı (Stephan 2002).

Yüzey/Hat Denetleyen Sistemler	Noktasal Denetleme Yapan Sistemler	Algılama Şekli
Üç Boyutlu Ölçüm Sistemi Matrisel Algılayıcılar <ul style="list-style-type: none"> •Yarıiletken •Fiberoptik •Karbon fiber •Kauçuk kaplamalı •Sentetik yüzeyler •Noktasal yüzey işaretçileri 	Algılayıcı/Cihaz Endüktif Optik	Temaslı
Optik Algılayıcılar <ul style="list-style-type: none"> •Lazerli Tarayıcılar •Yüzey Taramalı (Matris) Kameralar (CCD-CMOS) •Hat Taramalı Kameralar (CCD-CMOS) •Yansımali Ölçüm 	Optik Algılayıcılar <ul style="list-style-type: none"> •Işın Şiddeti Algılama •Yansıma Prensipli •Işın Kesme Prensipli •İmge işleme •Kapasitif Algılayıcılar •Akışkan Algılayıcılar •Endüktif Algılayıcılar •Akustik Algılayıcılar •Ultrasonik Algılayıcılar 	Uzaktan
Güç Ölçümü Moment Ölçümü	Güç Ölçümü <ul style="list-style-type: none"> •Manyetik •Piezo etkili 	

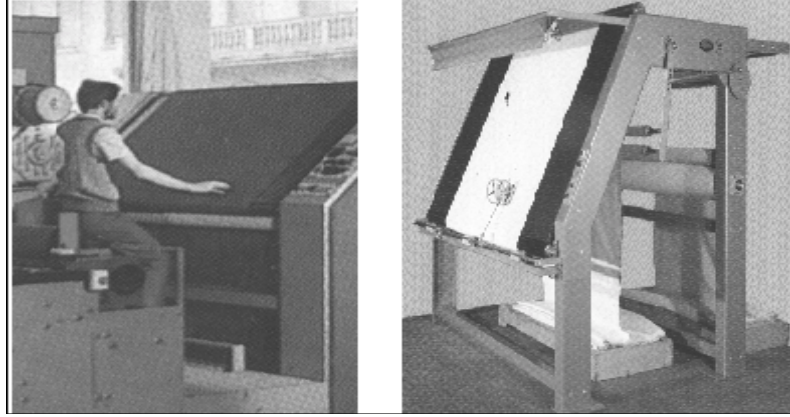
2.1.1. Tekstil malzemelerinin bozukluklarının görsel kontrolü

Operatörler veya kalite mühendisleri tarafından daha çok kumaş üretimi yapan firmalarda kullanılan geleneksel bozukluk algılama yöntemidir. İnsan gözünün algılayabileceği boyutta ve renk dağılımındaki değişimlerden kaynaklanan bozuklukların operatör tarafından tespit edilmesi mümkündür. Sabit bir tabla üzerinde akan kumaşın hızı motor ile kontrol edilmektedir. Kumaş, dakikada 8-20 metre hız ile

hareket ederken operatör bozuklukları tespit etmek amacıyla tablanın en iyi gözlemlendiği uygun bir pozisyonda kumaşın akışını izlemektedir. Fabrikalarda üretimi yapılan kumaşın incelenecek yüzeyi genelde 1.60-2.0m enindedir (Aras ve ark. 2007). Tekstil malzemesi üzerinde yer alan herhangi bir bozukluk operatör tarafından fark edildiğinde motor durdurulmakta ve operatör bozukluğun bulunduğu kısmı bir kalem ile işaretlemektedir. Üretilen kumaşın tamamını denetlemek amacıyla motor tekrar çalıştırılmakta ve işlem tekrar edilmektedir. Bozukluk denetimi sona erdiğinde, kumaşın birim uzunluğuna düşen hata sayısı ve hatanın türüne göre kumaş sınıflandırılmaktadır. Metrekare başına düşen büyük ve küçük bozuklukların sayısı hesaplanarak kumaşın birinci veya ikinci sınıf kalitede olduğuna karar verilir. Üretim standartlarının dışına çıkan sayı ve nitelikte olan bozukluklar incelenmektedir. Dikkat çeken değişiklikler taşıyan bozukluklar ile aynı türden fazla sayıda tekrar eden bozukluklar kumaşın üretimindeki hataların belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Kalite mühendisi, üretim aşamalarından gerekli olan birime üretimde yapılan hatayı bildirerek makine, hammadde veya insan faktörünün sebep olduğu yanlışlığın giderilmesini sağlamaktadır.

Gözle kontrol etme yönteminde, bozukluk boyutlarının algılanamayacak kadar küçük olması kumaştaki bozuklukların sınıflandırılmasını zorlaştırmaktadır. Akış hızı ve bozukluklarda oluşabilecek sayısız çeşitlilik nedeniyle gözle bozukluk denetimi, oldukça yorucudur ve doğruluk oranı değişken sonuçlar vermektedir. Ancak, bozukluk algılama sistemlerinin pahalı olması nedeniyle günümüzde yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bozukluk denetimi uygulanacak kumaşlarda, düşük kalitede iplik kullanılması ve mekanik arızalar nedeniyle yaklaşık 50 çeşit bozukluk türü bulunmaktadır. Sık dokunmuş kumaşlarda görülen ve operatör tarafından gözle tespit edilmeye çalışılan bozukluklar; düğümler, iplik kaçmaları, atkı ipliklerinin çözgü ipliklerini baskıladığı büzölmüş kısımlar, dalgalanmalar, kalın ve ince kısımlar, iplik boncuklanmaları, atkı ipliğinin kumaşta kullanılan diğer atkı ipliklerinden farklı olması durumunda ortaya çıkan gölgeli görünümdeki bölgeler, atkı ipliğinin kirli ve yağlı görünmesine neden olan iplik hataları, kumaş kenarına kadar devam eden tekrarlı düzensiz dokunmuş bölgeler, yabancı lifler, baskı ve boyadaki farklılıklar olarak sıralanabilir. Örme kumaşlarda görülen bozukluklar ise delikler, çözgü ipliklerinin kaçması, renk farklılıkları, karışmış iplikler, atlanmış dikişlerdir (Anagnostopoulos ve ark. 2000).

Şekil 2.1 ve Şekil 2.2’de kalite mühendisi ve operatörlerin ışın kaynağı ile aydınlatılmış tabla üzerine yerleştirilmiş tekstil malzemesini denetlemesi görülmektedir.



Şekil 2.1. Tekstil malzemelerinin bozukluklarının gözle algılanması (Anagnostopoulos ve ark. 2000).



Şekil 2. 2 Bir tekstil fabrikasında bozukluk denetimi yapan operatörler (Ralló 2000).

Gözle bozukluk algılanması yönteminde operatör, yüksek hızda hareket eden kumaş üzerindeki küçük boyutlu bozuklukları fark edememektedir. İnsan algılamasının ve görmesinin psiko-fizyolojik bir işlem olması kullanılan yöntemi sübjektif hale getirmektedir.

2.1.2. Görüntüleme yöntemi ile bozukluk algılama ve bu yöntemde kullanılan cihazlar

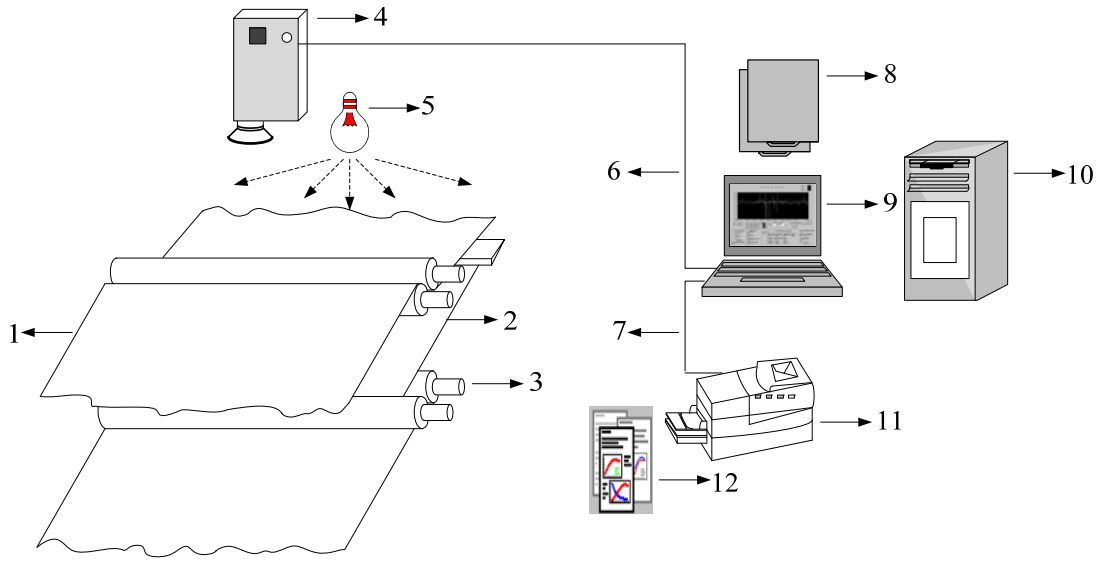
Endüstriyel ürünlerin bozukluk algılama ve kalite kontrol sistemlerinde, lineer kameralar, CCD (yük bağımlı devre) kameralar, lazerli tarayıcılar ve kızılötesi

algılayıcılar kullanılmaktadır. Lineer kameralar ve yük bağlaşımlı devreleri özellikleri aşağıda sıralanmıştır (Hajimowlana 1998).

a) Lineer kameralar, elde ettikleri görüntüye ait verileri tek boyutlu bir dizi olarak değerlendirirler. İki boyutlu bir nesneye yönlendirildiklerinde, nesnenin belirli bir dilimine ait kısmını görüntüye aktarabilirler. Bu nedenle, bant üzerinde sabit hızda ilerleyen kumaşın görüntüsünü elde etmede ideal kullanım özellikleri bulunmaktadır. En büyük avantajları, iki boyutlu bir alanın uniform aydınlatılması daha zor olduğundan, çizgisel hat boyunca aydınlatmanın daha kolay temin edilmesidir. Dezavantajları ise incelenecek nesnenin yüksek oranda ışıkla aydınlatılması gerekliliğidir. Bant üzerinde ilerleyen kumaşın hızı arttıkça aydınlatmanın artması gerekir. Bulanık görüntünün önüne geçilebilmesi için, kameranın örnekleme hızı ile kumaşın hızının uyumlu olması gerekmektedir. Kumaş hızı arttıkça kameranın entegrasyon veya algılama süresi düşürülerek bu etki giderilmiştir.

b) CCD kameralarda, kameranın aldığı görüntü sinyali örneklenecek görüntüye ait veriler taşıyan bir matrisel diziye dönüştürülür. Matrisel dizi elemanlarından oluşan çerçeve, nesneyi simgeleyen aydınlanma noktalarını ifade etme kapasitesi kameranın kalitesini belirlemektedir. Elektromagnetik spektrumun görünür ışın bölgesinde veya silisyum malzemedeki yapılan merceklerin kullanıldığı orta kızılötesinde, germanyum mercekler ile termal kızılötesi bölgesinde kullanılırlar.

Bu yöntemde kamera, üretim bandında yer alan tekstil malzemesi üzerine odaklanmakta ve elde edilen görüntü bilgisayara aktarılmaktadır. Bilgisayar, alınan görüntüyü geliştirilmiş işaret işleme yöntemlerini kullanarak veri üretmek üzere değerlendirir. Elde edilen veriler üretim sonrası değerlendirilmek üzere saklanır veya uygulanan üretimin türüne ve amacına göre bir robot kola, kontrol mekanizmasına ya da üretim işleminde kullanılan parametrik değerleri ayarlayan bir yönlendiriciye aktararak ürünün bant üzerinden kaldırılması, üretim hızının değiştirilmesi, üretimin durdurulması eylemlerinden biri harekete geçirilir. Kamera ile görüntü alma işlemi, üretim bandında yer alan kumaş hareketsiz ise yüzey tamamen denetlenecek şekilde kumaşın eşit uzunlukta her parçası için tekrarlanır ya da kumaş kamera önünde hareket ettiği sürece devam eder. Şekil 2.3'de kamera ile bozukluk algılama yönteminin şeması verilmiştir.



Şekil 2.3. Kamera kullanarak bozukluk algılama işlemi (1, kumaş; 2, dokuma tezgahı; 3, silindir; 4, kamera; 5, ışıklandırma cihazı; 6, kamera ve bilgisayarın seri iletişim birimi; 7, bilgisayar ve çıktı aygıtının seri iletişim birimi; 8, veri; 9, bilgisayar; 10, istatistiksel veri saklama birimi; 11, çıktı birimi; 12, ürün özellikleri ve analiz).

Cihazların otomasyonu ile yapılan kalite kontrol yöntemleri, Bölüm 2.1.1’de verilen insan tarafından gerçekleştirilen yöntemlere göre aşağıda belirtilen avantajları sağlamaktadır.

- a) İstatistiksel değerlendirmeler amacıyla verilerin kaydedilip saklanabilmesi, üretim parametrelerinde uygulanan hataların görülmesi ve değiştirilebilmesine olanak vermektedir.
- b) Yüksek üretim hızına paralel olarak yüksek hızda kalite kontrol yapılabilmesine imkan tanımaktadır.
- c) Üretimde ortaya çıkan bozuklukların algılanmasındaki güvenilirlik yüzdeleri yüksektir. İnsan sağlığını tehdit eden ortam ve sürelerde kullanılabilirliktedir.

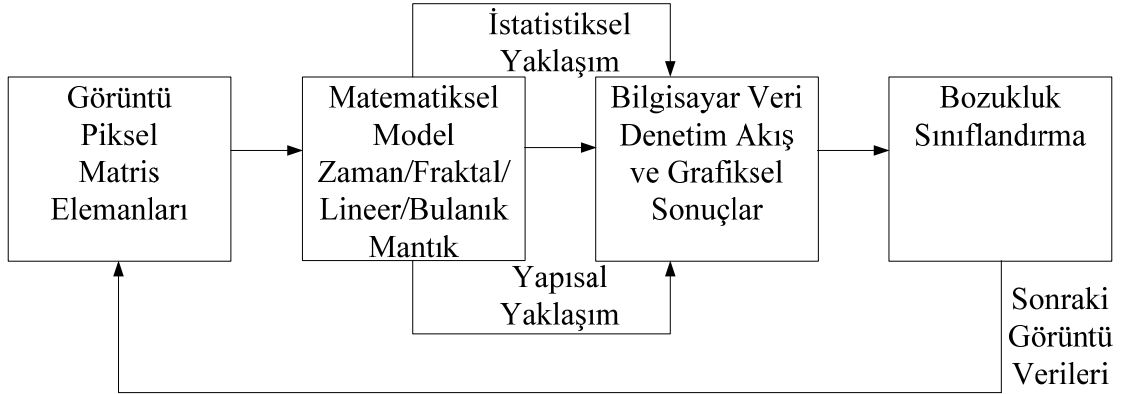
Bozukluk algılanmasında denetlenecek kumaş yüzeyi, kameranın doğru algılamasını sağlayacak şekilde ışın kaynağı ile aydınlatılmalıdır. Bozukluk algılama ve kalite kontrol işleminde incelenecek nesnenin aydınlatılması ve doğru bilgileri içeren bir aydınlatmanın sağlanabilmesi için, pratik olarak deneysel tecrübeler yapılır. Uygun aydınlatılma yapılmadığında, en uygun bozukluk algılama ve değerlendirme yazılımları kullanılsa bile kameradan alınan görüntüleri işaret işleme yöntemlerinde değerlendiren bilgisayar zaman alıcı gereksiz işlemler yapabilmektedir. Kalite kontrol ve bozukluk

algılama problemleri, gerçek zamanlı uygulamaya konulabilmesi son derece karmaşık ve entegre çözümler gerektiren işlemlerdir (Kumar ve Pang 2000).

İncelenen kumaş yapıları mikro ve makro yapıda olmak üzere iki temel sınıfa ayrılırlar (Kot 2000). Birçok tekstil araştırmacıları, kumaşı veya tekstil ürününü birbirini tekrar eden basit elemanların düzenli bir dağılımı olarak ele almaktadır. Düzenli yapıda kumaş yüzeyinin bozukluk algılaması basittir ve yapısı basit elemanların tekrarlı birleşimi olarak görünür. Tekrarlı yapıdan sapmalar bozukluk olarak adlandırılırlar ve kolayca tespit edilerek ölçülebilirler. Birçok doğal yapılar bu şekilde düzenli bir yapı sergilemezler ve bunlara rasgele makro yapılar denilmektedir (Kot 2000).

Düzenli yapıda görünüm sergileyen yüzeyler, kompleks yapılarına rağmen geniş aralıkta yapılarındaki tekrarı korurlar. Kısmen incelendiğinde, yapı bileşenleri boyut, yoğunluk veya şekillerini değiştirebilirler. Bu durum bozukluk algılama işlemini zorlaştırmaktadır. Fourier dönüşümü, bu tür malzemelerin incelenmesi için uygun algoritmaların geliştirilmesini sağlamaktadır (Bennamoun ve Bodnarova 1998).

Kumaş üzerindeki bozuklukları kamera ile algılamada, bozukluklar; gri-seviye değişimlerine göre sıklıkla kendilerini göstermekte olduğundan, yüzey üzerindeki yapının dağılımının, düzenli veya rasgele değişmesinin algılamanın çözümündeki zorluk derecesine etkisi yoktur. Gri seviye piksel dağılımlarının istatistiksel incelemesi kumaşın yüzeyi hakkında genel bilgi vermektedir. Yapısal yaklaşımda ise, yüzey belirli yerleşim kuralları dikkate alınarak alt piksel dağılımları olarak ifade edilir. Yeni piksel dağılımı yüzeyi tanımlayan hiyerarşik yapıyı ifade etmektedir. Kumaş kalite kontrolü Şekil 2.4’de verilen dört ana başlık altında değerlendirilmektedir.



Şekil 2.4. Kumaştan elde edilen görüntünün bozukluk algılama blok diyagramı.

Kumaş ve dokuma ürünlerinde bozukluk algılama ve değerlendirme çalışmaları

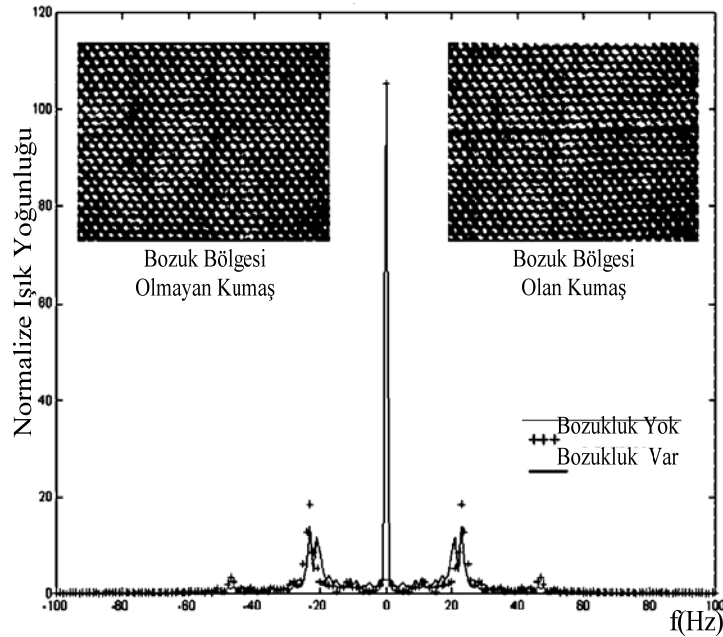
Tekstil dokuma ve kumaşlarının bozukluk algılama yöntemleri birçok araştırmacı tarafından farklı yaklaşımlar uygulanarak takip edilmektedir. Sistem mimarisinde yer alan cihazların ve uygulanacak yöntemle uyumlu yazılımların geliştirilmesiyle istatistiksel ya da yapısal tanımlamaların kullanılması kumaş yüzeyine ait verilerin değerlendirilmesine imkan vermektedir.

Kot (2000), hareket eden periyodik desenli bir kumaşın görüntüsünü, bir noktada sabitlediği bir kamera ile gözlemlemiştir. Bozukluk, incelediği malzemenin küçük bir bölgesinde değişim gösteren yapıda olduğunda, bu tür bozukluklar için kısmi bozukluk terimini kullanmıştır. Kısmi bozuklukların algılanması ve değerlendirilmesi için iki boyutlu Ayırık Fourier Dönüşümü kullanmıştır. İki boyutlu Ayırık Fourier Dönüşümü ifadelerinde, genlik spektrum bileşenleri frekans indisleri boyunca küçülen değerler şeklinde sıralanmış ve baskın spektrum bileşenlerini belirlemiştir. Bu bileşenden sapmalar, kumaş yüzeyindeki kısmi bozukluklar olarak belirlenmiştir.

Escofet ve ark. (1996), Fourier Dönüşümünün halı ve birçok tekstil dokumasında önemli sonuçlar verdiğini açıkladıkları çalışmalarında, sayısal filtreleme tekniğini kullanmışlar ve bozukluk taşıyan kumaşlara ait kaçan iplik, çift iplik, kopmuş iplik, farklı renkte iplik olan bölgeleri tespit etmişlerdir. Çalışmalarında, Pulnix TM-765 kamera kullanmışlardır.

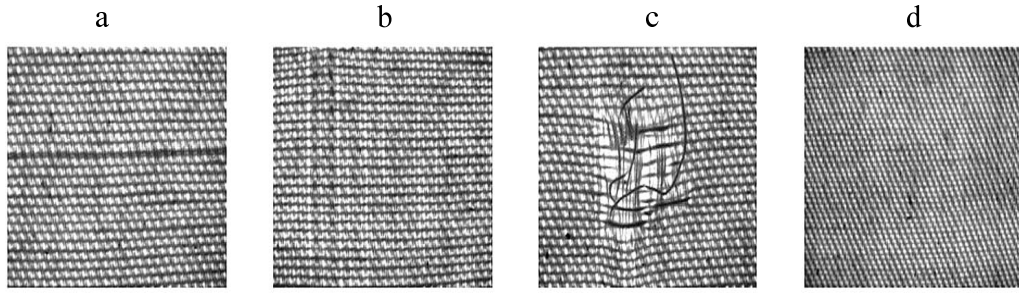
Portilla ve Simoncelli (2000), istatistiksel yaklaşımlar ile çeşitli yapı ve desendeki kumaşların bozukluklarını Dalgacık Dönüşümü sabitlerini kullanarak test etmişler ve yeni parametrik istatistiksel model önerisinde bulunmuşlardır.

Chan ve Pang (2000), kamera ile elde ettikleri kumaş görüntüsünün, ışık yoğunluğuna göre değişen Fourier Spektrumu (HFD) genliklerini incelemişlerdir. Atkı ve çözgü iplikleri doğrultusunda oluşan bozukluklara ait Fourier Dönüşümü genliklerini, bozuk bölgesi olmayan kumaştan elde edilen Fourier Dönüşümü genlikleri ile karşılaştırmışlardır. Fourier Dönüşümü genliklerinin elde edilmesinde MATLAB kullandıkları deneysel çalışmalarına ait bozuk bölgesi olan kumaşın ve bozuk bölgesi olmayan kumaşın Fourier genliklerinin karşılaştırıldığı frekans bileşenlerinin dağılımını gösteren grafik Şekil 2.5’de verilmiştir.



Şekil 2.5. Bozuk bölgesi olmayan ve bozuk bölgesi olan kumaşların Fourier Dönüşümü (HFD) genliklerinin karşılaştırılması (Chan ve Pang 2000).

Sonuç olarak kamera ile bozukluk algılamada, Fourier Dönüşümü, Bulanık Mantık, Sayısal Filtreleme tekniği, Dalgacık Dönüşümü, yaygın kullanım alanı bulmaktadır. Kameralar ile yüzey görüntüleri elde edilen kumaşlarda görülen bozukluklar, bozukluğun yapısı, görünümü ve nedenine göre sınıflandırılmaktadır. Kumaşlarda görülen yaygın bozukluklara ait örnek resimler Şekil 2.6’da verilmiştir.



Şekil 2.6. Kumaşlarda görülen yaygın bozukluklara ait örnekler, **a)** çift iplik, **b)** sökülmüş iplik, **c)** kopmuş iplik, **d)** farklı türde iplik (Chan ve Pang 2000).

CCD kameralar, 1969 yılında Boyle ve Smith tarafından bulunmuştur (www.cctv-focus.com/CCTVfocus_PDFs/cctvfocus35_ccd_chip_inventors_receive_acknowledgment.pdf). CCD kameralarda, resmin fotoduyarlı yüzeye görüntülenmesi için optik sistem gerekmektedir. Uygun şekilde ayarlandıklarında, çıkış sinyali olarak görüntüyü simgeleyen ayrık darbe dizileri elde edilir. Kameranın çalışma prensibi yük seviyesinin elde edilmesi, aktarılması ve devre çıkışından gerilim elde edilmesi aşamalarını izlemektedir. Birçok CCD kamerada yük, fotogeçit (MOS kapasite) tarafından elde edilir. CCD kameralarının mimarisinde yer alan MOS (metal-oksit yarıiletken) kapasite, geçit gerilimi verildiğinde yük seviyesini depolamada ve aktarmada kullanılmaktadır. CCD yazmacı, geçitlerin oluşturduğu dizinin birleşiminden oluşmaktadır. Geçit gerilimi yaratıldığında, elektronlar bir geçitten diğerine kaydırılmakta, devre görüntü yoğunluğuyla orantılı çıkış voltajı vermektedir. Günümüzde daha çok fotodiyotlar yükün oluşturulmasında CCD kameralarda yer almaktadır.

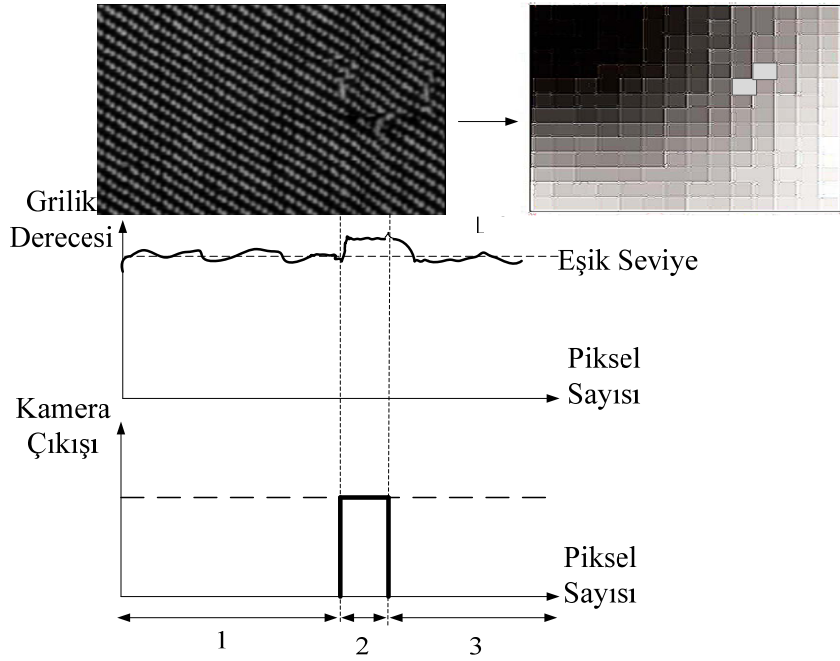
CMOS ve CCD kameraların görünen ışın ve yakın kızılötesi bölge için benzer özellikler ve duyarlılık göstermeleri, yapılarında silikon ve GaAs'in ortak kullanımından kaynaklanmaktadır. CMOS kameralar, CCD kameralardakine benzer şekilde gelen ışının fotonlarını yükü oluşturan elektronlara dönüştürürler. Ancak yük seviyesi, CCD kameralarda olduğu gibi geçitten geçide aktarılmak yerine, CMOS tranzistörlerin meydana getirdiği yük algılayıcı kuvvetlendiriciler tarafından mümkün olduğu kadar erken algılanırlar. Kuvvetlendirmenin her piksel değeri için ayrı ayrı yapıldığı CMOS görüntüleyicilere aktif piksel algılayıcı da denilmektedir. Bazı CMOS kameralarda ise, piksellerin oluşturduğu sütunun tümüyle kuvvetlendirilmesi

yapılmaktadır. Pikseller, yük geçidi görevi gören ve kendilerini yük kuvvetlendiriciye anahtarlayan sadece bir transistor tarafından kuvvetlendirilirler. Bu yüzden bu tür CMOS görüntü kameraları pasif piksel algılayıcı olarak anılmaktadır. CMOS kameraların görüntü algılama ve değerlendirilmesi aynı çiple yapıldığından, 3-8 çip içeren CCD kameralara göre ucuzdurlar ve üretimleri kolaydır. Çizelge 2.2’de CCD ve CMOS kameraların teknik özelliklerinin karşılaştırıldığı tablo verilmiştir.

Çizelge 2.2. CCD ve CMOS kameraların karşılaştırılması (Hajimowlana 1999).

Kamera Türü	CCD	CMOS
Spektral Duyarlılık (nm)	400-1080	300-700
Karanlık Algılama Sınırı (lux)	10^{-1}	1
Çerçeve Hızı (kHz)	10	$\gg 10$
Piksel Boyutu (μm)	5-10	5-10
Piksel Sayısı(MegaPiksel)	>39	>16
Cevap	lineer	nonlineer

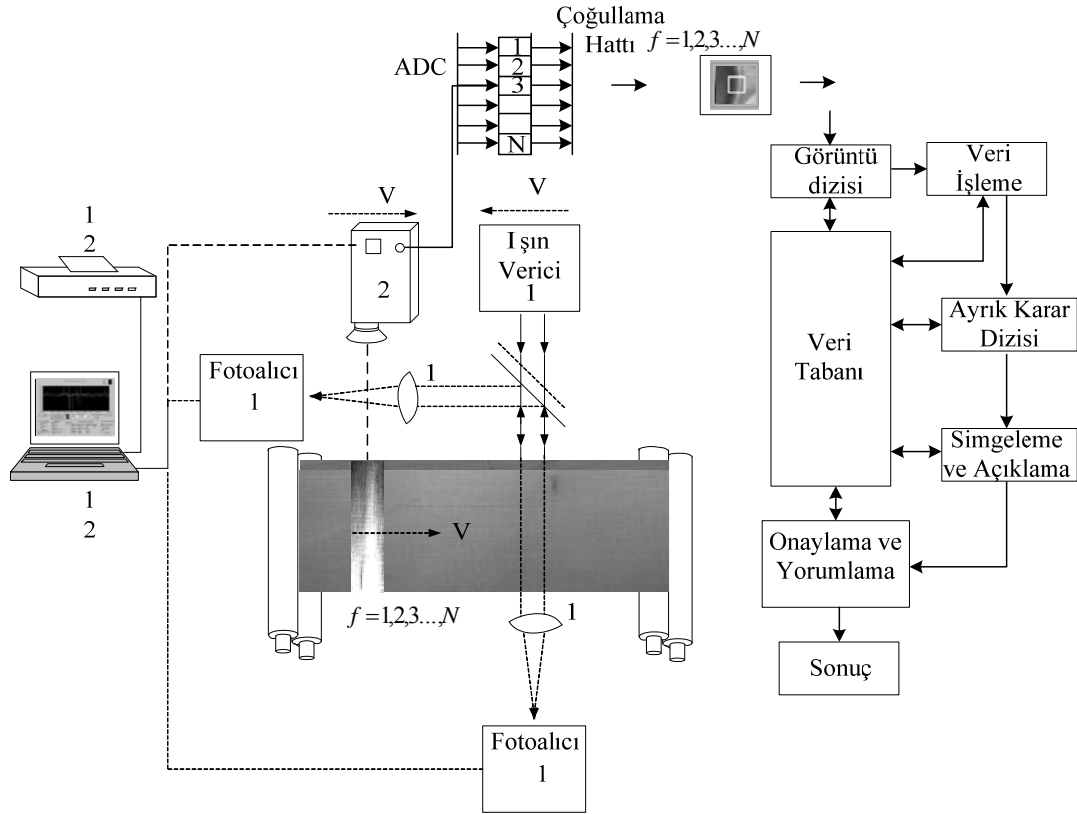
CCD kameralarda elde edilen bütün piksel değerleri belirlenmiş bir eşik seviye ile kontrol edilir. Görüntüden elde edilen grilik derecesi, renk veya görüntü yoğunluğunu ifade etmektedir ve her bir piksel değeri için ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Bütün pikseller için genel eşik seviye ile karşılaştırılan grilik derecesi, bozukluk sinyalinin ikili kodlara dönüştürüldüğü dijital bilgi olarak kamera çıkışından elde edilir. Eşik seviye, fon değerlerinin ortalamasının oluşturduğu değerdir ve algoritmaların bütün piksel değerleri için hesaplanmasıyla belirlenir. Eşik seviye sabit bir değer olarak atandığı için, kumaş yüzeyinde yer alan diğer piksellerin eşik seviyeye göre değişimi yavaş kalırken, kumaş yüzeyindeki bozuk yüzeye ait piksellerin belirlediği bozukluk sinyalinin değişim hızı yüksek olmaktadır. Bu durumu ifade eden CCD kameralarda elde edilen sinyaller Şekil 2.7’de verilmiştir.



Şekil 2.7. Kumaş yüzeyindeki bozukluğun kamera çıkış sinyali.

2.1.3. Yüzey taraması yöntemi ile tekstil malzemelerinin bozukluklarını algılama

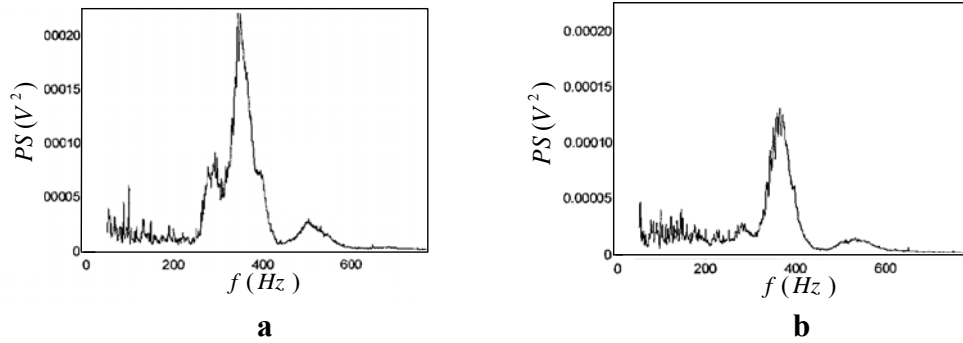
Bu yöntemde, kontrol edilen veya nesneyi denetlemekte kullanılan optik dönüştürücü hareketlidir. Endüstriyel üretim bantlarında en iyi sonuçları vermektedir. En önemli avantajı yüksek algılama hızıdır. Ancak bu tip sistemler Chenille ipliği için geliştirilmemiştir. Algılayıcı olarak yüzey incelemede kullanılan alan taramalı kameralar, fotodiyot, fototranzistör kullanılabilir. Lazerli tarama sistemlerinde ışın yüzeye yönlendirilerek bir fotoalıcı tarafından toplanır. Bölüm 2.1.2’de verilen CCD kameralar üretim bandında ilerleyen kumaş yüzeyine yönlendirilerek tarama yapıldığında üretim hızını etkilemeden denetim yapılabilir. Tarama yöntemi ile bozukluk algılama işleminin sembolik gösterimi Şekil 2.8’de verilmiştir.



Şekil 2.8. Taramalı yöntemle bozukluk denetleme, 1- açık kanallı optik sistemle denetleme, 2-kamera ile denetleme (Zuech 2000).

Şekil 2.8’de açık kanallı bir optik sistem veya kameranın kullanıldığı tarama işlemi verilmiştir. Burada, üretim bandında yer alan tekstil malzemesi hareketsiz olduğunda, ışın verici belirli bir hızda hareket ederek yüzeyi taramaktadır. Yüzeyden geçen veya yansıyan ışınlar toplanarak bir fotoalıcıya aktarılmaktadır. Yüzeyden yansıyan ve geçen ışınlar yüzeyin karakteristik özelliklerinin belirlenmesini, bozukluk bölgelerinin belirlenmesini kumaş kalınlığı ve rengindeki değişimlerin algılanabilmesini sağlamaktadır. Aynı verilerin elde edilebilmesi için tekstil malzemesi belirli bir hızda bant üzerinde akarken ışın verici sabit bir noktaya yerleştirilmektedir. Yansıyan ve geçen ışınlar tüm yüzeye ait bilgileri taşımaktadır. Işın verici ve fotoalıcının olmadığı durumda yüzey bir kamera ile taranmaktadır. Bu durumda kamera hat taramalı olarak görüntü elde etmektedir. Denetleme işlemi, tekstil malzemesi hareketliyken kameranın sabit kalması, malzeme sabitken kameranın bant üzerinde sabit bir hızla ilerlemesi ve yüzeyi taramasıyla yapılmaktadır. Fotoalıcı veya kameradan gelen sinyaller bilgisayarda kullanılan algoritmalarla kumaş yüzeyini değerlendirmektedir.

Bueno ve ark. (1999), yüzeye ait pürüzsüzlük ve tüylülük özelliklerini tespit etmek üzere kumaştan yansıyan ışınları fotodiyota aktarmışlardır. Yansıyan ışınların Fourier Dönüşümlerini belirlemişler ve frekans spektrumunun periyodik dağılımı nedeniyle yüzeyin periyodik tekrarlı yapısını elde etmişlerdir. Spektrum genliklerini kumaş yüzeyinin profili olarak belirlemişler ve tüylülük ölçerle yüzeyin tüylülük parametresini belirlemişlerdir. Yansıyan ışınları fotodiyot ile algılamak için kumaşı bir motor ünitesi ile harekete geçirmişlerdir. Kumaş yüzeyinin frekans bileşenlerinin genliklerini, bir kumaşın üretiminde son işlemlerden biri olan, metal bir silindirin hızla kumaş yüzeyini taraması ile kumaş yüzeyindeki tüylerin yükseltilmesi işlemi öncesinde ve sonrasında incelemişlerdir. Frekans bileşenlerinin genliğinin, fotodiyota gelen ışınların enerjisine göre değişmesi nedeniyle tüylerin yükseltilmesinin, kumaştan yansıyan ışınların şiddetini azaltarak frekans spektrumunda bileşenlerin genliğini azalttığını gözlemlemişlerdir. Fotodiyot işaretinin Fourier Dönüşümü $X(f)$ ve f frekans olmak üzere kumaştan yansıyan ışınların güç spektrumu ifadesini $PS = |X(f)|^2$ şeklinde hesaplayarak güç spektrumu bileşenlerini elde etmişlerdir. Şekil 2.9'da tüylerin yükseltilmesi işlemi öncesinde ve tüylerin yükseltilmesi işlemi sonrasında güç spektrumu genliklerinin görüldüğü grafik verilmiştir.



Şekil 2.9. Kumaştan yansıyan ışınların şiddetine göre elde edilen fotodiyot işaretinin güç spektrumu **a)** tüylerin yükseltilmesi işlemi öncesi, **b)** tüylerin yükseltilmesi işlemi sonrası (Bueno ve ark. 1999).

Sarraf ve Goddard (2002), kumaştaki iplik yoğunluğunu belirlemek üzere taramalı yöntemle bir çalışma yapmışlardır. Hareket eden kumaş yüzeyine hat taramalı kamera yönlendirmişler ve kumaşı alt yüzeyinden ışın vererek aydınlatmışlardır. Kameradan aldıkları sinyali sayısal işlem yapabilen bir kart ile bilgisayara

aktarmışlardır. Kumaş yüzeyinin düzenli ve tekrarlı yapısına ait görüntünün Fourier Dönüşümünü elde etmişler, inceledikleri yedi kumaştan altısının aynı çözgü ipliği yoğunluğuna sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Tarama yöntemi ile tekstil malzemelerinin kalite kontrolünü gerçekleştirmede, tekstil kalite kontrol alanında uzmanlaşmış firmalar bulunmaktadır. Uluslar arası tekstil kalite kontrol firmalarından birisi de Barco Vision'dur ve bant üzerinde hareket eden bir kameranın tarama yaptığı Cyclops isimli bozukluk algılama cihazını geliştirmiştir. CMOS teknolojili kameranın tarama hızı 18cm/s'dir. Kumaşın aydınlatılması kızılötesi LED ile gerçekleştirilmektedir ve tarayıcı ile 2.6m enindeki kumaşlar incelenebilmektedir. İnternet bağlantılı olduğundan, elde edilen verilerin ışığında, üretim kalite standartları hakkında tavsiyeler sunulmaktadır. Şekil 2.10'da, tarama aralığını, kumaş sınırlarını otomatik algılayarak kumaş genişliği ve konumuna göre belirleyen Cyclops kumaş yüzeyi bozuklukları denetleme cihazının resmi verilmiştir.



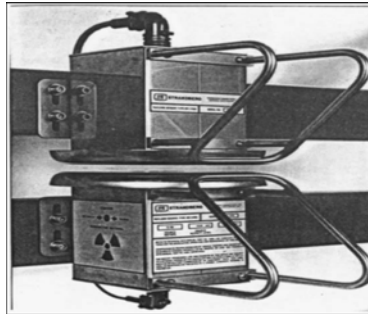
Şelil 2.10. Barco Vision Cyclops kumaş yüzey tarayıcısı ([www. barco.com/ vision/ downloads/ cyclops_e_screen.pdf](http://www.barco.com/vision/downloads/cyclops_e_screen.pdf)).

Optik tarayıcılarla bozukluk algılama sistemlerinin geliştirilmesi için laboratuvar çalışmaları yapan bir diğer bir firma, Elbit Vision Systems'dir. 300m/dak hızla ilerleyen kumaşların, kırışıklık, delik, bozuk kenar, tarak izi, çift atkı, atkı ipliğinin kaçması, çift çözgü, çözgü ipliğinin kopması ve yağ lekeleri tipindeki bozukluklarını algılayabilen kamera ile 5m genişliğinde yüzeylerin kontrolünü yapabilen I-TEX 2000 isimli sistemi geliştirmiştir. 0.5mm boyutlu bozuklukları, kumaşta yer aldığı konumun koordinatları ile belirleyebilen ve yüksek fiyatlarla pazarlanan tarayıcının resmi Şekil 2.11'de verilmiştir.



Şekil 2.11. Tarama yöntemi ile bozukluk algılayıcı ITEX-2000 (www.evs.co.il/html/products_itex_2000.asp).

Tarama yöntemi, tekstil malzemelerinin gördüğü kimyasal ve fiziksel işlemlerin bazı evrelerinde de kullanılabilir. Strandberg laboratuvarı tarafından geliştirilmiş olan ve kimyasal işlem gören tekstil şeritlerinin yoğunluklarının ölçülmesinde kullanılan bir algılayıcı 30-45s zaman aralığında, 50-75m uzunluğunda şeritlerin yoğunluklarını ölçebilmektedir (Bhuvnesh ve ark. 2004). Cihaz, kuru şerit ağırlığının şerit akış hızının bir fonksiyonu olarak veri değerlendirmesi yapabilmektedir. Şekil 2.12'de alıcı ve verici arasındaki yarıktaki hareket ettirilen haşılama (1) işlemi gören malzemenin ölçümünü yapan cihazın resmi verilmiştir.

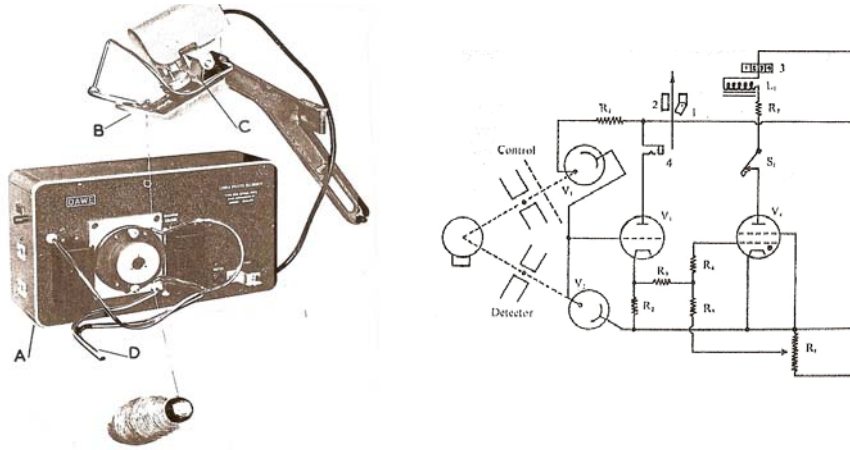


Şekil 2.12. Strandberg laboratuvarında geliştirilmiş yoğunluk ölçen algılayıcı (Bhuvnesh ve ark. 2004).

(1)Haşılama, dokuma işlemi sırasında, jelatin, yağ ve polimerler kullanılarak çözgü ipliklerinin liflere bağlanmasındaki mukavemeti ve aşınma dayanımını arttırmak için yapılan işlem (Anonim 2001).

Tekstil ipliklerinin kalınlığını algılama ve ölçme çalışmaları

Matthew ve Smith (1953), ipliğin aktarılması sırasında ipliğin ortalama kalınlığından farklı değerdeki ince ve kalın noktalarını algılayan, sıkıştırma; kesme; hareketi durdurma işlemlerini yapabilen bir devre geliştirmişlerdir. Düzenekte, ipliğin kalınlığı ile orantılı genlikte sinyaller elde edilerek bir karşılaştırıcıya aktarılmaktadır. İpliğin sıkıştırılması veya kesilmesi işlemi, önceden belirlenmiş sinyal seviyesini referans almakta olan karşılaştırıcıya verilmiştir. İpliğin ortama çapına özdeş bir tel veya iplik, referans sinyal seviyesini belirlemek üzere durağan şekilde karşılaştırıcının bir girişine bağlanmıştır. Kesme işlemi sona erdiğinde aktarma işlemi durmakta ve el ile bağlanan ipliğin aktarılmasına devam edilmektedir. Şekil 2.13'de geliştirdikleri devrenin şeması verilmiştir. 20 W gücünde 12 V'luk bir lamba ipliğin geçtiği yarığı aydınlatmakta ve iplikten geçen ışınlar vakumlu fotosel aktarılmaktadır. Diğer bir fotosel ise, ayrı bir yarıқта sabit halde tutulan ideal bir iplik veya telden geçen ışınları algılamaktadır. İki ayrı vakumlu fotosel işareti karşılaştırılarak farklı olduklarında, diferansiyel kuvvetlendirici ile kesme mekanizmasına kesme işareti aktarılmaktadır. Fotosel çıkışları V_4 tiratronunu süren V_3 radyo lambasının ızgarasına bağlanmıştır. Tiratron çıkışı kesme işlemini yapacak mekanizmanın röle elemanına aktarılmıştır. Gelen ışınların şiddetinde bir değişim meydana geldiğinde, fotoseller iplik çapındaki değişimi bildiren sinyali gerilim izleyicisi gibi çalışan lambaya aktarmaktadırlar. Sinyal düşük empedanslı bir tiratrona aktarılmıştır. Tiratron, sadece kontrol ünitesinde sabit bırakılan tel veya iplikten geçen ışınları algılayan fotosel gerilimi ile incelenen iplikten geçen ışınları algılayan fotoselden gelen gerilim aynı olduğunda beslenmiştir. İplik çapındaki artış, tiratron ızgarasında pozitif gerilim meydana getirmektedir ve tiratronun çıkış akımı, ipliği kesecek olan mekanizmadaki endüktansa verilmektedir.



Şekil 2.13. Radyo lambaları ve vakumlu fotoseller ile ipliğin ince ve kalın bölgelerini tespit eden mekanizma (Matthew ve Smith 1953).

Onions ve Yates (1954), yün ipliklerin çapını optik metotla incelemişlerdir. İplik çapını belirlemek için bir lamba ile aydınlatıkları dar yarığa inceledikleri yün iplikleri yerleştirmişlerdir. İplik ve yarık arasına yerleştirdikleri camı, gelen ışınlarla cam yüzeyinin normali 45° açı yapacak şekilde yerleştirmişlerdir. Camdan yansıyan ışınları bir ekran üzerine düşürerek mikroskop ile incelemişler ve iplikten geçen ışınları bir fotosel ile gerilime dönüştürüp kuvvetlendirerek kaydetmişlerdir. Ekran üzerine düşürülen görüntünün resimlerini çekerek örneklerin tüylülüklerini karşılaştırmışlardır. Yarığa ilettikleri ışınları, dönen bir dairesel disk üzerindeki yarıklar ile modüle ederek fotoselden alternatif değişimli gerilimler elde etmişlerdir. İpliğin yerleştirildiği yarığın genişliği D olmak üzere fotoselde elde ettikleri ipliksiz gerilim;

$$V_0 = k.D \quad (2.1)$$

şeklinde yarıkla lineer değişen bağıntıyla göstermişlerdir. Yarığa ipliğin yerleştirilmesi durumunda, ipliğin çapı d olmak üzere, fotoselden alınan gerilimi Bağıntı (2.2)'de verilen şekilde ifade etmişlerdir.

$$V = k(D - d) \quad (2.2)$$

Bağıntı (2.2)'den ipliğin ortalama çapı \bar{d} , ipliğin farklı noktalarından elde edilen gerilim \bar{V} olmak üzere ortalama iplik çapının hesaplandığı Bağıntı (2.4)'ü elde etmişlerdir. Bağıntı (2.3) farklı test sonuçlarına göre fotosel gerilimini göstermektedir.

$$\bar{V} = k(D - \bar{d}) \quad (2.3)$$

$$\bar{d} = D(V_0 - \bar{V})/V_0 \quad (2.4)$$

Yapılan deney sayısı n olmak üzere, iplik çapındaki değişimi belirleyen varyasyon katsayısını;

$$\sqrt{\frac{\sum (d - \bar{d})^2}{n-1} \cdot \frac{100}{\bar{d}}} = \sqrt{\frac{\sum (V - \bar{V})^2}{n-1} \cdot \frac{100}{V_0 - \bar{V}}} \quad (2.5)$$

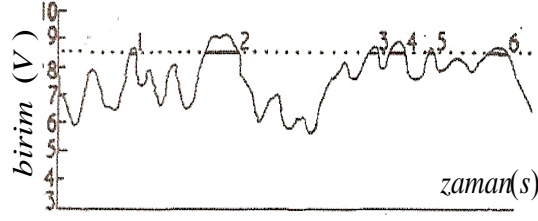
şeklinde ifade etmişlerdir. Bu bağıntılardan ipliğin çapının, fotoselden alınan gerilimle değişimi ve k katsayısının açıklık çapıyla değişiminin ters orantılı olduğu görülmektedir.

Leach (1962), ipliğin birim uzunluk başına düşen ağırlığının değişimini elde etmek üzere istatistiksel olarak inceleme yaptığı kapasitif bir devre geliştirmiştir. Devrede yer alan kapasite köprüsünün bir kolundaki düzlemsel kapasite içerisinden iplik geçirilerek iplik kütlesi gerilime çevrilmiştir. Gerilim değerleri kuvvetlendirilerek gelen sinyal seviyesine göre anahtarlanacak ve ortalama çaptan sapma sayısını verecek olan diskriminatörlere aktarılmış ve sayma işlemi yapılmıştır. Bu işlem için, $120\mu s$ lik darbelerin elde edildiği, $4kc/s$ hızında dekatron tüpleri kullanılmıştır. Tüplerin kullanımı, $300V$ gibi günümüz şartlarına göre çok yüksek ve kullanışsız besleme gerilimleri gerektirmektedir.

Çalışmasında bildirdiğine göre, Rice (1945) bir gürültü sinyalinin sıfırdan ortalama frekans değeri olan f_b değerine kadar her frekansta dağılım göstermekte olduğunu ve saniyede $2f_b/\sqrt{3}$ kez sıfır frekansından geçtiğini göstermiştir. İpliğin düzgünlük parametresinin belirlenmesinde, elde edilen sinyale bu yaklaşımın uygulanabileceğini belirtmiştir. Sinyalin zamana bağlı değişimi incelendiğinde, iplik hakkında iki önemli bilgi elde edilebileceğini belirtmiştir.

a) Dalga şeklinin Şekil 2.14'de kesikli çizgiyle işaretlenmiş olan ortalama değerden geçme sayısı, ipliğin ortalama çapına göre kalın ve ince kısımların sayısını belirlemektedir.

b) Ortalama değerden önce yükselerek ve daha sonra azalarak geçen sinyalin zaman ekseninde belirlediği aralık, iplikteki ortalama çap değerinden farklı kısımların uzunluğu hakkında bilgi vermektedir.



Şekil 2.14. İplikten elde edilen sinyalin zamana bağlı değişimi (Leach 1962).

Carvalho ve ark. (1983), bir ışın kaynağı ile modüle edilen ipliğin frekans cevabını incelemek üzere saçılma ölçen bir cihaz kullanmışlardır. Saçılma lensinin odak noktasına yerleştirilen ipliği, bir motorla 1m/s hızla hareket ettirmişlerdir. Saçılan ışınların dağılımını bir mikroişlemci ile analiz etmişlerdir. İpliğin tüylülüğü ve spektral dağılımını elde etmişlerdir. İplikten elde edilen saçılma dağılımının görüntüsünü, sarmal şekilli bir maskeyle kapatarak maske tarafından engellenmeyen ışınları bir lens ile toplamışlar ve bir fototranzistörün bu ışınları algılamasını sağlamışlardır. Deneysel olarak metal bir telden elde edilen saçılma değerini ölçmüşler ve telden saçılan ışınların şekli sarmal bir yapıda olduğundan bu şekli verdikleri maskeyi kullanmışlardır. İpliğin sarmal maskeyle kapatılması, ipliğin gövdesinde metal tel benzeri ana gövdenin dışında kalan tüylerin saçılma dağılımını ölçmelerini sağlamıştır. Fototranzistörden alınan $0 - 25mV$ aralığındaki gerilim ipliğin tüylülük derecesini vermiştir. İpliği, küresel koordinat sisteminde üç ayrı bileşenin toplamı olarak ele almışlardır. Bu bileşenleri, frekans spektrumunda ışınların saçılması incelendiğinde, metalik tel benzeri görünüm sergilediklerinden metalik-tel kısmı olarak adlandırılan ana gövde $w(r, \theta, z)$, tüylerin dağılımından oluşan bölge $h(r, \theta, z)$ ve ışınların geçtiği difüzyon bölgesi $d(r, \theta, z)$ olarak sınıflandırmışlardır. Buna göre ipliği bileşenlerine göre, Bağıntı (2.6)'da olduğu gibi tanımlamışlardır.

$$y(r, \theta, z) = w(r, \theta, z) + h(r, \theta, z) + d(r, \theta, z) \quad (2.6)$$

İplik bileşenlerinin Fourier Dönüşümü elde edildiğinde, Bağıntı (2.7)'de verilen bileşenlerin frekans spektrumunun kolaylıkla ayırt edilebilen genlik değerlerine dönüştüğünü ifade etmişlerdir.

$$T_y(r, \theta, z) = W(\omega_x, \omega_y) + H(\omega_x, \omega_y) + D(\omega_x, \omega_y) \quad (2.7)$$

d uzaklığından, λ dalga boyunda gözlemlenen iplik için W bileşenini Bağntı (2.8) ile açıklamışlardır.

$$W = \frac{\sin \frac{2\pi\omega_x r_0}{\lambda d}}{\frac{2\pi\omega_x r}{\lambda d}} \quad (2.8)$$

İpliğin gövde kısmı model olarak bükülmüş silindirik bir metal tele eşdeğer alınmıştır. Saçılmayı modellemek için büküm dereceleri farklı metal tellerin optik saçılmalarını elde etmişlerdir. Teldeki saçılma dağılımının frekans spektrumu eşitliğini, r_0 sarmal bükümün çapı, c bükümün sayısı, ϕ_0 frekans uzayının merkez açısı, ψ sarmalın merkezdeki açısı ve n Bessel fonksiyonunun derecesi olmak üzere Bağntı (2.9)'daki gibi ifade etmişlerdir.

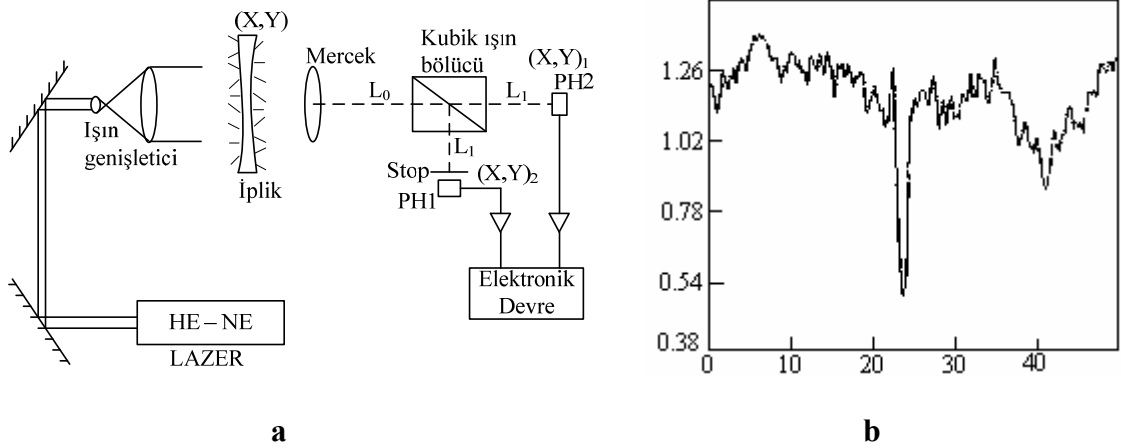
$$W(\omega_r, \psi, n/c) = J_n(\pi\omega_r r_0) \exp[in(\psi - \phi_0 + \pi/2)] \quad (2.9)$$

Allen ve ark. (1985), $400m/dak$ hızının üstüne çıkabilen aktarma işlemi sırasında iplik bozukluklarını algılayan ve verilerin bilgisayarda işlendiği kapasitif bir algılama cihazı geliştirmişlerdir. Analog/sayısal dönüştürücüye aktardıkları algılayıcı işaretini bir mikroişlemci ile bilgisayara aktarmışlardır. İplikte, ortalama çapın %50 veya daha altında olan ve iplik üzerinde $3.2 - 29.5mm$ uzunluğunda bir bölgede yer alan ince kısımlar ile ortalama çapın %150 si veya daha üzerinde olan ve iplik üzerinde $2.8 - 15.9mm$ uzunluğunda bir bölgede yer alan kalın bölümlerin belirlendiği elektriksel işaretleri elde etmişlerdir. Bildirdiklerine göre kapasitif algılayıcılar, ipliğin yapısında $2mm$ boyutunda oluşan değişimleri algılayabilmektedir. Kapasitif algılayıcılarda optik algılayıcılara göre, ipliğin yapısıyla ilgili lineer yoğunluk fonksiyonunun algılayıcı çıkışı ile daha doğrudan ilişkisi olduğu yorumunu yapmışlardır. İplik yapısının profilinin algılayıcı boyu ile sınırlı olması nedeniyle algılama cihazında gözle net olarak görülebilen bozuklukların incelenmesinin sağlıklı olacağı yorumunu getirmişlerdir.

Söz konusu kapasitif algılayıcıda, 1mm'nin üzerindeki bozuklukları tespit edebilmek için seçilebilecek en küçük düzlemsel kapasite uzunluğunu 2mm olarak seçmişlerdir. En küçük kapasite levhasının 2mm uzunluğunda olması, ipliğin 2mm'lik bölümler halinde incelenmesini sağlamaktadır. Ticari sistemlerde ise bu uzunluğun 8mm olduğunu belirtmişlerdir. Sıcaklık, nem gibi dış etkilerin kapasitif algılayıcıların duyarlılığını etkiledikleri bilinmektedir. İplikteki küçük boyutlu bozuklukların algılanabilmesi için algılayıcının duyarlılığının artırılması algılayıcının iplik aktarılırken karşılaştığı bozuk olmayan bölümleri algılayarak sürüklenmesine sebep olabilmektedir. Kapasitif algılayıcıların parazit sinyalleri ve radyo dalgalarından etkilendiği bilinmektedir. Bu nedenle yaptıkları çalışmada, kapasiteleri elektronik devreden yalıtım amacıyla ana devreden uzakta yerleştirmişler ve aynı zamanda kapasite plakalarını yalıtım durumunda kalmışlardır. Kapasitelerin algılama plakaları iplik akış yönünde 2mm ve akış yönüne dik doğrultuda 10mm uzunluğunda seçilmiştir. Dik doğrultudaki uzunluğu, ipliğin çapraz hareketlerini dikkate almak için büyük tutmuşlardır. Algılama plakaları 0.2mm kalınlığında ve topraklanmış levhalarla çevrelenerek parazit sinyallerine karşı korumuşlardır. İzolasyon, radyo dalgalarının, kapasite yakınındaki hareket eden cisimlerin, parazit sinyallerinin ölçmeye etkisini engellemek için gerçekleştirmişlerdir. Yalıtılmış levhalarla çevrelenmiş kısa yüzeyli algılama kapasitörünün algılama duyarlılığı, parazit sinyallerini topraklama görevi yapan diğer bir kapasitenin öncelikli görevi nedeniyle sınırlı kalmaktadır.

Francini ve Longobardi (1989), He-Ne lazer kullanarak aydınlattıkları farklı türdeki ipliklerden geçen ışınları, bir lensin odak düzlemine yönlendirmişler ve sinyal bölücü ile ikiye bölerek iki ayrı fotodiyot ile bu işaretleri toplamışlardır. Bölücüyü lens ile odak düzlemi arasına yerleştirmişlerdir. Fotodiyotların birisi çok dar bir yarıktan ışınları almaktadır. İpliğin hareket ettiği düzlemin normalindeki yarığın açıklık miktarını, iplikte kırılan ışınların oluşturduğu ışın diyagramında yer alan ana kulaktan fazla olmayacak şekilde seçerek tüylerin oluşturduğu yüksek frekans bileşenlerinin geçmesini engellenmişlerdir. Bu fotodiyotla ipliğin ana gövdesinin frekans bileşenlerini elde etmişlerdir. Dar bir yarıktan sinyalleri alan diğer fotodiyotla da, aydınlatılan iplikten geçen ışınlar ani değişimler gösterdiğinden ipliğin tüyelerinin oluşturduğu aydınlanma görüntüsünü elde etmişlerdir. Elde edilen sinyallerden ipliğin tüylülüğündeki değişim ve iplikte yer alan küçük düğümlerin varlığı hakkında

istatistiksel sonuçlar elde etmişlerdir. İplikte kalite kontrolü ve bozukluk denetimi yapan kapasitif yapıdaki cihazlarda, ipliğin yüksek frekans devresine bağlanmış kondansatör levhaları arasından geçmesinin zorunluluğunu ifade etmişlerdir. Tekstil malzemelerinin dielektrik sabitleri, üzerindeki tüylerden farklı olduğu için, ipliğin geçmesi, geçen kütlenin miktarına bağlı olarak kondansatör kapasitesini değiştirmektedir. Kapasitif sistemler, ortalama $100m/dak$ hızında ilerleyen ipliğin genel olarak düzgünlüğü hakkında bilgi verseler de tüylülük hakkında bilgi vermemektedir. Ortalama iplik hızının $300m/dak$ olduğu ve ışın kaynağı ile aydınlatılan iplikten geçen ışınların bir fotolemeana yönlendirildiği optik sistemler, tüylerin boyutu hakkında bilgi verebilmektedir. İpliğin iki ayrı uzay frekans bileşeni olduğunu belirtmişlerdir. Bunları; gövde kısmının frekans bileşeni olan φ_{0L} ve tüylerin oluşturduğu frekans bileşeni olan φ_{0H} ile sembolize etmişlerdir. İki ayrı fotodiyottan aldıkları sinyalin Fourier Dönüşümlerini elde ettiklerinde, f odak uzaklığı ve $k = 2\pi/\lambda$ olmak üzere ipliğin ana gövdesi ve tüyelerinin oluşturduğu iki farklı frekans dağılımı olduğunu belirtmişlerdir. Şekil 2.15'de kullandıkları deney düzeneği ve iplikten elde ettikleri fotosinyal görülmektedir.



Şekil 2.15. a) He-Ne lazer kullanılarak aydınlatılan iplikten geçen ışınların fotodiyotlarla işarete dönüştürülmesi, b) İplikten elde edilen fotosinyal (Francini ve Longobardi 1989).

Jackson ve ark. (1995), 1024 piksele sahip ve piksel boyutları $13\mu m \times 13\mu m$, piksel aralıkları $13\mu m$ olan CCD hat taramalı bir kamera kullanarak, bir ışın kaynağı ile

aydınlatılmış çeşitli türdeki hava jetli dokuma ile elde edilmiş iplikleri, hatalı büküm nedeniyle bozuk yapıda olan karmaşık görünümlü iplikleri ve doğal lifli iplikleri $0.1m/s$ hızında iplik akışı sağlayan mekanik bir sistem üzerinde incelemişlerdir. Kameradan elde edilen görüntüyü, görüntü işleme ve depolama devresi üzerinden işaret işleme algoritmalarının kullanıldığı bir bilgisayara aktarmışlardır. Kameranın görüntü elde etmesinde kullanılan parametrelerden alan derinliği, objektif açıklığı, ışık yoğunluğu ve görüntü büyütme katsayısının ters orantılı etkisini incelemişlerdir. Alan derinliği arttırıldığında ışık yoğunluğunun azaltılması görüntüyü netleştirmektedir. Açıklığın mümkün olduğu kadar azaltılarak piksellerin ihtiyaç duyacağı ışık miktarının azaltılması bu ters orantıyı sınırladığından ve artan ışık miktarının görüntü yoğunluğunu arttıramaması dikkate alındığında parametreler arasındaki uyuşma sağlanması için denemeler yapmışlardır. Sonuçta büyütme oranını 1:1, alan derinliğini $0.41mm$ ve odak uzaklığının açıklığa oranını ise $f/d = 7.8$ olarak belirlemişlerdir. Aydınlatma elemanı olarak $9V$ tungsten lamba kullanmışlardır. Aydınlatılan ipliğin önüne yerleştirdikleri aynanın açısını görüntü düzlemi ile 45^0 olacak şekilde seçmişler, böylece hem iplikten hem de aynadan alınan görüntüyü kamerada $13mm$ boyutunda bir görüntü şeklinde gözlemlemişlerdir. Kameradan alınan görüntüyü bir mikroişlemci ünitesi taşıyan görüntü değerlendirme sistemine aktarmışlardır. İşaret işleme algoritmaları kullanılmadan önce kameradan alınan görüntünün sayısal değerlere çevrilmesi gerekmektedir. Burada daha önce bölüm 2.1.2’de aktarıldığı gibi CCD kamera görüntüleri gri seviye değerlerine çevrilmektedir. Hızlı işlem süresi nedeniyle ikili kodlara dönüştürme yöntemini, gri seviye değerlerine çevirme işleminin yerine tercih etmişlerdir. Bir mikroişlemci ile kameradan alınan görüntüler 16 bitlik kelime değerlerine dönüştürüldükten sonra adres kod çözücü devre ile sayısal-analog dönüştürücüye ve 16 bitlik mandallama elemanına aktarılmıştır. Sayısal-analog dönüştürücü 8 bitlik olduğundan tek sayıdaki adresler bu elemana ve çift sayıdaki adresler de mandallama elemanına aktarılmıştır. IV değerinde doyuma ulaştırılan ve doğru akım değerlerine dönüştürülen kamera sinyallerinde yer alan gürültüler, birinci dereceden RC filtresi ile süzülmüştür. Yüksek hızda analog karşılaştırıcı ile kamera görüntü sinyali ile eşik seviye karşılaştırılması yapılmış ve çıkış değerleri $0 - 2.5V$ değerlerine çevrilmiştir. Fourier Dönüşümü ile ipliğin yapısını oluşturan ana gövde, tüylü kısımlar ve ışınların geçmesinin neden olduğu difüzyon bölgesi ayrı ayrı elde

etmişlerdir. İpliğin tüylülük parametresini belirlemede, her hat taramasında oluşan ve birbirinden kopmayan piksellerin oluşturduğu bölüm ipliğin ana gövdesi olarak ele alınmıştır (A_C). Gövdeden ayrılan ve çıkıntılı görünümüleri oluşturan pikselleri de tüylülüğü belirleyen bölüm olarak incelemiştir (A_H). Piksellerin tümünün oluşturduğu toplam alan A olmak üzere, tüylülük parametresini piksellerin dağılımına göre Bağıntı (2.10)'da ifade edildiği gibi tanımlamışlardır.

$$I = A / A_C \quad (2.10)$$

Üretim hızları göz önüne alındığında, kamera ile hat tarama hızı çok düşük kalmaktadır. İpliğin izlenebilmesi için hat tarama frekansının düşürülmesi gerekmektedir. Bu durum, hesaplanan tüylülük parametresinin gerçek değerinden az ölçülmesine neden olmaktadır.

Tsai ve Chu (1995 a), iplik kesitindeki düzensiz dağılım şekli ve homojen olmayan ışınların optik algılama sistemini etkilediğini bildirmişlerdir. Işın şiddetinde oluşan değişimlerin ölçme sistemine olan etkisini önlemek için ışınları yatay pozisyonlu dar bir yarığa aktarmışlar ve alan dengeleme metodu ile gerekli interpolasyonları kurarak iplik çapı ve düzgünlüğünü yüksek doğrulukla ölçebilecekleri bir sistem geliştirmişlerdir. Bildirdiklerine göre, İsviçre kaynaklı USTER düzgünlük kontrolü cihazlarında ve Japonya'da geliştirilen Keisokki sistemlerinde yer alan kapasitif algılayıcılar, geliştirilmesine ve yaygın şekilde kullanılmasına rağmen, nem ve sıcaklıktan etkilenen sistemler olması nedeniyle iplik bozukluklarının işlem içi algılanmasına uygun sistemler değildirler. Mikrodalga cihazları da nem ve sıcaklıktan etkilenmektedir. Kızılötesi bir LED'in aydınlattığı ışınları, üzerinde yatay yarık olan lens ile paralel hale getirmişler ve bu bölgeye $1mm$ çapında çelik tel yerleştirerek konveks yapıda bir lens ile ışınları toplamışlar ve gerilime dönüştürmek üzere fotoalıcıya aktarmışlardır. Kızılötesi LED'den yayılan ışın şiddetini birim katı açı ω olmak üzere Bağıntı (2.11)'deki gibi ifade etmişlerdir.

$$\Phi = \int I(\theta, \varphi) d\omega = \int_0^\varphi \int_0^\theta I(\theta, \varphi) \sin \theta d\theta d\varphi \quad (2.11)$$

Işın yoğunluğu, paralel ışın bölgesinde homojen olmadığından çelik tel bu alanda hareket ettiğinde, fotoalıcı farklı gerilim değerleri vermiştir. Lens üzerinde açılan

dikdörtgen kesitli yarığı $2\text{mm} \times 10\text{mm}$ seçmişlerdir. Bu yarığı yatay ekseninde 20 eşit parçaya bölmüşler ve böylece 0.5mm genişliğinde dilimler elde etmişlerdir. Çelik tel bu dilimlerin birinden diğerine kaydırılarak fotoalıcıdan alınan gerilimleri kaydetmişlerdir. Her bir aralık için elde edilen gerilim değerleri için, $(i + 1)$ 'inci ölçümde elde edilen gerilim değeri (i) 'inci ölçümde elde edilen gerilime eşit, her aralıkta ölçülen $(i + 1)$ 'inci gerilim ve (i) 'inci gerilim değerlerinin türevleri ve ikinci türevleri eşit olacak şekilde 3. dereceden interpolasyon oluşturmuşlardır. Yarıktan geçen ışınların homojen olması için yarığın dikdörtgen kesitli şeklinin, değiştirilmesi gerekmektedir. Uygun şekli ifade eden yarığın kesitini oluşturmak için çeşitli çapta çelik tellerin 20 eşit dilim içerisinde kaydırılarak ölçümünü yapmışlardır. Fotoalıcıdan alınan gerilim değerlerine göre üçüncü dereceden interpolasyon polinomu ile ifade ettikleri ışın yoğunluğu ifadelerinin yarığın ekseni boyunca grafiklerini elde ettiklerinde, ışın yoğunluğunun farklı olması nedeniyle fotoalıcıdan elde edilen çıkış değerlerinde % 8.3'lük yüksek varyasyon katsayısı ortaya çıkmıştır. Bu değişimi engellemek için alan dengeleme yöntemi ile yarığın ekseni boyunca yarığın açıklığının fotoalıcı çıkış değerlerini dengelemek üzere değiştirildiği bir yarığın modeli geliştirmişlerdir. Bu yarığın modeline göre, fotoalıcıdan alınan gerilim değerlerindeki varyasyonu %0.4 seviyesine indirmişlerdir. Işın yoğunluğunun homojen hale getirilmesini sağlayan bu işlemle ipliğin düzgünlüğünün doğru şekilde ölçülebileceği sonucunu belirtmişlerdir.

Tsai ve Chu (1995 b), iplikleri, birbirine dik ışınlar yayan iki ayrı kızılötesi LED ışınlarıyla aydınlatarak çaplarını ölçmek ve iplik düzgünlüğünü belirlemek üzere incelemişlerdir. Öncelikle dairesel kesitli olarak ele aldıkları ipliklerden geçen ışınları fotodiyotlar ile gerilim değerlerine çevirmişler ve alınan sonuçları ipliğin gerçek kesit şekli olan elips için uygunlaştırmışlardır. İplik düzgünlüğünü hesaplamak için, ipliğin kesitinden kaynaklanan şekil hata faktörünü belirlemişlerdir. Optik yöntemde ipliğin düzgünlüğünün hesaplanmasında, ipliğin kesitindeki düzensiz değişimler ve ipliği aydınlatan ışınların homojen olmayışı nedeniyle hataların ortaya çıktığını ifade etmişlerdir. Işın verici ile aydınlatılan ipliğin, aktarma işlemi sırasında dönerek hareket etmesinin, kesit dairesel kabul edildiğinde ölçüm hatalarına sebep olmadığını ve kesitin düzensiz şekilde olmasının ise geçen ışın miktarını etkileyerek sonuçların yanlış alınmasına sebep olduğunu açıklamışlardır. Gerçekte iplik kesitinin çokgenler oluşturan düzensiz şekilde yoğunlaşmaya eğilimli olduğunu ifade etmişlerdir. İpliğin dairesel

kesitli olması durumunda çapını, fotoalıcıdan alınan gerilime bağlı bir fonksiyon şeklinde ifade etmişlerdir. Eliptik kesitli ipliğin aydınlatılan yüzey alanı büyüklüğünü hesaplayabilmek için birbirine dik doğrultuda ışınlar yayan iki ayrı LED kullanmışlardır. Birbirine dik doğrultudaki düzlemlerde bulunan yüzey ifadelerinin toplamını, eliptik kesitli ipliğin aydınlatılan yüzey alanı şeklinde ifade etmişlerdir. İpliğin gerçek kesiti ve eliptik kesitli olması kabulünün yaratacağı hata faktörünü belirledikleri optik algılama sistemi ile elde edilen sinyalleri bir CCD kameraya aktarmışlar ve ipliklerin statik ve dinamik ölçümleriyle iplik çapını ölçen denemeler yapmışlardır.

Penava ve Orešković (1995), Hırvatistan'da geliştirilen, bilgisayarla veri iletişimi yapabilen ve iplik yapısında oluşan ince bölgeleri tespit edebilen bir kapasitif cihazla elektriksel sinyaller elde etmişlerdir. İpliğin kopma gücünü hesaplamada kullanılan optik algılayıcıda diğer bir üniteyi ise analog/sayısal dönüştürücü üzerinden bilgisayara bağlamışlardır. Optik üniteye bir ışın kaynağı ile aydınlatılan dar bir yarıktan ipliğin geçmesi sağlanmıştır. İplikte test edilen kopma gücü değeri araştırılırken bir kopma meydana geldiğinde fotoalıcı yüksek değerlerde ışın olarak kırılma noktasını belirlemektedir. İplik yapısında oluşan düzgün olmayan yapıların analizi için yazılım kodları üretmişlerdir ve bildirdiklerine göre Peng (1994) sistemin $\pm 1.3mm$ doğrulukla çalıştığını belirtmiştir. İplik kesitini incelemede örnekleme hızını $400Hz$ seçmişlerdir. İplikteki ince kısımların -40% , kalın kısımları $+50\%$ ve düğümleri $+280\%$ seviyesinde olduğunu belirlemişlerdir.

Mahmoudi ve Oxenham (2002), dönen silindirlerin arasına sıkıştırılmış ipliğin çapını mekanik olarak ölçebilen bir sistem geliştirmişlerdir. Bobinin beslediği iplik, birbirine dik iki ayrı silindir olan ölçme ve emme silindirleri arasına sıkıştırılmıştır. Ölçme silindirlerinin merkezine çapı $34mm$ olan silindirler iç silindir yerleştirilmiş ve yatay eksen üzerinde sabit bir hızla dönmesi sağlanmıştır. Ölçme silindirlerinin hareketi emme silindirlerinin hareketi ile beslenmiştir. Emme silindirinden ölçme silindirine hareketi aktaran bir manivela ile iki silindir birbirine bağlanmıştır. Silindirlerin hareketi bir motor tarafından sağlanmıştır. Ölçme silindiri bir manivela ile dengeleme manivelasına bağlanmıştır. Manivelanın diğer ucu serbestçe osilasyon yapabilmektedir. Manivela uzunluğu, ipliğin kalınlık değerinin katlarının elde edilebileceği bir kuvvetlendirme katsayısı sağlayacak uzunlukta seçilmiştir. Dengeleme manivelasının

ucunda bulunan lineer diferansiyel oluşturucu ile manivelanın yer değiştirmeleri ipliğin çapının değişimleri olarak elde edilmektedir. Birim uzunluk başına büküm miktarının değişik değerleri için iplik çapının ölüdüğü deneysel sonuçlar elde etmişler ve ölüm sonuçlarını optik ölme cihazlarından alınan sonuçlarla karşılaştırmışlardır.

Pinto ve ark. (2002), metrik kütle değerleri farklı olan pamuk iplikleri, 4mm aralıklarla kontrol edebilecekleri kapasitif bir algılayıcı geliştirmişler ve iplik çapındaki ortalama sapma ve varyasyon katsayılarını ölmüşlerdir. İnce noktaları ortalama çaptan %50 daha az, kalın noktaları ortalama çaptan %200 fazla ve düğümleri 1–4mm arasında belirlemişlerdir. Bildirdiklerine göre USTER I algılayıcı, 8mm eninde kapasitelerin kullanılmasıyla ipliği 8mm uzunluğunda parçalar halinde değerlendirmektedir. Tekstil pazarında 1mm boyutunda kapasite levhaları olmadığından 4mm eninde levhaları olan kapasiteleri kullanmışlardır. Elde ettikleri sinyallerin sinyal-gürültü oranı (SNR) ok düşüktür. Sinyalleri ikinci dereceden alçak geçiren filtreyle filtreleyerek gürültüden arındırmışlar, kuvvetlendirerek sayısal verilere dönüştürmüşler ve LabView yazılımlı bilgisayara aktarmışlardır. İpliklerdeki %U ve %CV oranlarını belirlemişler ve Forier Dönüşümü grafiklerini elde etmişlerdir.

İşiğin kırılması ile iplik çapı ve standart sapmasının ölümü ilk olarak 1959'da Onions tarafından ortaya atılmıştır (Anonim 2003). Onions, monokromatik ışınların dar bir yarığa yarık düzlemine dik şekilde yönlendirildiğinde ışın yoğunluğunu Bağıntı (2.12) ile ifade etmiştir.

$$I = A_0 d_w^2 \cdot (\sin^2 \beta / \beta^2) \quad (2.12)$$

Burada, A_0 sabit; d_w yarık genişliği; θ kırılma açısı, λ ışiğin dalga boyu ve $\beta = \frac{\pi d_w \sin \theta}{\lambda}$, dır. Yarık eksenine paralel liflerin üzerine gelen ışın şiddetinin, liflerin çapları ile orantılı olduğunu ifade eden Bağıntı (2.13) ile lif çapının hesaplanabileceğini ortaya koymuştur.

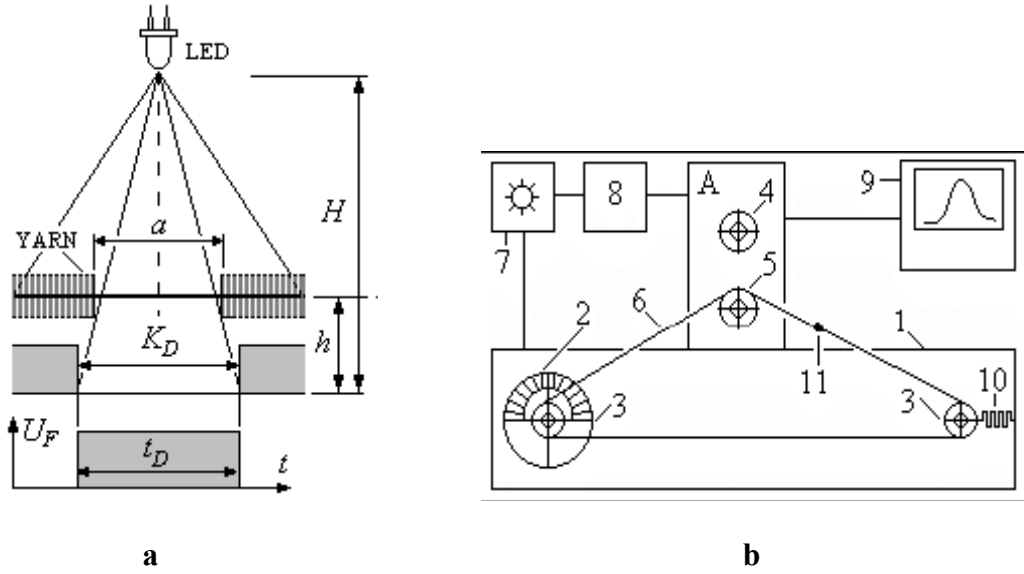
$$I_{T,\theta} = A_0 \int_0^\infty D^2 \left(\frac{\sin \beta}{\beta} \right)^2 \cdot \frac{N}{s\sqrt{2\pi}} \cdot \exp \left[-\frac{(D-\bar{D})^2}{2s^2} \right] dD \quad (2.13)$$

Bağıntı (2.13)'te, $I_{T,\theta}$, θ açısında gelen ışınların yoğunluğu; D , lif çapı; \bar{D} , ortalama lif çapı; s , çaptaki standart sapma ve N , örnekte yer alan lif sayısıdır. Bağıntı (2.13) basitleştirildiğinde (2.14) Bağıntısı elde edilmektedir.

$$I_{T,\theta} = \frac{\beta_0}{\phi^2} \left[1 - \cos \phi \cdot \exp \left[-\frac{(D-\bar{D})^2}{2s^2} \cdot \phi^2 \right] \right] \quad (2.14)$$

(2.14) Bağıntısında $\phi = \frac{2\pi\bar{D} \sin \theta}{\lambda}$ ve $\beta_0 = 2NA_0\bar{D}^2$ şeklindedir.

Musayev (2004), optik prensipte çalışan ve iplik hızından bağımsız olarak bozuklukların algılandığı, mikroişlemci kontrollü bir sistem geliştirmiştir. Çalışmasında iplikte oluşan bozuklukları dikdörtgen kesitli kabul etmiş ve ipliği kızılötesi LED ışınları ile aydınlatarak bozuk bölgeden geçen ışınları darbe işaretleri olarak elde etmiştir. Çalışmasında geniş açılı ışın yayan LED'in ışın şiddetinin, iplikteki bozuk kısımlardan geçtiğini ve bunun dışındaki bozukluk taşımayan iplik bölgelerinin içinden ışın geçmeyecek kadar az seçildiğini ifade etmiştir. Bir fototranzistör ile bozuk bölgelerden geçen darbe işaretlerini elde etmiştir. İpliğin gerçek bozukluk boyutu ile fotoalıcıdan algılanan bozukluk boyutu arasındaki farkın, iplik-fotoalıcı ve iplik-ışın verici uzaklıklarına ve dolaylı olarak ışın verici-fotoalıcı uzaklıklarına bağlı olduğunu göstermiştir. Işın verici-fotoalıcı uzaklığının artmasının, gerçek bozukluk boyutu ile algılanan bozukluk boyutu arasındaki farkın azalmasına neden olduğunu göstermiştir. Şekil 2.16'da, ışın verici ile aydınlatılan iplik ve bir motor ile hızı kontrol edilen ipliğin bozukluk işaretlerinin elde edildiği deney düzeneği verilmiştir.



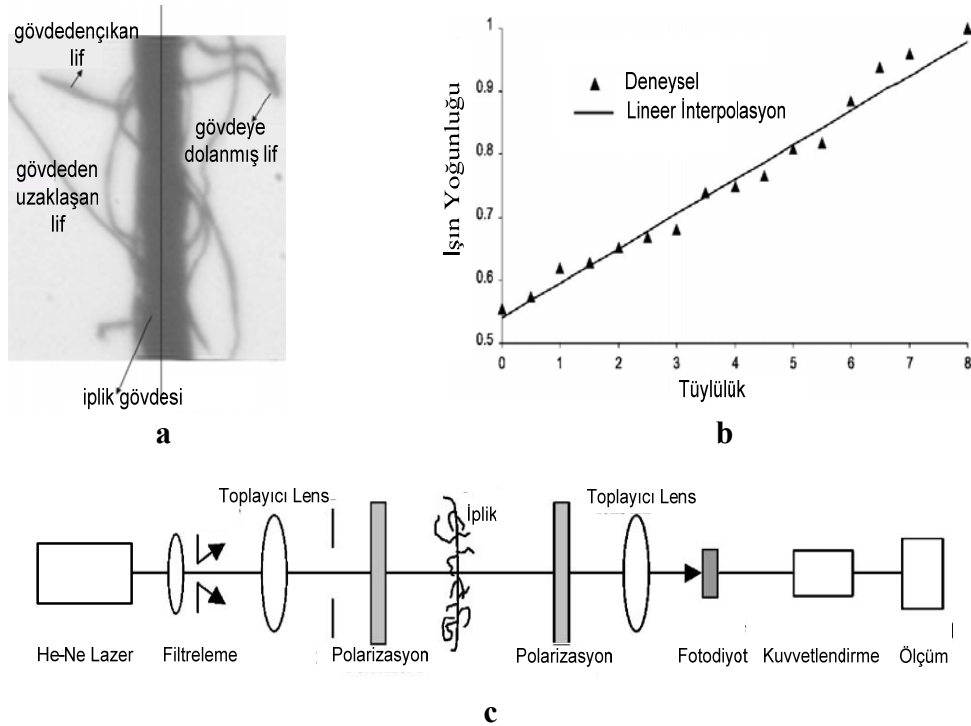
Şekil 2.16. a) Sistem boyutlarının algılanan iplik bozukluk boyutuna etkisi, b) Bozukluk algılayıcı deney düzeneği (Musayev 2004).

Çalışmada, ışın vericinin ışın şiddeti, fotoalıcıda doyum yaratmayacak şekilde seçilmiştir. İplik optik sistemde sabit hızda harekete başladığında, zaman işaretleri osiloskopta izlenmiş ve ipliğin hızı, iplikteki bozuk bölge fotoalıcıdan iki kez geçtiğinde bozukluk darbe işaretlerinin arasındaki süre dikkate alınarak hesaplanmıştır. İplikte oluşabilecek değişik türlerde bozukluk modelleri için zaman işaretlerini elde etmiş ve zaman diyagramlarını açıklamıştır. Çıkış işaretleri bir mikroişlemciye aktarılmış ve referans bozukluk boyutu ile iplikteki bozukluk boyutu karşılaştırılarak istenen derecede büyükse makasa kesme işareti gönderilmiştir. $1mm$ ve $5mm$ boyutunda iki ayrı bozukluk için, iplik hızının, algılanan bozukluk işareti darbesi sürelerine göre değişimini ifade eden grafikleri elde etmiştir.

Anand ve ark. (2005), $10mW$ gücünde ve $632.8nm$ dalga boyunda He-Ne lazer ile aydınlattıkları ipliklerin tüylülüklerini (2) ölçmek amacıyla polarize lenslerin kullanıldığı optik bir sistem geliştirmişlerdir. İplikten saçılan ışınların, iplik eksenine paralel olan düzleme dağılan bölümünü ipliğin tüylülük parametresini belirlemede

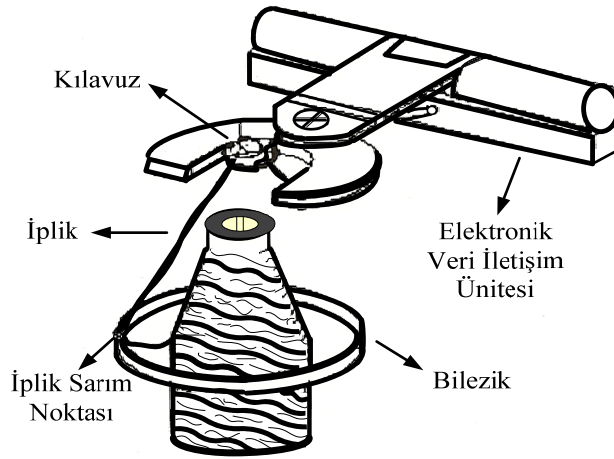
(2) Tüylülük, ana iplik gövdesinden taşan ipliklerin uzunlukları toplamının birim uzunluktaki miktarıdır. Tekstilde genelde cm birim uzunluk değeri olarak alınır (Anand ve ark. 2005).

kullanmışlardır. İplik gövdesinden çıkıntı yapan lifleri santimetre boyutlu olarak ele almışlar ve lazerden gelen ışınları bir lens ile toplamışlardır. Tüylülük derecesinin ölçülmesinde kullanılacak birim uzunluk 1cm olduğundan toplanan ışınlar bu boyuttaki dikdörtgen kesitli bir yarıktan geçirilmiştir. Lineer bir polarize edici ile tek doğrultuda yayılan ışınlar elde edilmiştir ve bu ışınlar iplik üzerine yönlendirilmiştir. İplikten geçen polarize olan ve polarize olmayan ışınlar, (polarize edici ile polarizasyon düzlemi dik doğrultuda olacak şekilde) diğer bir lineer polarize ediciden geçirilmiştir. Bir lens ile toplanan ışınlar fotodiyot ile algılanmıştır. Fotodiyota gelen ve polarize olmayan ışınlar, ipliğin tüylülüğünün bir ekran üzerindeki yayılan doğrultusu (yatay) ile aynı doğrultuda olan saçılan ışınlar olduğundan tüylülük hakkında bilgi vermektedir. Elde edilen fotoalıcı değerleri gerilime dönüştürülmüş saçılan ışın değerleri olduğundan, tüylülük değişiminin ışın yoğunluğuna göre normalize grafikleri elde edilmiştir. Şekil 2.17’de, iplik gövdesinden dışarıya uzanan lifler, ışın yoğunluğuna göre elde edilen tüylülük değerlerini gösteren grafik ve tüylülük ölçümü için geliştirilen deney düzeneği verilmiştir.



Şekil 2.17. a) İplik gövdesinden dışarıya uzanan lifler, **b)** Işın yoğunluğuna göre tüylülük katsayılarını gösteren grafik, **c)** Tüylülük ölçümünde kullanılan deney düzeneği (Anand ve ark. 2005).

Günümüzde iplik sinyallerinin spektrogramlara dönüştürülerek üretim özelliklerinin incelendiği uzman sistemler bulunmaktadır. Ring eğirme makinesinde oluşum bölgesini terk eden ipliğin, bilezik üzerine yerleştirilen optik algılayıcı ile çap ölçümü gerçekleştirdiği algılayıcılar da bulunmaktadır. İşlem içi algılayıcılar, diğer sistemler gibi bilgisayar bağlantılıdır. Üretim verimine ait bilgilerin bir çıktı ile elde edildiği Opti Spin algılayıcılara ait şematik gösterim Şekil 2.18’de görülmektedir. Bu algılayıcılar kılavuzdan bileziğe sağılan ipliğin ışın verici ve fotoalıcı arasından geçmesi esnasında, ipliğin salınımlarını gözlemektedir. Işın, ipliğin bobinlere dolanması esnasında kesilmektedir. İki ayrı ışın kesilme süresi arasındaki zaman bilgisayar tarafından hesaplanmakta ve ipliğin bobine dolanma hızı hesaplanmaktadır. İkinci bir bağlantı ile iplik yüzeyinden geçen ışınların şiddetine bağlı olan iplik çapı ölçülmektedir. Elektrotlar arasından geçen ipliğin oluşturacağı dielektrik sabiti değişimlerinin incelenmesiyle iplik yapısına karışmış yabancı lifleri (polipropilen, polietilen, poliamid) tespit edebilen kapasitif algılayıcı sistemler de günümüz tekstil sektörünün kullanım alanında yer almaktadır.



Şekil 2.18. Bilezik çeperinde yer alan optik algılayıcı ile bobinlere sarılma hızı ve iplik çapının ölçüldüğü BARCO firmasının OptiSpin algılayıcı ünitesi.

Literatür araştırması, iplik düzgünlüğünün birçok farklı metotla incelendiğini göstermektedir. Günümüzde, güvenilirliği yüksek ve üretim şartlarına uyumlu hale getirilmiş optik ve kapasitif algılayıcılar bu amaç için tekstil sektöründeki yerlerini

almıştırlar. Işık miktarındaki artışa göre bir fotosel ile ipliğin çapının düzgünlüğünün ölçülmesi ilk yöntemlerden birisidir ve fotosel ölçümleri, bilinen tellerin çapının kullanılmasıyla kalibre edilmektedir (Özkaya ve ark. 2005). 2mm çözünürlükle iplik çapını inceleyen Zweigle G580 ve 1mm çözünürlükle iplik çapı ölçen Premier 7000 gibi optik algılayıcılar bu prensip için geliştirilmişlerdir (Özkaya ve ark. 2005). İplik çapının görüntü büyüten mikroskop veya görüntü büyüten lensler ile gölgesinin bir ekran üzerinden belirlendiği doğrudan ölçüm yöntemleri monoton yapısı nedeniyle ilgi görmemektedir (Özkaya ve ark. 2005). Tsai ve Chu'nun (1995 a, 1995 b) homojen olmayan ışın yoğunluğunu gidermek adına alan dengeleme metodu ile ipliğin yerleştirildiği açıklığı, ışınların şiddetinin yüksek olduğu bölgelerde azaltan, ışınların şiddetinin düşük olduğu bölgede arttıran model, optik ölçüm metodunun homojen olmayan ışın yoğunluğu dezavantajını ortadan kaldırmaktadır. CCD kamera görüntülerinin sayısal verilere dönüştürüldüğü ölçüm metodunda, uygulanan işaret işleme metotları karmaşık ve zaman alıcıdır. Hat tarama hızının ipliğin üretim hızına göre düşük kalması nedeniyle düşük tarama frekanslarında elde edilen görüntünün bulanıklaşması, iplik çapının olduğundan az ölçülmesine neden olmaktadır. Radyo dalgalarından etkilenen ve düşük SNR oranı nedeniyle filtreleme tekniklerine gerek duyulan kapasitif algılayıcıların kütleli değişimleri gösteren sonuçlarına karşılık optik ölçüm, çaptaki değişimlerin ölçülebilmesini sağlamaktadır.

2.2. Chenille İpliği ve Üretim Özellikleri

Bu bölümde, Chenille ipliğinin yapısı ve üretim özellikleri hakkında bilgi verilerek iplikte görülen bozuklukların ipliğin yapısından ve üretim aşamasında kullanılan makine parametrelerinden kaynaklandığı açıklanmıştır.

2.2.1. Chenille ipliğinin yapısı

Fantezi iplik grubunda yer alan Chenille ipliği, özgün yapıları, estetik görünüşleri ve kadife benzeri yumuşaklık hissi vermeleri nedeniyle birçok ev tekstili ve giyim malzemesinde kullanım alanı bulmaktadır. Günümüzde iplik ticari üretim hedeflerinin en başında yapı ve renk bakımından uniform özellikte iplik üretimi gelmektedir. Yüzyıllar boyunca teknik araştırmalar, ipliğin mükemmelliğini ifade eden, renk ve yapısal düzgünlük, düzenli çap parametrelerinin elde edilmesi için kaynaklarını

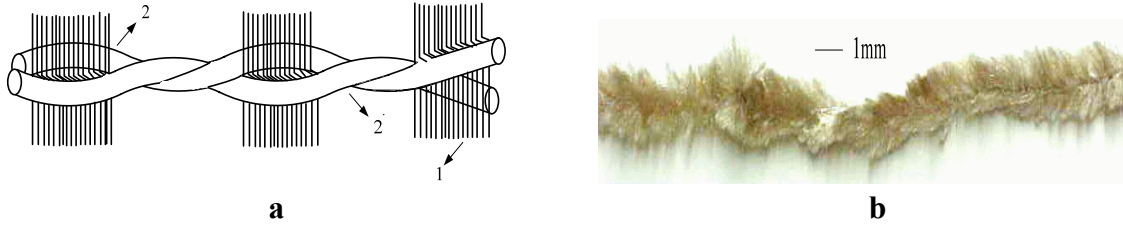
kullanmıştır. Tasarımcıların, göze hoş görünen kumaşların elde edilmesinde kusurlu kabul edilen iplik formlarının kullanımının değişik bir etki yarattığını fark etmeleri fantezi ipliklerin doğmasına neden olmuştur. Bunun sonucunda, ‘planlı kusurlar’ a sahip iplik türlerinin üretim yolları ve bu tür ipliklerin kullanıldığı kumaşlarda göze hoş gelen değişimlerin elde edilmesi dikkate alınmaya başlamıştır. Özel bir sınıfta yer alan bu tür ipliklere fantezi iplik denilmektedir (Gong ve Wright 2002). Fantezi iplikler, ipliğin yapısal özelliklerinin yanında estetik görünüm elde etmek için değişik özelliklerde üretilen ipliklerdir. Fantezi iplikler ipliğin özelliklerini belirleyen şekil, renk, hammadde gibi parametrelerle değişen ve kumaş bitim işleminde estetik görünüm sağlayan ipliklerdir (Gong ve Wright 2002). Fantezi iplikler ipliğin çapında, renginde ve yapısında kasıtlı olarak meydana getirilen düzensizlikleri yapısında barındıran ipliklerdir (Testore ve Minero 1988). Meadwell (2004) ise bu iplikleri, tesadüfi ve periyodik olarak dağılan gayri muntazamlıkları yapısında bulunduran iplikler şeklinde tanımlamaktadır.

Chenille ipliği, fantezi iplikler arasında bilinen en eski ipliklerden birisidir (Gong ve Wright 2002). Chenille kelimesi Fransızca’dan gelen ‘tüylü tırtıl’ anlamına gelmektedir (Anonim 2001). Görünümlerindeki değişik yapı nedeniyle Chenille ipliğinin günümüzde artan siparişlerle üretimi gerçekleştirilmektedir. Yumuşak olmaları, dokuma ürünlerinde sergiledikleri kaliteli ve değişken görünüm özellikleri Chenille ipliğine olan ilgiyi arttırmıştır. Perdelik kumaşlar, halılar, battaniyeler, örme kazaklar, araba döşemeleri, mobilya ve dekorasyon ürünlerinin Chenille ipliği ile üretimi yapılmaktadır. İlk olarak 1800’lü yılların son çeyreğinde üretimi yapılan Chenille ipliği, üretimini hızla gerçekleştirecek makinelerin olmaması nedeniyle yumuşak atkı (efekt) ipliklerinin çözüğü (öz iplik) ipliklerine kumaş dokuma esasına göre belirli aralıklarla örülmesi esasına dayanmakta idi. 3 – 7mm aralıklarla yerleştirilen atkı ve çözüğü iplikleri dokuma işlemi sonrası kesilerek Chenille ipliği elde edilmekteydi. Günümüzde bu tip Chenille ipliği üretimini modern makinelere bırakmıştır.

Chenille ipliği, yapısında iki ayrı bölüm bulunan fantezi ipliklerdir. Üretimini gerçekleştirmede kullanılan iplikler

- a) Kilit (temel, çekirdek) iplik,
- b) Hav (efekt) ipliği

şeklinde. Şekil 2.19’da Chenille ipliğini oluşturan ipliklerin şematik gösterimi ve ipliğe ait gerçek görünümün fotoğrafı verilmiştir.



Şekil 2.19. a) Chenille ipliğinin yapısını oluşturan iplikler, **b)** Chenille ipliğinin fotoğrafı (1, hav ipliği; 2, kilit iplikler).

Chenille ipliğinin mukavemetini sağlayan kilit (temel) ipliği, iki ayrı ipin birbirine helezonik şekilde sarılması ile oluşur ve kilit ipliklerinin arasına yumuşak özellikteki kesilmiş liflerin veya yumuşak yapıdaki bir ipliğin kesilmesi ile elde edilen liflerin sıkıştırılması ile hav (efekt) iplikleri elde edilir. Kısa liflere hav (efekt), yüksek bükümle gerilimi artmış olan ve bu gerilimle havları sıkıştıran yüksek bükümlü ipliklere ise kilit (temel) iplik denilmektedir. Sıkıştırma işlemi, istenilen hav sıklığı ve iplik standardını belirleyen metrik numarasının (3) elde edilebileceği iplik büküm makinelerinde yapılmaktadır. Chenille ipliğinin hav yönü, hav oluşumunun tam olarak gerçekleşmesi ve havların sarıldığı kilit ipliklerinin gerilimi, ipliğin bozuk yapıda görünüm vermemesi için üretimde önem verilmesi gereken unsurlardır.

Chenille ipliğinin bölümleri:

Kilit (temel) iplik

Kilit ipliği, yüksek bükümü nedeniyle gerilen iki ayrı özdeş ipliklidir. Birbirine helezonik şekilde dolanan bu iplikler, polyester, akrilik, pamuk, yün, viskon ve poliamid kökenli hammaddeler ile üretilmektedir. Bu hammaddeler insan yapısı işlemler sonucu elde edilebildiği gibi doğal malzemeler de olabilmektedir. İplik kütlesinin %25 – 30 kadarını kilit iplikler oluşturmaktadır.

(3)Metrik numara tekstil ipliklerinin metrik sınıflandırılmasını sağlayan bir tekstil terimidir. 1gr ağırlığındaki ipliğin uzunluğunu ifade etmektedir (m/g).Metrik numaranın sembolü Nm ile gösterilir.

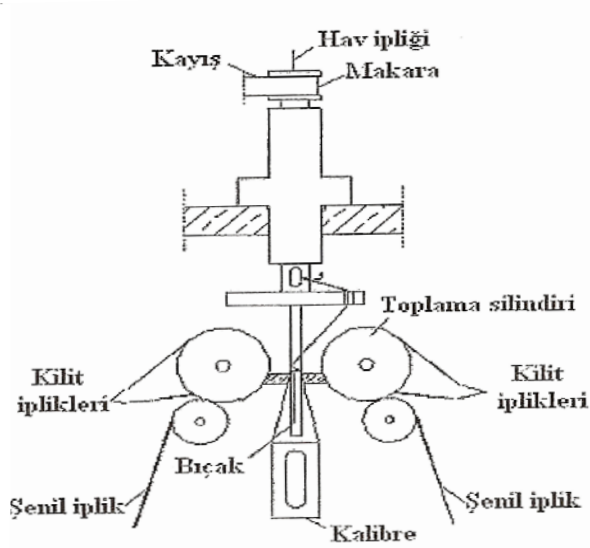
Hav (efekt) ipliği

İpliğin yumuşak yapısını ve kelime anlamına uygun tırtıl benzeri estetik şeklini veren bölümdür. Hav iplikleri, çok kısa boylarda bükülmüş liflerin bir araya gelmesinden veya yumuşak bükümlü ipliğin kesilmesi ile oluşan liflerin birleşimi ile oluşturulmaktadır. Çalışma konusu olan iplik bozuklukları, hav ipliklerinin düzensiz dağılımından, incelmesinden, kalınlaşmasından, kilit ipliklerini açığa çıkaracak şekilde iplik yapısından koparak ipliğin homojenliğini bozmasından, aşınarak ezilmiş veya hav dağılımının görünümünün genel yapısını bozacak derecede lif dizilişini terk etmesinden kaynaklanmaktadır. Hav ipliklerinin belirli bir düzende birbirine sarılan kilit ipliklerinin arasından uzaklaşması, makinenin belirli bir tur sayısı ile belirlenen hav düzeni ve kilit ipliği büküm düzenini bozarak ipliğin mukavemetini düşürmektedir. Chenille ipliğinde sıkça rastlanan bu tür bozuk yapıların nedeni, hav ipliklerinin sağlam olmayışı ve iplik yapısına kilit ipliklerinin gerilimi ile belirlendiği sağamlıkta tutunmalarıdır. Kilit ipliklerinin bükümündeki düzenin bozulması kilit ipliklerini gevşetmekte ve kilit ipliklerinin birbirine sarıldığı boşluklara yerleştirilen hav ipliklerinin dağılmasına neden olmaktadır. Hav iplikleri tüm iplik kütesinin %70 – 75 'ini oluşturmaktadır.

2.2.2. Chenille ipliğinin üretim özellikleri

Chenille ipliğini diğer tekstil ipliklerinden ayıran en önemli özelliği tüylü yapısıdır. Tüylü yapıyı veren havlar, makinede önceden belirlenmiş bir uzunlukta kesilen liflerdir. Kesilen havların sabit bir düzende tutunabilmesi için büküm verilen kilit ipliklerinin arasına sıkıştırma işlemi çağlık besleme mekanizmasına sahip makinelerde gerçekteştirilir. Kilit ve hav iplikleri, çağlıktan beslenerek Chenille ipliğini oluşturmak üzere bir araya gelirler ve diğer ipliklerin üretim prensibinin aynısı olan bir ring büküm sarım mekanizması ile bobinlere sarılırlar (Gong ve Wright 2002). Bir tek makinede iki ayrı Chenille ipliğinin üretimini gerçekteştiren bu yöntemde, hav iplikleri küçük parçalara bölme işlemini gerçekteştirecek olan kesici bıçak mekanizmasına yönlendirilmek üzere tabana doğru daralan üçgen kesitli kalibre etrafına sarılmaktadırlar. Kalibre hav ipliklerinin bıçağa akışını yönlendirmektedir. Kalibrenin taban alanının genişliği Chenille ipliğinin hav uzunluğunu belirleyecek olan hav derinliğini belirlemektedir. Bıçağın her iki tarafında yer alan iplikler tek veya çift katlı olabilmektedir. Kilit ipliklerden bir tanesi toplama silindirinden geçerken diğeri

yardımcı silindir tarafından yönlendirilmektedir. Toplama silindiri, yardımcı silindir ile birleşecek şekilde kalibreye baskı uygulamaktadır. Bu işlem ile iki ayrı kilit ipliği, hav ipliklerinin liflerini iplik eksenine göre dik açılarda sabitleyecek şekilde bir araya gelir. Ring iğ mekanizması ile kilit iplikler beraberce bükülür (Çeven ve Özdemir 2004). Şekil 2.20’de bu prensipte üretim gerçekleştiren Chenille iplik makinesinin şematik gösterimi verilmiştir

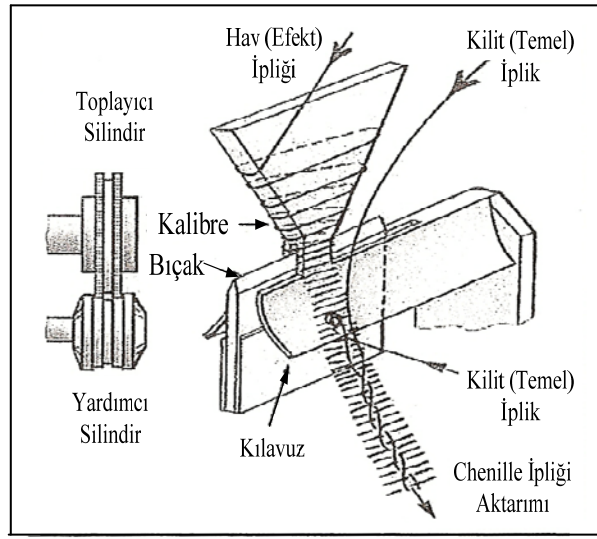


Şekil 2.20. Chenille ipliğinin üretiminin sembolik gösterimi (Çeven ve Özdemir 2004).

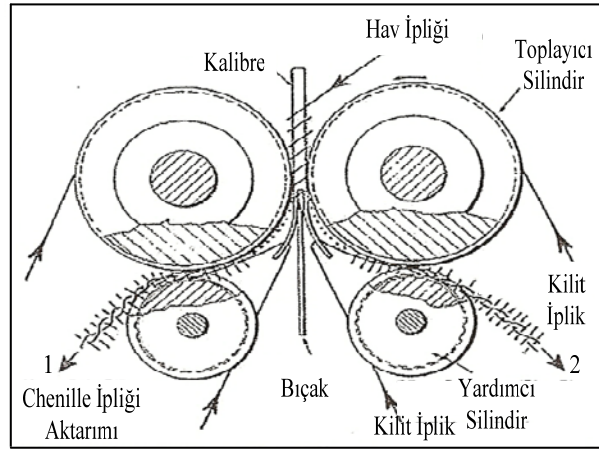
Chenille ipliği makinesindeki başlığa dört ayrı kilit iplik ve havları oluşturacak iki ayrı iplik beslenmektedir. Başlık mekanizması, Chenille ipliğinin oluşum bölgesini teşkil eder. Kilit ipliklerinin başlık mekanizmasına sağılma hızı, hav ipliklerin sağılma hızından daha yavaştır. Başka bir deyişle başlık mekanizmasına birim sürede gelen hav ipliklerinin uzunluğu kilit ipliklerinden daha fazladır. İplikler, mekanizmaya cağılıktan sağılırken gerilimlerinin sabitleneceği gerilim ayarlayıcı makaralardan ve iplik kılavuzlarından geçerler. Kilit iplikler başlık mekanizmasında toplama silindirlerine sarılırlar. Başlıkta ‘Z’(saat yönünde) veya ‘S’(saat yönünün tersinde) yönünde hareket edebilen ve $8000 - 18000 d / dak$ hızla dönebilen döner mekanizma, kılavuz ve gerilim düzenleyici makaralardan akan hav ipliklerini karşılar. Döner başlıkta yüksek devirlerde dönen makaralara sarılan hav iplikleri, kesici bıçak ünitesinin $1 - 1.5mm$ üzerinde yer alan ve kalibre denilen metal gövdeye sarılırlar. Kalibrenin baş kısmının altındaki

düzlemin sağ ve solunda bulunan iki silindirik boşluktan iki ayrı kilit ipliği akmaktadır. Kalibrenin altında yer alan döner bıçak, kalibrenin metal gövdesine yüksek hızlarda sarılan hav ipliğini tam kesitinden ortalayarak ikiye keser. Toplama ve yardımcı silindirlerden geçen ve iplik kılavuzu ile yönlendirilen kilit iplikleri yüksek büküm oranı verilerek birbirlerine sarılırken iki ayrı parçaya bölünen hav iplikleri kilit ipliklerinin birbirine sarıldığı yüzeylere tutunmaya başlarlar. Kilit ipliklerinin kenetlenme yüzeyleri arasına kaydırılan hav iplikleri bir düzen oluşturacak şekilde kilit iplikleri arasında sıralanmaya başlarlar. Kalibredeki silindirik boşluklardan inen kilit iplikleri belirli bir açı verilerek büküm miktarı ayarlanmaktadır. Toplama silindirinin görevi, kilit ipliğini hav iplikleri ile birleşeceği bölgeye taşımaktır. Yardımcı silindir toplama silindirinin altında yer alır ve toplama silindiri ile senkronize dönerek kilit ipliğini baskılamaktadır. Hav ipliği kilit ipliklerin arasına aktarıldığında, büküm verilen kilit iplikleri arasındaki boşluklar sıkıca kapanır. Silindirik boşluklardan akan kilit ipliklerinin hızı ile hav ipliklerinin akış hızı farklıdır ve hav sıklığını ifade eden hav ipliği akış hızı ipliğin numarasını belirleyecektir. Hav iplik hızının değişmesi kilit iplikleri arasına kesilerek sürülen hav ipliklerinin sıklığını ifade eder. Chenille oluşum bölgesini terk eden iplik kılavuzlar vasıtasıyla bilezik üzerinde dönen kopçaya ulaşır. Kopça ve bilezik arasındaki sıkışma etkisiyle büküm alan iplik kopslara sarılır.

Sözü edilen bıçak Chenille iplik makinelerinde iki ayrı türde olabilir. Bunlar jilet şeklinde ileri geri hareket eden düzlemsel bıçak ve dairesel dönme yapan döner bıçaktır. Bıçakların ipliği uzun süre kesmesi körelmelerine ve hav ipliklerini sağlıklı kesememelerine neden olmaktadır. Uzun süre çalışan makinelerde bu sorunun giderilmesi için bıçak bileme işlemi yapılmaktadır. Günümüzde daha çok döner bıçaklı modern Chenille iplik üretim makineleri kullanılmaktadır. Aynı zamanda kesme işlemi, kalibre üzerinde gerçekleştiğinden zamanla hav iplik çapını ve dolayısı ile iplik numarasını belirleyen kalibre gövdesi aşınmaktadır. Bıçakla kalibre arasındaki temas uzaklığı üretim süresince sabit tutulmalıdır. Bıçak kalibrenin iki ucu arasına yaklaşık 0.5–3mm kadar girmektedir. İplikte meydana gelen bozuklukların görülmesinde, kalibre aşınması, bıçak körelmesi, bıçak-kalibre mesafesinin değişimi önemlidir. Şekil 2.21’de Chenille ipliği oluşumunun kesit ve yan görünüşleri verilmiştir.



a



b

Şekil 2.21. Chenille ipliği üretiminin kesit görünüşleri **a)** kalibre gösterimi, **b)** silindir gösterimi (Gong ve Wright 2002).

Bıçağın kalibre boşluğuna eşit süre ve mesafelerde girmemesi, iplik görünümünde hemen göze çarpan bozuklukların oluşmasına ve iplik kalın olduğundan görünümdeki bozukluğun üründe göze çarpmasına neden olmaktadır. Hav ipliklerinin dağılımındaki düzenli yapı, bıçak kesme süresi ve kalibre boşluğuna girme süresi ile bağlantılıdır. Bu dengenin bozulması iki iğden birisinde kalın, diğerinde ince Chenille ipliği üretimiyle sonuçlanarak hedeflenen iplik numarasının elde edilememesine neden olacaktır. Silindirlerin dönmesinin sağlıklı olup olmadığı, bıçağın kalibreye eşit zamanlarda ve uygun mesafelerde girip girmediği, havların kesilmesinin kolayca gerçekleşip gerçekleşmediği uzun süren ve gürültülü üretim işlemi sırasında sürekli gözlenememektedir. İpliğin üretim sonrasında bozuk bölgelerinin tespit edilerek bu

bölümlerin otomatik algılayıcılarla kesilmesi ve düzgün yapısının denetimini yapacak cihazlarla kalite kontrolünün yapılmasının vazgeçilmez olması anlamına gelmektedir. Şekil 2.22’de bir Chenille iplik üretim makinesinin ön ve yan görünümü ile Chenille iplik oluşum bölgesi görülmektedir. Şekil 2.23’de beş ayrı Chenille makinesinden elde edilen 10 adet Chenille ipliğinin kopslara sarılması görülmektedir.

**a****b**

Şekil 2.22. Chenille iplik üretim makinesi ve ipliğin oluşum bölgesi **a)** öngörünüm, **b)** yan görünüm.

Chenille ipliği, numarası 1 ile 12Nm değerleri arasında değişen metrik ölçülerde üretilmektedir. İpliğin yapısını oluşturan hav ve kilit ipliklerinin numarası ipliğin genel metrik numarasını etkilemektedir. Kilit ipliklerinin birbirine sarılma sıklığını belirleyen büküm miktarının artması, hav ipliklerinin kilit ipliklerinden kurtulmasını önleyeceğinden iplikte bozuk bölümlerin oluşması ihtimalini azaltmaktadır.



Şekil 2.23. Beş ayrı Chenille iplik üretim makinesinden elde edilen on adet Chenille ipliğinin üretim sonrası kopslara sarılması.

Chenille ipliğinin üretim sonrası gördüğü işlemler

Aktarma işlemi

Chenille ipliğinin kopslardan paketleneyeceği bobinlere sarılmasında aktarma makineleri kullanılmaktadır. Aktarma işlemi sırasında makineye entegre edilen bilgisayar kontrollü bozukluk dedektörleri ile üretim sırasında meydana gelen incelik ve kalınlık farkları, yapısal bozukluklar (havları kilit ipliklerinin büküm boşluklarından kurtularak dökülmüş kısımlar) giderilir (Çeven 2002). Aktarma makinelerinde kopstan çapraz bobinlere sarılan iplik, patentli özel bilgisayar kontrollü algılayıcılar ile kalite kontrol işlemine tabi tutulur. Iteco firmasının ürettiği elektronik algılayıcı ve USTER iplik düzgünlük sistemlerinde, iplikte belirlenen bozukluk boyutu toleransı genellikle minimum $3mm$ seçilerek bilgisayara girilmektedir. İplik üzerinde $3mm$ veya daha fazla havsız kalmış ve kilit iplikleri ortaya çıkmış bölümler bu algılayıcılar ile yakalanmakta ve bıçak mekanizmasına gönderilen sinyal ile bu bölümler kesilmektedir. İplik kesildiği noktadan genellikle kilit ipliklerinin birbirine bağlanması yöntemi ile birleştirilerek aktarma işlemine devam edilir. Bir Chenille iplik fabrikasının algılayıcıların kesmesi nedeniyle tekrar bağlanan iplikteki düğüm sayısının kops başına sayısı ne kadar az ise üretimin o derece başarılı olduğu söylenebilir. Aktarma işlemi sırasında ipliğin bozukluk kontrolünü yapan ve düzgünlük katsayısı ile değişim katsayılarını bilgisayar kontrollü veri iletişimi ile hesaplayan geliştirilmiş algılayıcı sistemler bulunmaktadır.

Bu sistemler, üretim esnasında oluşum bölgesinden sağılan ipliğin kılavuzlara aktarıldığı sehpadaki bilezik yüzeyine entegre edilen ve üretimle eşzamanlı olan işlem içi sistemler olabildiği gibi oluşum bölgesini terk eden ipliğin bobinlere sarıldıktan sonra ayrı bir aktarma işlemi sırasında kalite kontrol denetimi uygulandığı üretim sonrası ‘işlem dışı’ sistemler olarak kullanılabilir. Şekil 2.24’de üretimi tamamlanmış Chenille ipliklerinin kopslardan çapraz bobinlere aktarılması sırasında üretim esnasında ortaya çıkan bozuklukların, bilgisayar kontrollü kapasitif algılayıcı ile denetlenmesi görülmektedir.



Şekil 2.24. Üretimi tamamlanan Chenille ipliğinin kopslardan çapraz bobinlere aktarılması esnasında bilgisayar kontrollü kapasitif algılayıcı ile denetlenmesi.

Efekt ipliklerinin stabil hale getirilmesi

Chenille ipliğinin üretimi sonrası efekt ipliklerinin belirli bir yön izleyerek ipliği takip ettiği görülmektedir. İpliğin algılayıcı ile kalite kontrolünün yapıldığı aktarılma işlemi esnasında hav iplikleri yön değiştirmektedir. Bu değişim, iplikle üretilen kumaş yüzeylerinde çizgili görünüm oluşmasına neden olmaktadır. Aynı şekilde kumaş yüzeyi üzerinde değişik yansımalar nedeniyle dalgalı görünüm meydana gelmektedir. İpliğin üretildiği orijinal hav yönünde bobinlere sarılması önem taşımaktadır. Bu

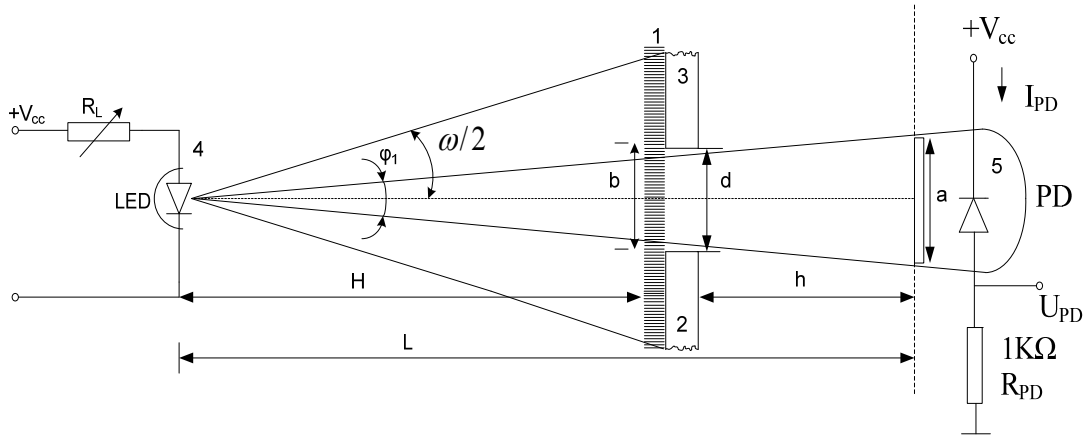
nedenle bozukluk kontrolü yapılan iplik orijinal hav yönünü koruması için tekrar aktarılmaktadır.

Üretiminden sonra bobinlere sarılan ipliğin bükümünü koruması için buharlama işlemi yapılmaktadır. Bu işlemle bobinlerden alınan iplikteki eğilme ve sarmal dönme eğilimleri azaltılmaktadır. Bu işlem aynı zamanda bobinlerdeki ipliğin gevşemesini önleyerek düzenli hav yönü dağılımının korunmasını sağlamaktadır. İplikte düzenli bir kalınlık değerinin korunması için de buharlama işlemi yapılmaktadır. Optik algılayıcılarda bozukluğun görülmediği ve iplik çapının standartlarda değiştiği Chenille ipliği buharlama işleminden geçirilmezse boyut değişimleri gösterebilmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

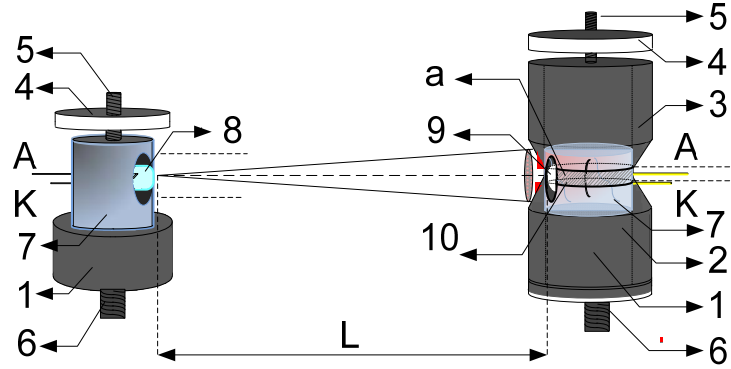
3.1. Deney Düzeneginin Gelistirilmesi

Chenille iplikleri, optik algılayıcının tasarımı için iki ayrı deney şekliyle incelenmiştir. Bunlardan birincisi ipliğin fotoalıcı ve ışın verici arasında bulunan açıklıkta (enine yarık) hareketsiz olduğu statik incelemedir. Bu inceleme yönteminde ipliğin sadece ışın lekesi tarafından aydınlatılan bölgesinin özellikleri işarete dönüştürülmektedir. Statik inceleme yönteminde, optik algılama sisteminde yer alan bileşenlerin optik ve geometrik parametrelerinin algılanan işarete etkisi incelenmiştir. Dinamik incelemede ise iplik, ışın verici ve fotoalıcı arasındaki açıklıktan kesiti doğrultusunda belirli bir hızla hareket etmekte ve ipliğin ışın lekesinin bölgesine gelen noktasının algılayıcı işaretine dönüştürülmesi ile uzunluğu boyunca bütün yüzeyi incelenmektedir. Dinamik incelemede, modelde yer alan bileşenlerin optik ve geometrik parametreleri ile ipliğin hızının algılanan işarete etkisi incelenmiştir. Dinamik incelemede, ipliğin üretim sonrası bobinlere aktarılması işlemi modellenmektedir. Her iki inceleme için fotoiletken bağlantı şeklinde olan fotodiyot kullanılmıştır. Şekil 3.1’de, ipliğin statik ve dinamik incelemesinde kullanılan devrenin sembolik gösterimi verilmiştir.



Şekil 3.1. Chenille ipliğinin statik ve dinamik deneylerinde algılayıcı işaretinin elde edildiği devre (1, iplik; 2, 3, LED ve fotodiyot arasında bulunan enine açıklığın nümerik değerini belirleyen aparat; 4, LED; 5, fotodiyot).

LED ve fotodiyotun birbirlerine olan uzaklıklarının, fotodiyotun algılama yüzeyinin önünde yer alan açıklığın (yarığın) değiştirilebildiği deney düzeneği geliştirilmiştir. Fotoiletken bağlantı şeklinde ışınları algılayan fotodiyotun, optik eksenini doğrultusunda sabitlenmesi amacıyla kesitinde açılmış boşluğa fotodiyotun yerleştirilebileceği metal gövdeli silindirik sabitleyici tasarlanmıştır. Silindirik kesitli sabitleyici gövdesine açılan dairesel kesitli boşluk, fotodiyotun plastik kılıfının boyutlarından büyük seçilmiştir. Bu durum, dairesel kesitli boşluk kenarlarına ulaşan kvazimonokromatik LED ışınlarının yarattığı sürünüm dalgaları ve saçılım dalgalarının fotodiyotu etkilemesini önlemektedir. Fotodiyotun yerleştirildiği silindirik sabitleyicinin üzeri dairesel kesitli bir cam ile örtülerek, fotodiyotun toz ve nem gibi dış etkenlerden fiziksel olarak korunması amaçlanmıştır. Fotodiyot önünde yer alan açıklığın ayarlanabilmesi için silindirik sabitleyiciyi alttan ve üstten vidalama sistemi ile kapatan iki ayrı parçadan oluşan dairesel kesitli sabitleyici tasarlanmıştır. Işın vericiler de optik eksenleri fotodiyotun optik eksenini doğrultusunda olacak şekilde aynı özellikleri taşıyan silindirik sabitleyici gövdesine yerleştirilerek sabitleyicinin üzeri dairesel kesitli cam ile korunmuştur. Şekil 3.2’de, ışın verici ve fotodiyotun, silindirik kesitli sabitleyicilerin aksenal merkezlerine dik doğrultuda açılmış boşluklar içerisine yerleştirilmesini gösteren deney düzeneği şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Kvizimonokromatik ışın verici (LED) ve fotodiyotun yerleştirildiği silindirik sabitleyicilerin aksenal merkezlerine dik doğrultuda açılmış boşluklar içerisine yerleştirilmesini gösteren deney düzeneği şematik olarak gösterilmiştir. (1, silindirik sabitleyici gövde; 2, fotodiyot önündeki açıklığı belirleyen alt kapatıcı muhafaza; 3, fotodiyot önündeki açıklığı belirleyen üst kapatıcı muhafaza; 4, silindirik gövdeyi sabitleyici vidalı kapak; 5, sabitleyici merkezindeki vidalama sistemi; 6, LED ve fotodiyotun yerleştirildiği gövdeyi platform üzerinde sabitleyen vida; 7, cam muhafaza; 8, LED; 9, Fotodiyot; 10, açıklık değeri ayarlanabilir iplik kılavuz yuvası).

Deney düzeneğinde yapılan ölçümlerde aşağıdaki özellikler dikkate alınmıştır.

- 1) Fotodiyotun karanlık akımı sıcaklıkla değiştiğinden deney ortamı aynı koşullarda seçilmiştir.
- 2) Fotodiyot ve LED'in toz, nem gibi fiziksel etkenlerden korunması ve ıplığın fotodiyot algılama yüzeyi önünde kolayca hareket edebilmesi amacıyla LED ve fotodiyot dairesel kesitli cam koruyucu içerisine yerleştirilmiştir.
- 3) Silindirik sabitleyici gövdesinde açılan boşluğa LED yerleştirilirken LED' in ışın diyagramında belirtilen $\omega/2$ açısı dikkate alınarak açıklığın dairesel kesiti yeterince büyük seçilmiştir.
- 4) LED'in yüksek akım değerlerinde sürülmesi durumunda, sıcaklık nedeniyle spektrum karakteristiğinin tepe değerinde öteleme oluşmasını önlemek ve fotodiyotun spektral cevabının değişmemesi için katalog değerlerinde verilen maksimum ileri akım değerlerine çıkılmamıştır.
- 5) Yüksek akım değerleriyle orantılı olan LED ışın şiddeti arttığında, fotodiyot çıkışından elde edilen işaretin genliği, fotodiyotun doymaya girmesi nedeniyle LED' in ışın şiddetiyle lineer değişmemektedir. Uzaklık ve ışın şiddeti değişken ölçümler değerlendirilirken fotodiyotun doymaya girmesi durumu dikkate alınmıştır.
- 6) Fotodiyot çıkışından elde edilen ve ışın vericinin ışın şiddetiyle orantılı değişen gerilim değerlerinin, gün ışığından ve ortamdaki diğer ışın kaynaklarından etkilenmemesi için, fotodiyot, önünde yer alan açıklığın 0.1mm duyarlıkla ayarlanabildiği karanlık ortam koşullarını sağlayan iki parçalı sabitleyici gövdesi içerisine monte edilmiştir. LED dışında ortamda yer alan diğer ışın kaynakları (gün ışığı, aydınlatma cihazları) fotodiyot çıkışından elde edilen işarete fon gürültüsü meydana getiremeyeceğinden, yavaş değişen fon gürültüsü sadece fotodiyotun ısı yolla ürettiği karanlık akımına bağlı kalmaktadır. Karanlık akımın değerinin düşük olması nedeniyle fotodiyot çıkışında oluşan fon gürültüsü değeri sinyal seviyesine göre ihmal edilebilecek kadar düşük kalmaktadır.
- 7) Fon gürültüsünü süzmek amacıyla fotoiletken bağlantı şeklinde fotodiyotun anodu ile yük direnci arasına bağlanacak bir kondansatöre 6. maddede belirtilen nedenlerden

dolayı ihtiyaç duyulmaması, ipliğin bozuk bölgesi ile elde edilen darbe işaretinde görülecek darbe üstü eğilmesinin oluşmasını önlemektedir.

3.2. İplik Bozukluklarını Algılayan Optik Modelin Geliştirilmesi

İpliği aydınlatan ışın vericinin ışın dağılımının şeklinin dairesel tabanlı koni olduğu yaklaşımı getirilerek ipliğin koni tabanının bulunduğu düzlemde yerleştiği düşünülmüştür. LED ışınlarının düştüğü düzlemde görülen dairesel ışın lekesi koninin tabanını oluşturmak üzere, lekenin çapı ışın vericinin ışın diyagramında yer alan açı değeri tarafından belirlenmektedir. LED'in ışın diyagramında belirtilen açı değeri $\omega/2$ olmak üzere LED'in ışın şiddetinin optik eksen ile θ açısı yapan doğrultu boyunca değişimi(Uiga 1995):

$$I_{\theta} = I_0 \cos^n \theta \quad (3.1)$$

bağıntısı ile ifade edilebilir. LED'in ışın diyagramı açısı bağıntı 3.1'den;

$$\omega/2 = \arccos(0.5)^{1/n} \quad (3.2)$$

şeklindedir. Burada LED'in ışın karakteristiğini belirleyen üstel katsayı;

$$n = \left| \frac{0.301}{\log \cos(\omega/2)} \right| \quad (3.3)$$

olarak belirlenir. 465-880nm dalga boyu aralığında ve 30° ışın açısı olan ışın vericilerin incelendiği çalışmada, $n=5$ ve ışın şiddetinin değişimi $I_{\theta} = I_0 \cos^5 \theta$ şeklindedir.

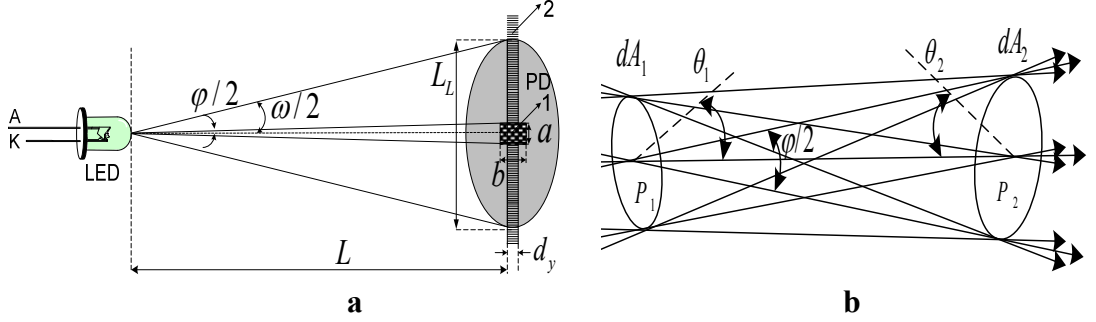
LED'den yayılan toplam ışık akısı (Uiga 1995);

$$\phi_{TOT} = \frac{2\pi I_0}{n+1} \quad (3.4)$$

ile ifade edilir.

Şekil 3.3'de, LED yüzeyinden ışınların çıktığı nokta tepe noktası, koninin tepe açısı ve ipliğin bulunduğu düzlemde görülen dairesel ışın lekesi taban olmak üzere,

optik algılama sisteminde ışın dağılımının koni şeklinde olduğu yaklaşımının getirildiği optik model gösterilmiştir (Nicodemus ve ark. 1976).



Şekil 3.3. a) İplik bozukluklarının algılanmasında iplik yüzeyini aydınlatan LED ışınlarının dağılımının dairesel tabanlı koni şeklinde olduğu yaklaşımın getirildiği optik model (1, dairesel ışın lekesi düzleminde yer alan fotodiyot algılama yüzeyi; 2, dairesel ışın lekesi düzlemine yerleştirilmiş Chenille ipliği, **b)** Kaynaktan alıcıya ulaşan ışınlar (Nicodemus ve ark. 1976).

Şekil 3.3’de verilen optik model dikkate alınarak Chenille ipliğinin bozukluklarının algılayıcı işaretine dönüştürülmesi problemini basitleştirmek için, ışın vericinin ışın yayılımında yapısal yaklaşımlar ve ışın verici; fotodiyot; Chenille ipliğinin meydana getirdiği optik model üzerinde geometrik yaklaşımlar getirilmiştir. Belirtilen yapısal ve geometrik yaklaşımlar, parametrik ifadeleriyle beraber maddeler halinde aşağıda açıklanmıştır.

1) LED ışınlarının dağılımının, LED yüzeyinden yayılan ışınların çıkma noktasından ışınların düştüğü düzlemdeki dairesel kesitli ışın lekesine kadar dairesel koni şeklinde olduğu varsayılmıştır. Burada, koninin yüksekliği LED ile ışın lekesi düzleminin birbirine olan uzaklığı, ışın lekesinin çapıysa LED’in ışına diyagramında belirtilen $\omega/2$ açısı ve LED’in ışın lekesine olan uzaklığı tarafından belirlenmektedir. Işın vericiden L uzaklıkta oluşan ışın lekesinin yüzey alanı;

$$S_C = \pi L_L^2 = \pi \left(2L \tan \frac{\omega}{2}\right)^2 \quad (3.5)$$

şeklindedir ve LED’den yayılan toplam ışık akısını bu yüzeyin büyüklüğü belirlemektedir.

2) Chenille ipliğinin, dairesel koninin tabanını oluşturan dairenin çapı üzerinde yerleştirildiğini diğer bir deyişle, ipliğin ışın lekesinin görüldüğü düzlemin tam olarak

üzerinde yer aldığı varsayılmıştır. S_y ışın lekesi düzleminde aydınlatılan iplik yüzey alanı, P_y ipliğe gelen ışın şiddeti, P_c ışın lekesinin ışın şiddeti olmak üzere aydınlatılan iplik yüzeyindeki ışın şiddetinin, L_L çaplı ışın lekesindeki ışınların şiddetine oranı;

$$\eta = P_y / P_c = S_y / S_C \quad (3.6)$$

oranında bölünerek iplik yüzeyine gelen ışınların şiddetini belirlemektedir.

3) İpliğin çapı d_y olmak üzere, ipliğin yapısal geometrisi dikdörtgen şeklindedir.

4) Işın lekesini oluşturan koninin dairesel kesitli tabanında ışın dağılımı homojendir ve ışın lekesinin çapı L_L ile gösterilmiştir.

5) Fotoalıcının (fotodiyot) ışığa duyarlı yüzeyi, uzunluğu b , genişliği a olan dikdörtgen şeklindedir. Fotodiyottan elde edilen algılayıcı işaretinin optik modelin geometrik şeklinde yer alan parametrelere göre belirlenmesinde, fotodiyotun yarıiletken algılama yüzeyinin yatay ve dikey eksen üzerindeki uzunlukları eşit kabul edilerek fotodiyot yarıiletken algılama yüzeyi için $a = b$ alınmıştır. Fotodiyot yarıiletken algılama yüzey alanı;

$$S_{PD} = a.b = a^2 \quad (3.7)$$

şeklinde ifade edilmiştir ve LED'den yayılan toplam ışık akısı (3.11) Bağıntısında ifade edildiği oranda fotodiyot algılama yüzeyi tarafından algılayıcı işaretime dönüştürülmektedir. $\varphi/2$ açısının büyüklüğünü, fotodiyotun ışın algılayan karesel yüzeyinin kenar uzunluğu olan a belirlemektedir. Şekil 3.3'ün geometrisinden;

$$(\varphi/2) = \arctan\left(\frac{a}{2L}\right) \quad (3.8)$$

olmaktadır.

6) İdeal durumda, ipliğin kalınlığını ifade eden d_y parametresi, fotoalıcının ışığa duyarlı yüzeyinin enine eşittir. Bu durumda $d_y = a$ olarak ifade edilmiştir.

7) İplik fotoalıcının ışığa duyarlı yüzeyini tam olarak engellemektedir.

8) İplik ve fotoalıcı algılama yüzeyi, ışın lekesi düzleminde aynı yüzey üzerinde yerleşmektedir.

Yarıiletken ışın vericinin akımı ışına çevirme katsayısı K_{LED} , ışın vericinin akımı I_{LED} olmak üzere ışın vericiden yayılan ışınların şiddeti (Musayev 1999):

$$P_{LED} = K_{LED} I_{LED} \quad (3.9)$$

bağıntısı ile ifade edilebilir. Fotoalıcı olarak seçilen fotodiyotun, yarıiletken ışın vericinin ışınlarının dalga boyunun belirlediği spektral duyarlılık katsayısı S_λ olmak üzere fotodiyot tarafından algılan ışınların şiddeti (Musayev 1999):

$$P_{PD\lambda} = S_\lambda P_{PD} \quad (3.10)$$

şeklinde. Işın vericinin dalga boyuna göre fotoalıcının spektral duyarlılık eğrisi üzerinde belirlenen S_λ parametrelerinin değişik dalga boyundaki ışınlar için alacağı değerler Şekil 3.23'de gösterilmiştir. Işınların efektif kullanım katsayısı, fotodiyotun yarıiletken algılama yüzeyinin belirleyeceği algılanan ışın miktarının, ışın lekesi düzleminde bulunan ipliğin yüzeyindeki ışınların toplam miktarına oranı olarak tanımlanmıştır ve K_f ile simgelenmiştir. Şekil 3.3'de fotodiyot algılama yüzeyi 1 ile gösterilmiştir. Fotodiyot algılama yüzeyinin tam üzerine yerleştiği kabul edilen iplik yüzeyine gelen ışınların toplam miktarı ise 2 ile gösterilen yüzey ile belirlenmektedir. Fotodiyot yarıiletken yüzeyine gelen ışınların gücü P_{PD} , ışın lekesinin çapı doğrultusunda yerleşen ipliğin yüzeyine gelen ışınların gücü P_{TOT} olmak üzere, ışınlarının efektif kullanım katsayısı;

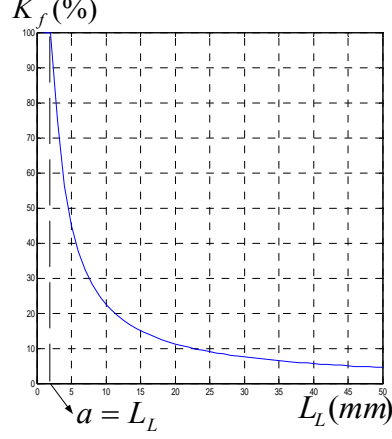
$$\%K_f = \frac{\int P_{PD}}{\int P_{TOT}} 100 \quad (3.11)$$

bağıntısı ile tanımlanmıştır. Işın lekesinin L_L çaplı daire içerisinde homojen olduğu yaklaşımı dikkate alındığında, optik model için ışınların efektif kullanım katsayısı;

$$K_f = \frac{\int_{\theta=0}^{\varphi/2} P d\theta}{\int_{\theta=0}^{\omega/2} P d\theta} = \frac{P_{LED} (\frac{\varphi}{2})^{sr} \cos \theta_1}{P_{LED} (\frac{\omega}{2})^{sr} \cos \theta_2} = \frac{P_{LED} S_{PD} / L^2}{P_{LED} S_y / L^2} = \frac{S_{PD}}{S_y} = a / L_L \quad (3.12)$$

şeklinde yazılabilir.

Algılayıcı olarak seçilen PD33-3C/H0/L2 (Everlight) fotodiyotun ışığa duyarlı yarıiletken algılama yüzeyi boyutlarının $S_{PD} = 1.5mm \times 1.5mm = 2.25mm^2$ olduğu göz önüne alınarak, (3.12) Bağıntısından ışınların efektif kullanım katsayısının ışın lekesinin çapına göre değişimini gösteren Şekil 3.4’de verilen grafik elde edilmiştir.

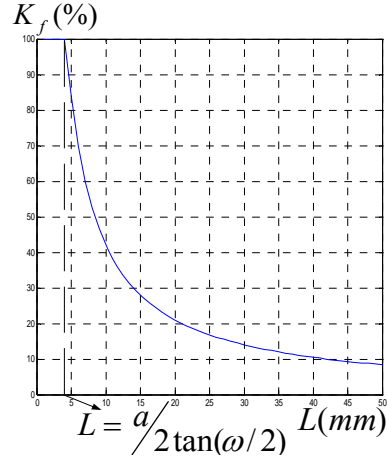


Şekil 3.4. LED ışınlarının efektif kullanım katsayısının ışın lekesinin çapına göre değişimi.

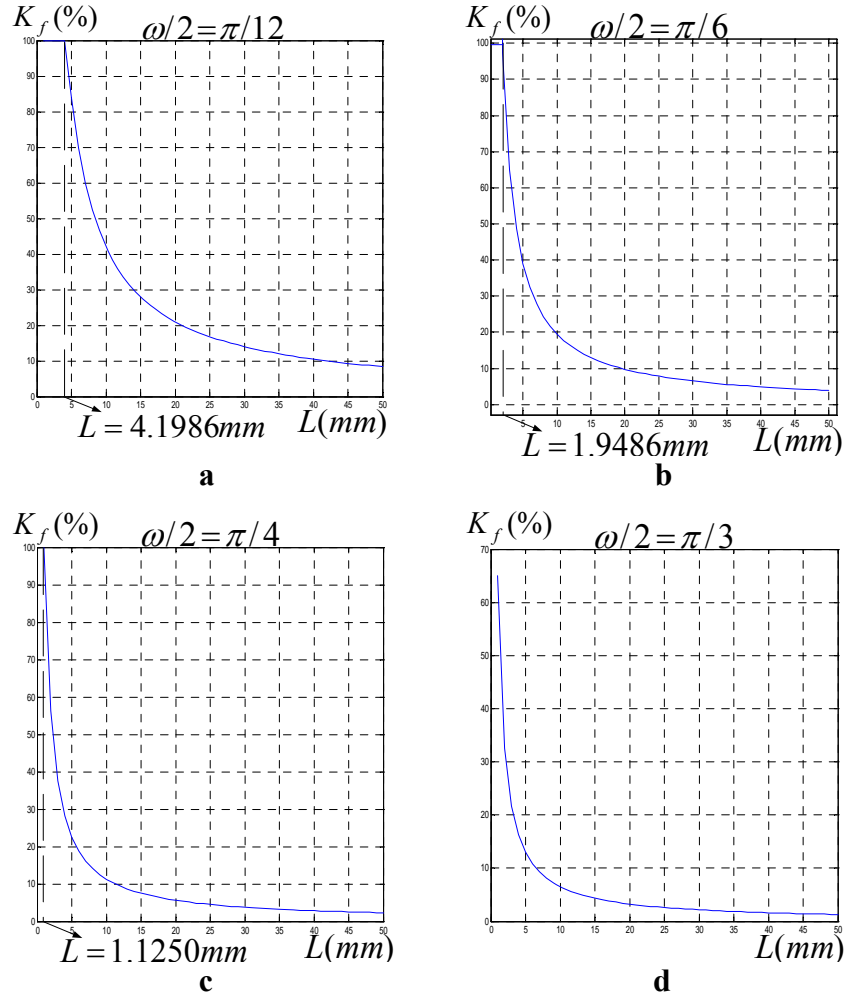
Şekil 3.3’ün geometrik özelliklerinden, $\omega/2$ LED’in ışın diyagramı açısını göstermek üzere ışınların efektif kullanım katsayısı;

$$\%K_f = \frac{a}{2L \tan(\omega/2)} \cdot 100 \quad (3.13)$$

olmaktadır. $\omega/2$ açısı, dalga boyu değişik LED’ler için 30° seçilmiştir ve Bağıntı (3.13) için $\tan(\omega/2) = \tan(\pi/6) = \frac{\sqrt{3}}{3} = 0.5774$ alındığında, $K_f = 0.866a/L$ şeklindedir ve LED’in ışın lekesi düzlemine olan uzaklığı ile K_f katsayısının değişimi, Şekil 3.4’deki grafiğe benzer şekilde olmaktadır. Şekil 3.5’de, $\omega/2$ açısına sahip ışın verici için K_f ’in L uzaklığına göre değişiminin genel olarak elde edildiği grafik verilmiştir. Şekil 3.6’da ise $\omega/2 = 15 - 60^\circ$ arasında değişen ışın diyagramı açılarında sahip ışın vericilerin efektif kullanım katsayılarının, LED’in ışın lekesi düzlemine olan uzaklıklarına göre değişimini gösteren grafikler verilmiştir.

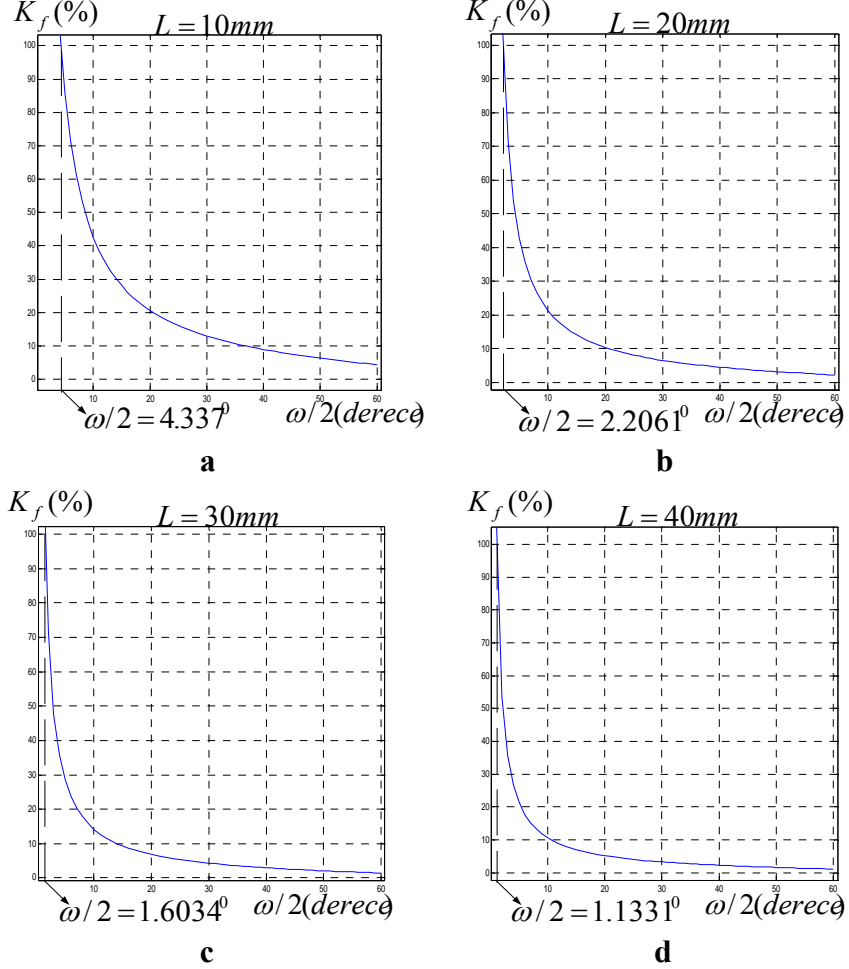


Şekil 3.5. LED ışınlarının efektif kullanım katsayısının LED'in ışın lekesi düzlemine olan uzaklığına göre değişimi.



Şekil 3.6. Işıma diyagramı açıları farklı ışın vericilerin efektif kullanım katsayılarının ışın lekesi düzlemine olan uzaklığına göre değişimi, **a)** $\omega/2 = \pi/12\text{rad}$; **b)** $\omega/2 = \pi/6\text{rad}$ **c)** $\omega/2 = \pi/4\text{rad}$; **d)** $\omega/2 = \pi/3\text{rad}$.

K_f 'in, ışın diyagramı açısı $\omega/2$ 'ye göre değişimini, fotodiyotun ışına duyarlı yüzey alanının $S_{PD} = a^2 = (1.5)^2 = 2.25\text{mm}^2$ olduğu durumda, $L = 10\text{mm}$, $L = 20\text{mm}$, $L = 30\text{mm}$ ve $L = 40\text{mm}$ için gösteren grafikler Şekil 3.7'de verilmiştir.



Şekil 3.7. LED ışınının efektif kullanım katsayısının, **a)** $L = 10\text{mm}$, **b)** $L = 20\text{mm}$, **c)** $L = 30\text{mm}$, **d)** $L = 40\text{mm}$ için LED ışın diyagramı açısına bağlı değişimleri

Bağıntı (3.13)'den, ışınların efektif kullanım katsayısının LED akımına bağlı olmadığı görülmektedir. $S_{PD} = a^2 = 2.25\text{mm}^2$, $K_{LED} = 0.8$ ve $L_L = 10\text{mm}$ için LED akımının her değeri için $K_f = 15$ değerinde sabit kalmaktadır.

Şekil 3.3'de verilen optik model için elde edilen grafiklerden K_f 'in, L_L , L , $\omega/2$ ve I_{LED} parametrelerine göre değişiminin incelenmesiyle aşağıda verilen ara sonuçlara ulaşılmıştır;

1) K_f 'in iplik yüzeyinin aydınlatıldığı düzlem üzerine düşen ışın lekesinin çapına göre değişimi incelendiğinde, ışın lekesinin çapı, iki ayrı bölgede değerlendirilebilir. Işın lekesi çapının fotodiyotun karesel yüzeyinin eninden daha az olduğu bölgede ($L_L < a$), ipliğin aydınlatılan yüzey alanı, fotodiyotun algılama yüzeyinde aydınlatılan alana eşit olacağından $K_f = \%100$ değerinde sabit kalmaktadır. $\omega/2 \leq \phi/2$ olması durumunda $L_L < a$ eşitsizliği sağlanmaktadır ve ışın diyagramı açısı bu derece küçük olan bir LED'in fotodiyot algılama yüzeyine yönlendirilmesi son derece güçtür. $\omega/2 > \phi/2$ olan LED'ler için $L_L < a$ eşitsizliğinin sağlanması durumunda, LED'in ışın lekesine çok yakın yerleşmesi gerekeceğinden optik modelin fiziksel boyutları ipin kalınlığı göz önüne alındığında ipliğin yeterince serbest hareket edebileceği alan kalmamaktadır. $L_L > a$ olduğu bölgede, ışın lekesinin çapı arttıkça K_f azalmaktadır. Işınların verimli kullanımı için, ışın lekesinin çapının, LED, fotodiyot ve ipliğin birbirlerine göre konumlarını belirleyen fiziksel yerleşimlerine göre mümkün olduğu kadar küçük seçilmesi gerekmektedir. Işın lekesi çapının 5mm olduğu durumda K_f %50 seviyesine yakınken ışın lekesi çapının iki katına çıkması K_f 'i %25 seviyesine düşürmektedir.

2) LED'in ışın lekesine olan uzaklığı arttıkça K_f değeri azalmaktadır. LED'in ışın diyagramında yer alan açı değeri arttıkça yüksek efektif kullanım katsayısı elde etmek için ışın vericiyi ipliğin yerleştirileceği ışın lekesi düzlemine yaklaştırmak zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Başka bir deyişle ışın açısı düşük olan bir ışın verici ile daha uzak L mesafesi seçilerek yüksek K_f değerleri elde edilebilmektedir.

3) $L = 10mm - 40mm$ arasında ışının efektif kullanım katsayısının LED ışın diyagramında yer alan açıya göre değişimi incelenmiştir. Buna göre, K_f düşük ışın açısına sahip ışın vericiler için aynı mesafede daha yüksek değerler almaktadır. LED'in ışın lekesi düzlemine olan uzaklığı arttıkça aynı efektif kullanım katsayısını elde etmek için daha düşük ışın diyagramı açısına sahip ışın vericilerin kullanılması gerekmektedir.

4) K_f değeri LED akımı büyüklüğünden bağımsızdır.

3.2.1. LED ışına diyagramı açısının ışınların algılanmasına olan etkisi

Değişik dalga boyunda ışın vericiler için, Şekil 3.3’de verilen optik model kullanılarak fotodiyot çıkışından elde edilen işaretlerin, modelin geometrik parametreleri ve ışın verici ile fotodiyotun optik özelliklerini belirleyen karakteristik parametrelerine bağımlılığı incelenmiştir. $U_{PD} = f(I_{LED}, \omega/2, L, d_y, L_L, S_{PD}, S_\lambda)$ parametrik incelemesinde Çizelge 3.2’de belirtilen ışın vericiler kullanılarak fotoiletken bağlantı şeklindeki fotodiyot işaretlerinin grafikleri elde edilmiştir.

Chenille ipliğinin bozukluklarının incelenmesinde kullanılacak olan LED’lerde, spektrum karakteristikleri ve homojen ışınların gözlemlendiği düzlem farklı özellikler göstermektedir. Şekil 3.1’de verilen elektriksel bağlantı şeması ile Şekil 3.2’de gösterilen LED ve fotodiyot sabitleyicileri kullanılarak değişik dalga boyunda ışın veren LED’lerin ışınlarının uzaklığa bağlı zayıflaması ve ışın şiddetine göre fotodiyottan elde edilen işaretlerin karşılaştırmalı olarak ölçümü gerçekleştirilmiştir.

Şekil 3.1’de verilen devrede, LED akımının şiddetine lineer bir katsayı ile bağlı olan ışın şiddeti, R_L direnci ile değiştirilmiştir. Devrede, V_{cc} , LED ve fotodiyotun besleme gerilimi; R_L , LED’ in koruma direnci; I_L , LED akımı; V_{LED} , LED üzerinde düşen gerilim; L , LED ile fotodiyot arasındaki mesafe; d , fotodiyotun algılama yüzeyi önündeki açıklık; a , fotodiyotun algılama yüzey alanıdır. LED üzerinden akan akımın ölçülmesi için LED koruma direncine seri bağlanan $I\Omega$ değerinde direncin uçlarındaki gerilim ölçülmüştür. LED’den akan akımın R_L direncine göre değişimi;

$$I_{LED} = (V_{cc} - V_{LED}) / R_L \quad (3.14)$$

şeklindedir. S_λ , fotodiyotun LED’in yaydığı ışınların dalga boyuna olan spektral duyarlılığı olmak üzere, fotodiyot çıkışından elde edilen işaretin büyüklüğü, LED ve fotodiyot arasındaki mesafenin karesiyle ters orantılı değiştiğinden (Musayev 1999);

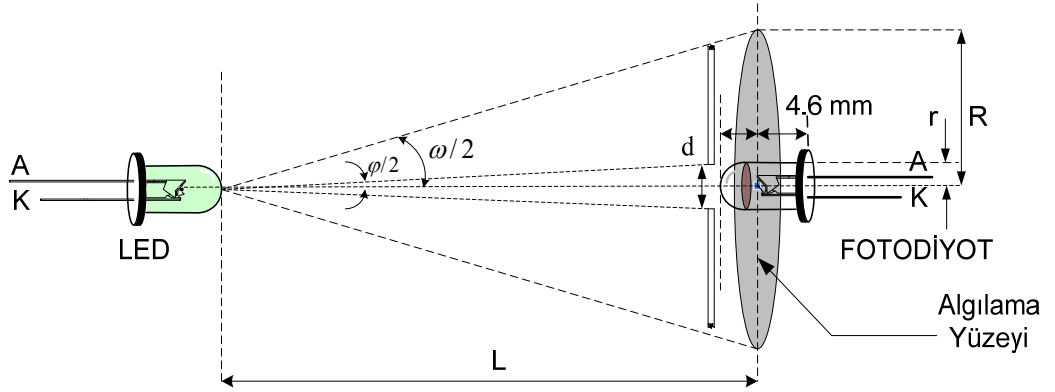
$$P_{PD} = \frac{S_\lambda S_{PD}}{L^2} K_{LED} I_{LED} \quad (3.15)$$

bağıntısı yazılabilir. Bağıntı (3.15)’den ölçülen U_{PD} değerleri için L uzaklığına bağlı değişimin karesel azalma gösterdiği görülmektedir. Fotodiyot önünde oluşturulan açıklık boyutu, fotodiyotun karesel algılama yüzeyi boyutlarında seçilerek ortamda yer

alan diğer ışın kaynaklarının fotodiyot işaretini etkilemesi önlenmiştir. Optik algılama sisteminde $\varphi/2$ açısının değeri;

$$\varphi/2 = \arctan\left(\frac{d/2}{L}\right) \quad (3.16)$$

olmakta ve değeri fotodiyot önündeki nümerik açıklık tarafından belirlenmektedir. Açıklık boyutu fotodiyotun yüzeyine ulaşan dairesel kesitli ışınların çapı fotodiyot yarıiletken jonksiyon malzemesinin yüzeyinin belirlediği çap değerine eşit olacak şekilde seçilmiştir. Şekil 3.8’de verilen şematik gösterimde fotodiyotun önündeki açıklığın fotodiyot jonksiyon alanının 1.5mmx1.5mm boyutlarına göre ayarlanması verilmiştir.



Şekil 3.8. Fotodiyotun diğer ışın kaynaklarından korunması amacıyla yerleştirildiği silindirik sabitleyici gövde önünde açılan yarı boyutlarının fotodiyot jonksiyon alanına göre seçilmesi.

Şekil 3.3’de verilen optik model için ışın vericinin Lambertian kaynak olduğu varsayıldığında θ açısından yayılan akı (Uiga 1995):

$$\Phi_{\theta} = 2\pi \int_0^{\theta} I_{\theta} \sin \theta d\theta = \pi I_0 \sin^2 \theta \quad (3.17)$$

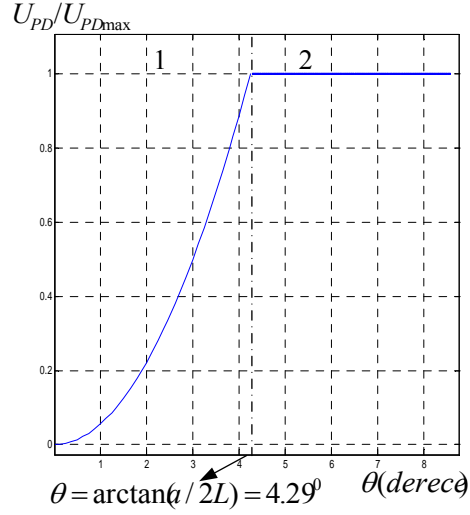
olur. Fotodiyotun karesel algılayıcı yüzeyinin boyutları ışın vericinin fotodiyota olan uzaklığı yanında çok küçük kaldığından;

$$\sin \theta \Big|_{\theta=\varphi/2} \cong \tan \theta \Big|_{\theta=\varphi/2} \quad (3.18)$$

yaklaşımı yapılarak akı ışınların gücü olarak kabul edildiğinde (Nicodemus ve ark. 1976) fotoalıcıda ölçülen ışınların gücü;

$$P_{PD} = \pi I_0 \sin^2 \varphi / 2 \cong \pi K_{LED} I_{LED} \frac{(a/2)^2}{L^2} = \pi K_{LED} I_{LED} \tan^2 \theta \Big|_{\theta=\varphi/2} \quad (3.19)$$

olmaktadır. Fotodiyottan elde edilen işaretin θ açısına göre değişimi Şekil 3.9'da verilmiştir. Buna göre ışın diyagramı açısı fotodiyot yüzeyini içine alacak sınır açı değeri ve bu açıdan büyük değerlerde seçildiğinde fotodiyottan alınan işaret LED'in ışın şiddeti sabit kaldığı sürece değişmeyecektir.



Şekil 3.9. LED'in ışınlarının dağılımının $I_\theta = I_0 \cos \theta$ şeklinde değişen Lambertian kaynak olduğu model için, fotodiyot işaretinin genliğinin ışın diyagramı açısına göre değişimi, 1 ile işaretlenmiş bölgede LED'in ışın diyagramı açısı $0 < \omega/2 < \arctan(a/2L)$ sınırları arasındadır, 2 ile işaretlenmiş bölgede LED'in ışın diyagramı açısı $\omega/2 > \arctan(a/2L)$ sınırları arasındadır.

Şekil 3.3'de verilen optik model için ışın vericinin, Bağlantı (3.1)'de belirtildiği gibi $\cos^n \theta$ ışın karakteristiğinde olduğu varsayıldığında akının θ açısına göre değişimi (Uiga 1995);

$$\Phi_\theta = \frac{2\pi I_0 (1 - \cos^{n+1} \theta)}{n+1} \quad (3.20)$$

olmaktadır. Işın vericinin akı miktarı fotoalıcıda ölçülen ışınların gücü olarak kabul edildiğinde;

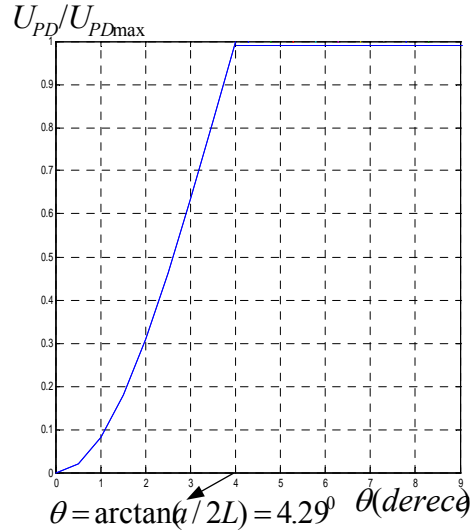
$$P_{PD} = \frac{2\pi K_{LED} I_{LED} (1 - \cos^{n+1} \theta)}{(n+1)} \Big|_{\theta=\varphi/2} \quad (3.21)$$

olmaktadır.

(3.16) ifadesinden $L = 10\text{mm}$ ve $a = 1.5\text{mm}$ için $\varphi/2 = 4.29^\circ$ olarak bulunur. Işıma diyagramı açısı $0-4.29^\circ$ arasında olan ışın kaynakları için ($0^\circ < \omega/2 \leq 4.29^\circ$), ışıma diyagramı açısı arttıkça fotodiyot gerilimi artarken, ışıma diyagramı açısı belirtilen sınır değerden fazla olan ışın vericilerde ($\omega/2 > 4.29^\circ$), alınan fotodiyot işaretinin genliği ışın şiddeti değişmedikçe sabit kalmaktadır. (3.16) ifadesinde $\varphi/2 = 4.29^\circ$, $L = 10\text{mm}$ ve $a = 1.5\text{mm}$ için $n=247$ olarak hesaplanmıştır. Bu ışıma diyagramı açısına sahip LED için fotodiyot işaretinin $0^\circ < \theta \leq 4.29^\circ$ aralığındaki değişimi;

$$P_{PD} = \frac{2\pi K_{LED} I_{LED} (1 - \cos^{248} \theta)}{(248)} \Big|_{0 \leq \theta \leq \varphi/2} \quad (3.22)$$

şeklindedir ve fotodiyot işaretinin, ışın vericinin ışıma diyagramı açısına göre değişimini gösteren grafik Şekil 3.10'da verilmiştir.



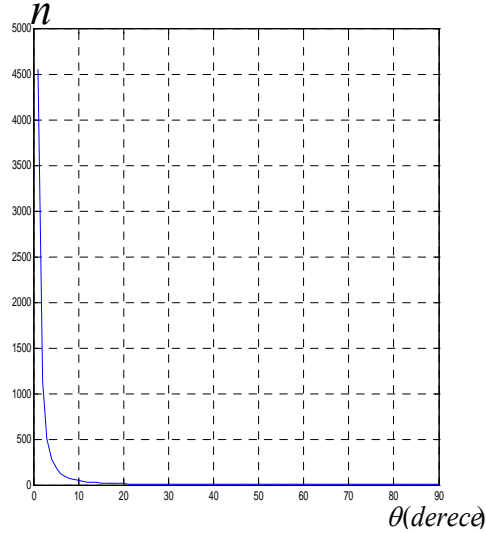
Şekil 3.10. LED'in ışınlarının dağılımının $I_\theta = I_0 \cos^n \theta$ şeklinde değişen kaynak olduğu model için, fotodiyot işaretinin genliğinin ışıma diyagramı açısına göre değişimi ($a=1.5\text{mm}$, $L=10\text{mm}$).

LED ışınlarının Lambertian veya üstel değişimli kaynak olduğu modeller için, fotodiyot işaretinin genliğinin ışıma diyagramı açısına göre değişiminin (Şekil 3.9-3.10) aynı karakterde olduğu görülmektedir.

LED'in fotodiyota olan uzaklığı; LED akımı; fotodiyotun ışına duyarlı yüzey alanının büyüklüğü; LED'in akımı ışına çevirme katsayısı sabit kabul edilerek fotodiyota ulaşan ışınların şiddeti LED'in ışınma diyagramı açısı cinsinden;

$$P_{PD} = \frac{K_{\omega}(1 - \cos^{n+1} \theta)}{(n+1)} \quad (3.23)$$

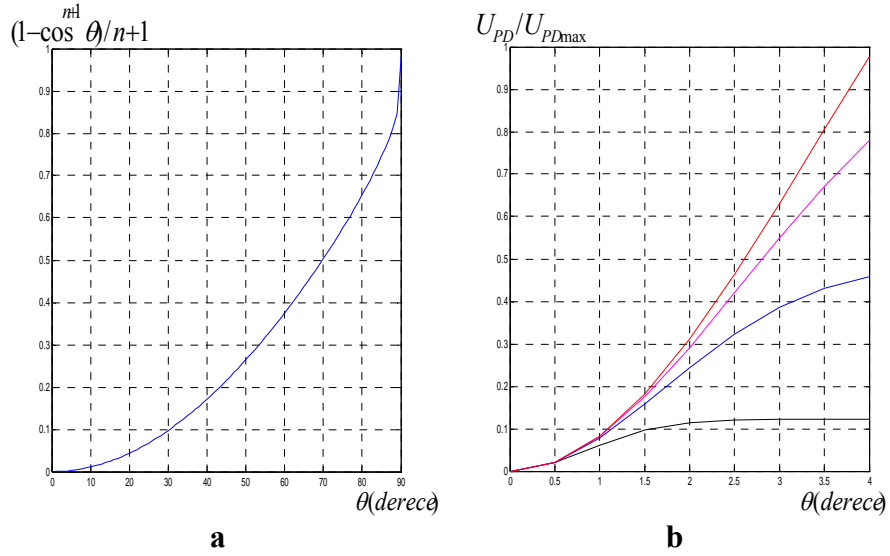
şeklinde yazılabilir. LED'in ışınma diyagramı açısına göre ışınların üstel dağılım karakterini belirleyen n katsayısı, Bağntı (3.3) ile belirlenmiştir. LED'in ışınma diyagramı açısına göre üstel yayılım katsayısı n 'in değişimi ve ışınma diyagramı açısı $0^{\circ} < \omega/2 \leq 4.29^{\circ}$ aralığında olan LED'lerin oluşturacağı fotodiyot işaretinin genliğinin $0^{\circ} < \theta < 4.29^{\circ}$ aralığındaki değişimi Şekil 3.11'deki grafikte verilmiştir. (3.23) eşitliği için, ışınma diyagramı açısının 1° ile 90° arasında 1° artışlarla değiştiği model ele alındığında, farklı ışınma diyagramı açılarında sahip ışın vericilerin, ışınma diyagramı açılarında göre değişen yayılımlarının üstel katsayıları belirlenmiştir.



Şekil 3.11. Işın vericinin ışınma diyagramı açısına bağlı olan Lambertian yayılımının derecesini belirleyen n katsayısının ışınma açısına göre değişimi.

Şekil 3.12.a'da verilen grafikten LED'in akısının, ışınma diyagramı açısının artmasıyla arttığı görülmektedir. Şekil 3.3'deki optik model için, LED'in ışınma diyagramı açısının, $L = 10mm$ uzaklığında 4.2892° olması fotodiyotun algılama yüzeyinin tamamıyla aydınlatılmasına yeterlidir. LED'lerin ışınma diyagramı açısı belirtilen sınır değerden daha büyük olduğundan fotodiyotun algılama yüzeyi LED

ışınları tarafından tamamen aydınlanmaktadır ve algılama yüzeyine gelen akı miktarı ışın şiddeti sabit olduğunda değişmeyeceğinden $\omega > \arctan(a/2L)$ eşitsizliğini sağlayan ışın vericilerde, ışına diyagramı açısının artırılması durumunda fotodiyot işaretinin genliği değişmeyecektir. Işıma diyagramının açısının artmasının LED'in efektif kullanım katsayısının azalmasına etkisi bulunmaktadır. Işıma diyagramı açısı, $\omega < \arctan(a/2L)$ şartını sağlayan ışın vericiler için, fotodiyot işaretinin genliğinin ışına diyagramı açısının artmasıyla yükseldiğini gösteren grafik Şekil 3.12.b'de gösterilmiştir.



Şekil 3.12. a) Işıma karakteristiği $I_{\theta}=I_0\cos^n\theta$ şeklinde olan farklı ışına diyagramı açısına sahip ışın vericilerin, ışına diyagramı açısının $(1-\cos^{n+1}\theta)/n+1$ çarpanına göre değişimi **b)** $0^{\circ}<\omega/2\leq 4.29^{\circ}$ ışına diyagramı açısına sahip LED'lerin (siyah- $\omega/2=1^{\circ}$ ve $n=4550.3$, mavi- $\omega/2=2^{\circ}$ ve $n=1137.4$, açık kırmızı- $\omega/2=3^{\circ}$ ve $n=505.37$, kırmızı- $\omega/2=4^{\circ}$ ve $n=284.17$) fotodiyotta oluşturduğu gerilimin $0^{\circ}<\theta<4.29^{\circ}$ aralığındaki değişimi.

3.2.2. Chenille ipliğinin kalınlığının optik algılama sistemine etkisi

Şekil 3.3'de verilen optik model için ipliğin kalınlığının fotodiyot algılayıcı yüzeyinin boyutlarına eşit olduğu yaklaşımı yapılmıştı. İpliğin yapısından geçen ışınların ihmal edilecek kadar düşük gürültü gerilimleri oluşturması nedeniyle ipliğin boyutlarının fotodiyot algılayıcı yüzeyine eşit veya daha büyük olması durumunda, fotodiyot işaretinin genliği, ipliğin bozuk bölgesi ile oluşan fotodiyot işaretinin genliği yanında ihmal edilebilecek kadar düşük olmaktadır. Bu durum;

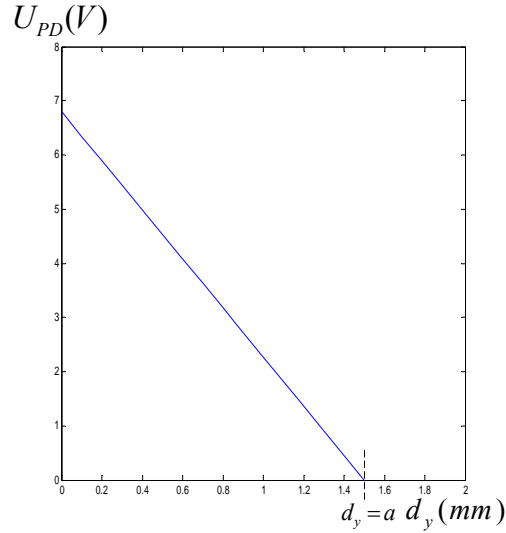
$$U_{PD} = \begin{cases} K_{LED} I_{LED} (S_{PD} - a \cdot d_y) / L^2 = K_{LED} I_{LED} a (a - d_y) / L^2; d_y < a \\ 0; d_y \geq a \end{cases} \quad (3.23)$$

bağıntısı ile gösterilebilir.

Bağıntı 3.23'den, I_{LED} , L ve a sabit iken fotodiyottan elde edilen işaretin genliği;

$$U_{PD} = k'(a - d_y) \quad (3.24)$$

şeklinde fotodiyot algılayıcı yüzeyinin kenar uzunluğu ve iplik çapı arasındaki fark ile lineer olarak değişmektedir. Şekil 3.13'de ipliğin kalınlığına göre fotodiyot işaretinin değişimi gösterilmiştir.



Şekil 3.13. İpliğin kalınlığına göre fotodiyot işaretinin değişimi ($L=20mm$).

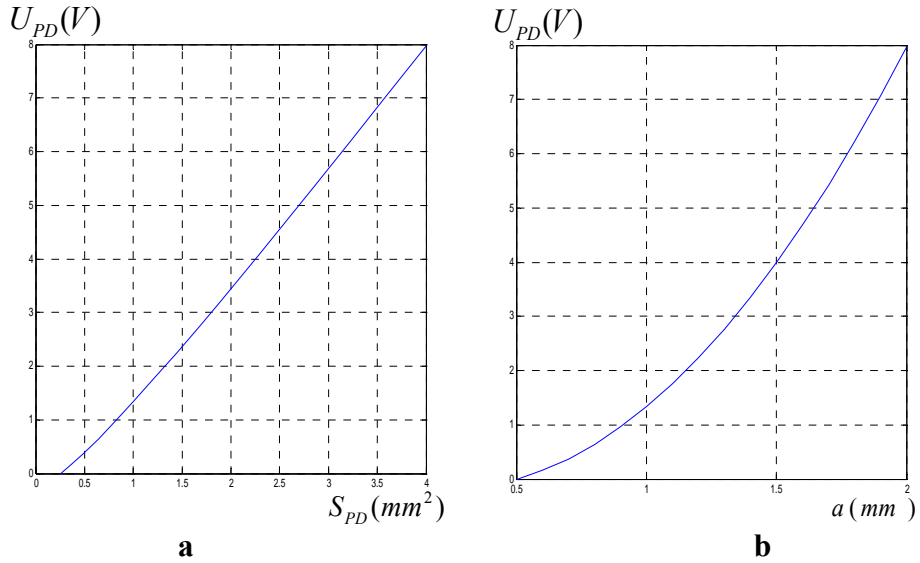
3.2.3. Fotodiyot algılama yüzeyi boyutlarının optik sisteme etkisi

(3.21) eşitliğinden fotodiyot işaretinin genliğinin, fotodiyotun algılama yüzeyi ile orantılı değiştiği görülmektedir. Işın vericinin akımı, ışın vericinin fotodiyota uzaklığı, ipliğin kalınlığı sabit olmak üzere fotodiyot algılama yüzeyinin kenar uzunluğu arttırıldığında fotodiyot işaretinin genliği de artacaktır. Fotodiyot işaretinin genliğinin, a ve d_y 'ye göre ifadesi;

$$U_{PD} = k \cdot a (a - d_y) \quad (3.25)$$

şeklinde olacağından, k katsayısı, $L=20mm$, $S_{PD} = 2.25mm^2$, $d_y = 0.5mm$ için fotodiyottan $4V$ genliğinde işaret elde edildiğinden 2.67 olarak hesaplanır. Fotodiyotun

karesel algılama yüzeyi ve algılama yüzeyinin kenar uzunluğuna göre fotodiyot işaretinin genliğinin değişimi Şekil 3.14’de verilmiştir.

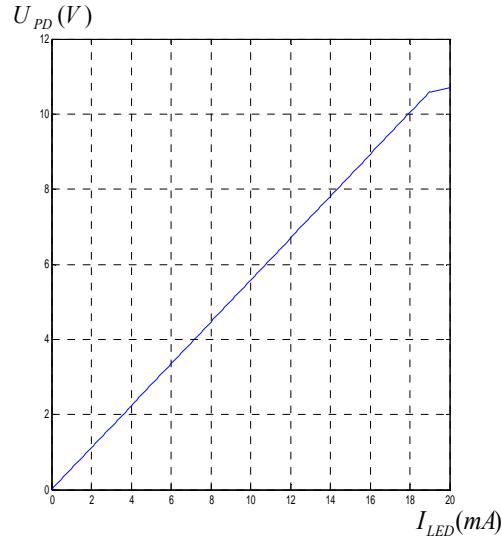


Şekil 3.14. a) Fotodiyot ışın algılayıcı yüzeyinin fotodiyot işaretine göre değişimi, **b)** Fotodiyot ışın algılayıcı yüzeyin kenar uzunluğunun fotodiyot işaretine göre değişimi.

3.2.4. Işın vericinin akımının optik algılama sistemine etkisi

(3.10) Bağıntısından, fotoalıcıya ulaşan ışın şiddetinin, LED akımı ile doğru orantılı değiştiği görülmektedir. Fotodiyot, spektral duyarlılığının seçiciliğine göre bazı dalga boyundaki ışın vericilerin yüksek akım değerleri için ve ışın verici ile fotodiyotun birbirine olan uzaklıklarının belirli değerlerinden itibaren doyuma girmektedir. Fotodiyotun doymaya girdiği bölgelerde, fotodiyot işaretinin genliğinin ışın vericinin akımına göre değişiminin lineerliği bozulmaktadır.

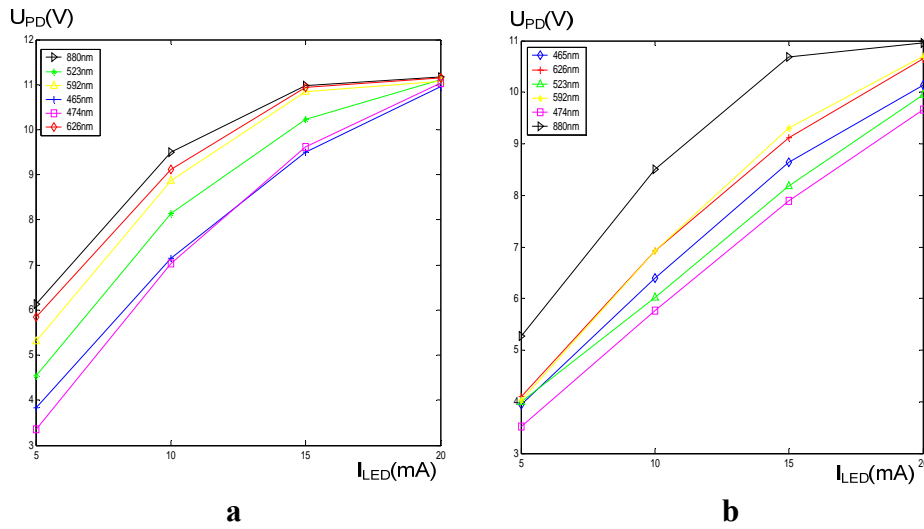
Işıma diyagramlarında 30° 'lik ışınma açısına sahip olan LBBH14W(SUN LED) 465nm, L5T20W(HQH) 474nm, LBGH14W (SUN LED) 523nm, LZY14W (SUN LED) 592nm, LZE14W (SUN LED) 626nm ve 530E850C 880nm LED'lerin üç ayrı örneği ile ölçüm sonuçları alınmış ve ölçümlerin ortalaması fotodiyot işaretinin genliği olarak kaydedilmiştir. LED'lerin akımları $0-20mA$ arasında ve fotodiyot ile LED arasındaki L uzaklığı $1-4cm$ aralığında değiştirilerek fotodiyot önündeki açıklık boyutu sabit tutulmuş, ışın şiddeti ve uzaklığa bağlı olarak fotodiyottan algılanan işaretin genliği kaydedilmiştir. Şekil 3.15'de ışın vericinin akımına göre fotodiyot işaretinin değişimini gösteren grafik verilmiştir.



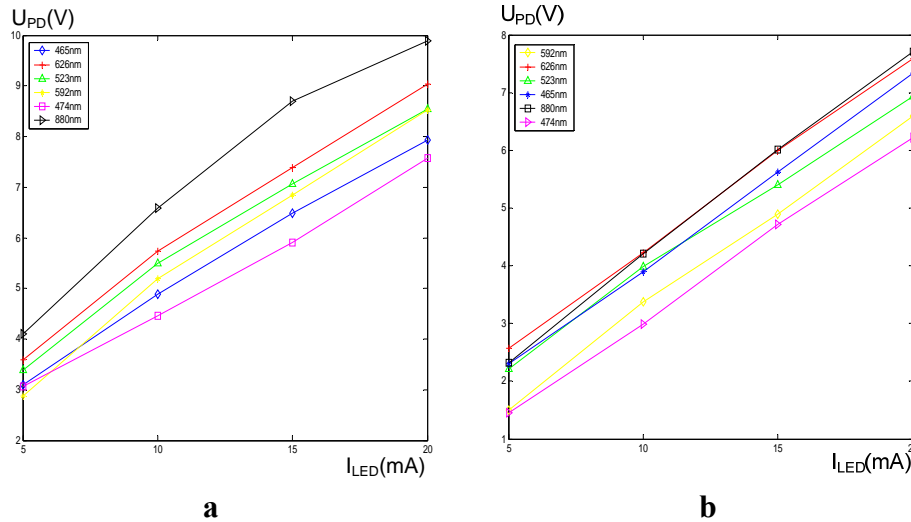
Şekil 3.15. Fotodiyot işaretinin genliğinin ışın vericinin akımına göre değişimi.

Şekil 3.16.a'da ışın vericilerin fotodiyota olan uzaklığı $L = 1cm$ 'dir ve bu uzaklıktan 464nm, 474nm, 523nm dalga boyundaki ışın vericiler, $I_{LED} = 15mA$ ve daha büyük akım değerlerinde fotodiyotu doyma durumuna getirmektedir. $L = 1cm$ için, dalga boyu 592nm, 626nm ve 880nm olan ışın vericilerde $I_{LED} = 15mA$ sınır değerinden daha yüksek akımlar için, ışınların fotodiyot cevabı bir sınır değerinde hemen hemen sabit olacağından ışınların fotodiyotta elde edilen lineer cevabı bozulmaktadır ve fotodiyot doyuma girme eğilimindedir. Bu mesafede düşük dalga boyundaki ışınlar, dalga boyu daha fazla olan ışınlar göre fotodiyotun spektral duyarlılığının seçiciliği dikkate alındığında daha düşük fotodiyot işareti genliklerinin elde edilmesine neden olmaktadır. Şekil 3.16.b'de ışın vericilerin fotodiyota olan uzaklığı $L = 2cm$ 'dir ve $I_{LED} = 15mA$ değerinden itibaren 880nm dalga boyundaki kızılötesi ışınlar için fotodiyotun spektral duyarlılık katsayısı yüksek olduğundan, fotodiyot bu dalga boyundaki ışınlar için doyuma girmektedir. Dalga boyu kızılötesi ışınlar yakın olan ışınlar için fotodiyot algılamada daha duyarlı olacağından, ışınlarının dalga boyu 592nm ve 626nm olan sarı ve kırmızı renkte ışın yayan LED'ler için de fotodiyottan alınan işaret genlikleri diğer ışın vericilere göre daha yüksektir. Şekil 3.17.a ve 3.17.b'de sırasıyla $L = 3cm$ ve $L = 4cm$ değerlerinde seçilerek LED akımına göre farklı dalga boyundaki ışınların fotodiyot cevabı elde edilmiştir. Fotodiyot bu uzaklıklarda LED'in her akım değeri için

doymaya girmemektedir. Mesafeye dalga boyu yüksek olan ışınların zayıflaması daha fazla olmaktadır.



Şekil 3.16. 465-880nm dalga boyu aralığındaki ışınları serbest uzayda algılayan fotodiyotun çıkışından elde edilen **a)** $L=1cm$, **b)** $L=2cm$ için ışın vericinin akımına göre fotosinyalin değişimini gösteren grafikler (mavi-465nm, açık kırmızı-474nm, yeşil-523nm, sarı-592nm, kırmızı-626nm, siyah-880nm).



Şekil 3.17. 465-880nm dalga boyu aralığındaki ışınları serbest uzayda algılayan fotodiyotun çıkışından elde edilen işaretinin genliğinin, **a)** $L=3cm$, **b)** $L=4cm$ için ışın vericinin akımına göre değişimini gösteren grafikler (mavi-465nm, açık kırmızı-474nm, yeşil-523nm, sarı-592nm, kırmızı-626nm, siyah-880nm).

3.2.5. Işın verici-fotodiyot uzaklığının optik algılama sistemine etkisi

(3.21) Bağıntısında ışın vericinin akımı, ışın vericinin ışın diyagramı açısı ve fotodiyot algılama yüzeyinin boyutları sabit iken, ışın vericinin ışın lekesine olan uzaklığı değiştirildiğinde fotodiyot işaretinin genliği uzaklığın karesiyle azalmaktadır.

Şekil 3.3’de görülen optik modelin geometrisinden LED’in ışın diyagramı açısının iplik yüzeyi üzerine düşen ışın lekesinin çapına göre ifadesi;

$$L_L = 2L \tan(\omega/2) \quad (3.26)$$

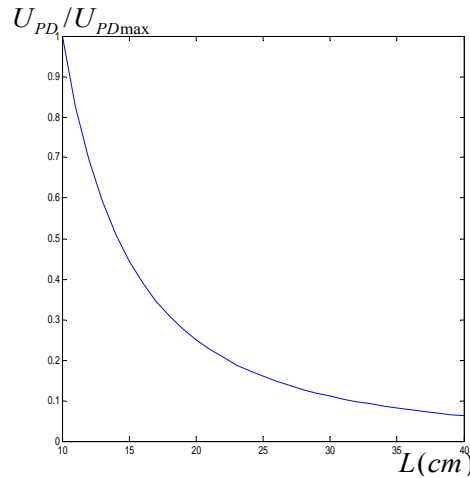
olmaktadır. İpliğin ve fotodiyotun ışına duyarlı yüzeyinin ışın lekesi düzleminde olduğu yaklaşımı ile LED’in fotodiyota olan uzaklığı değiştirildiğinde çapı L_L olan ışın lekesinin yüzey alanı artacaktır. İplik yüzeyine gelen ışın lekesinin çapının artması LED’in efektif kullanım katsayısını düşürecektir. (3.15) Bağıntısı, LED’in fotodiyota olan uzaklığının artmasının, fotodiyot işaretinin genliğinin azalacağını göstermektedir. L uzaklığının artması fotodiyot gerilimini azaltırken iplik yüzeyindeki ışın lekesinin dairesel alanı artacaktır. Işın lekesi düzleminde olan ipliğin kalınlığı dikkate alındığında fotodiyot işaretinin genliğinin L uzaklığına göre değişimi;

$$P_{PD} = K_{LED} I_{LED} \frac{(S_{PD} - ad_y)}{L^2} . S_\lambda \quad (3.27)$$

olacaktır. LED ışın diyagramı açısı, Lambertian yayılımın üstel katsayı ifadesi, fotodiyot algılayıcı yüzeyinin boyutları, fotodiyotun spektral duyarlılık katsayısı ve LED’in akım şiddeti değiştirilmediğinde, fotodiyot işaretinin L uzaklığına göre değişimi, P_{IV} ışın vericinin ışın gücü olmak üzere (Musayev 2003);

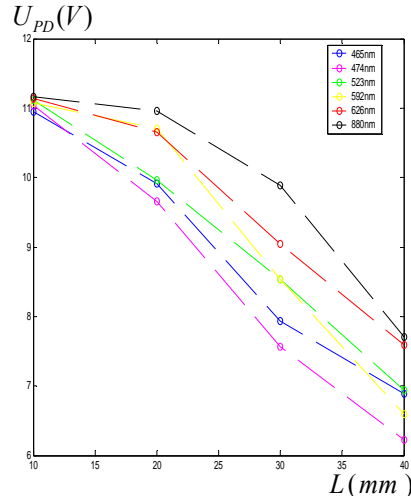
$$U_{PD} = P_{IV} / L^2 \quad (3.28)$$

olmaktadır. (3.28) Bağıntısından, uzaklığa göre fotodiyot işaretinin genliğindeki değişimi gösteren grafik Şekil 3.18’de verilmiştir.

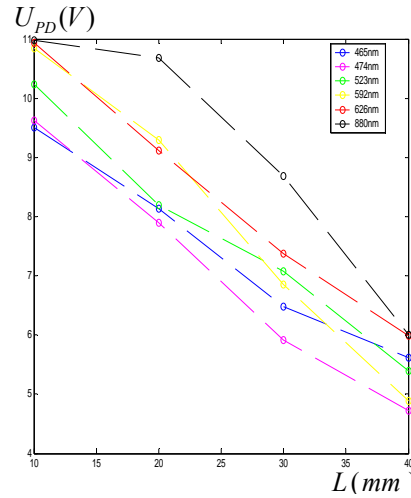


Şekil 3.18. Işın vericinin fotodiyota olan uzaklığının fotodiyot işaretinin genliğine göre değişimi.

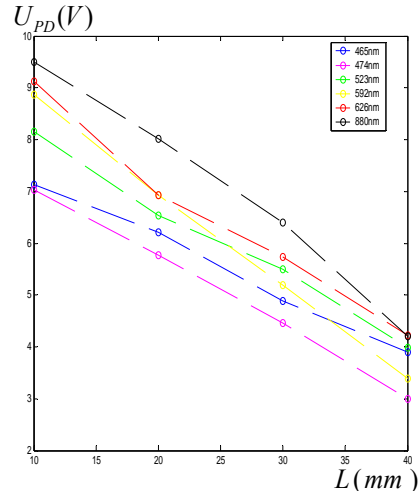
Şekil 3.3’de verilen optik model yaklaşımı için, ışın lekesi düzleminin ışın vericiye olan uzaklığının fotodiyot işaretine etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Değişik dalga boyunda ışın vericiler için, L uzaklığına göre fotodiyottan elde edilen fotodiyot işaretlerinin genliğinin grafiği elde edilmiştir. LBBH14W (SUN) 465nm; L5T20W (HQB) (SUN) 474nm; LBGH14W (SUN) 523nm; LZY14W (SUN) 592nm; LZE14W (SUN) 626nm ve 530E850C (HB) 880nm LED’lerin değiştirilen akımlarına göre, PD333-3C/H0/L2 fotodiyotun $U_{PD}=f(I_{LED})$ cevabı elde edilmiştir. Şekil 3.19-3.22’de $U_{PD}=f(I_{LED})$ ilişkisini gösteren eğriler, sırasıyla ışın verici akımının $I_{LED}=20mA$, $I_{LED}=15mA$, $I_{LED}=10mA$, $I_{LED}=5mA$ değerleri için verilmiştir.



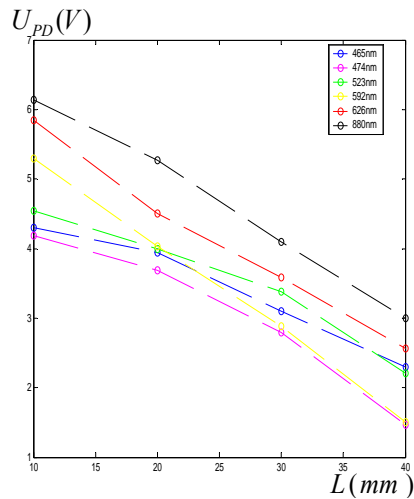
Şekil 3.19. Optik model yaklaşımında, $I_{LED}=20mA$ için, ışın lekesi düzleminin ışın vericiye olan uzaklığının fotosinyal genliği ile değişimi.



Şekil 3.20. Optik model yaklaşımında, $I_{LED}=15mA$ için, ışın lekesi düzleminin ışın vericiye olan uzaklığının fotosinyal genliği ile değişimi.



Şekil 3.21. Optik model yaklaşımında, $I_{LED}=10mA$ için, ışın lekesi düzleminin ışın vericiye olan uzaklığının fotosinyal genliği ile değişimi.



Şekil 3.22. Optik model yaklaşımında, $I_{LED}=5mA$ için, ışın lekesi düzleminin ışın vericiye olan uzaklığının fotosinyal genliği ile değişimi.

Şekil 3.19-3.22'de görülen grafiklerden aşağıda belirtilen ara sonuçlar elde edilmiştir.

1) Işın vericinin $I_{LED}=20mA$ akımı için, $L \leq 20mm$ uzaklığında, 880nm, 626nm ve 592nm dalga boyundaki ışın vericiler fotodiyotu doyum durumuna getirmektedir. Diğer L uzaklıklarında belirtilen dalga boyunda ışın vericiler ile fotodiyottan L uzaklığına göre lineer değişen işaret genlikleri elde edilmektedir. 465nm, 474nm ve 523nm dalga boyunda ışın veren LED'lerde bu akım değerinde her L uzaklığı ile fotodiyot gerilimi lineer değişmektedir.

- 2) Işın vericinin $I_{LED}=15mA$ akımı için $L \leq 20mm$ uzaklığında 880nm dalga boyunda ışın veren LED, fotodiyotu doyum durumuna getirmektedir. 626nm ve 592nm dalga boyunda ışın veren LED'ler ise L uzaklığıyla tamamen lineer değişen fotodiyot işaretleri genlikleri oluşturmaktadır. 465nm, 474nm ve 523nm dalga boyunda ışın veren LED'ler daha düşük genlikli ve L uzaklığıyla lineer değişen fotodiyot işaretleri oluşturmaktadır.
- 3) Işın vericinin $I_{LED}=10mA$ ve $I_{LED}=5mA$ akım değerlerinde, fotodiyot işareti genliği daha düşüktür ve fotodiyot bütün dalga boyundaki ışın vericilere lineer çıkış gerilimi vermektedir.
- 4) İplik bozukluklarını algılayan optoelektronik algılayıcının geliştirilebilmesi için, ipliğin bozuk bölgeleri ile oluşan fotodiyot işareti genliklerinin, Şekil 3.19-3.22 dikkate alınarak fotodiyotun doyum durumunda olmadığı L ve I_{LED} değerleri için elde edilmesi, iplik bozukluklarının algılanması ve sınıflandırılması açısından önem taşımaktadır.

3.2.6. Işın lekesinin çapının optik algılama sistemine etkisi

Işın lekesinin çapını, LED fotodiyot uzaklığı ve ışın vericinin ışın diyagramı açısı cinsinden veren eşitlik Bağıntı (3.26)'da verilmişti. Işın lekesinin çapının değişmesi için, ışın vericinin ışın diyagramı açısının ($\omega/2$) veya ışın vericinin fotodiyota olan uzaklığının (L) değişmesi gerekir. Işın vericinin ışın diyagramı açısı arttığında ışın lekesinin çapı artmaktadır. Aynı şekilde ışın vericinin fotodiyota olan uzaklığı arttığında ışın lekesinin çapı artmaktadır. Bölüm (3.2.1) ve (3.2.5)'de ışın lekesinin çapını belirleyen ışın diyagramı açısı ve ışın verici-fotodiyot uzaklığının fotodiyot işaretinin genliğine etkisi belirtilmiştir.

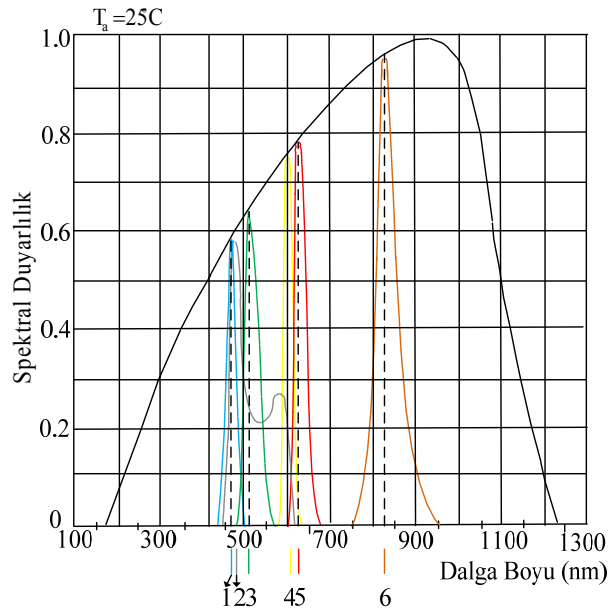
3.2.7. Fotodiyotun spektral duyarlılık katsayısının optik algılama sistemine etkisi

Kvazimonokromatik spektrum karakteristiklerine sahip farklı dalga boyundaki LED'lerin ışınlarının dalga boyuna göre fotodiyotun spektral duyarlılığı farklıdır. Çizelge 3.1'de çalışmada kullanılan LED'lerin karakteristik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan LED'lerin karakteristik özellikleri.

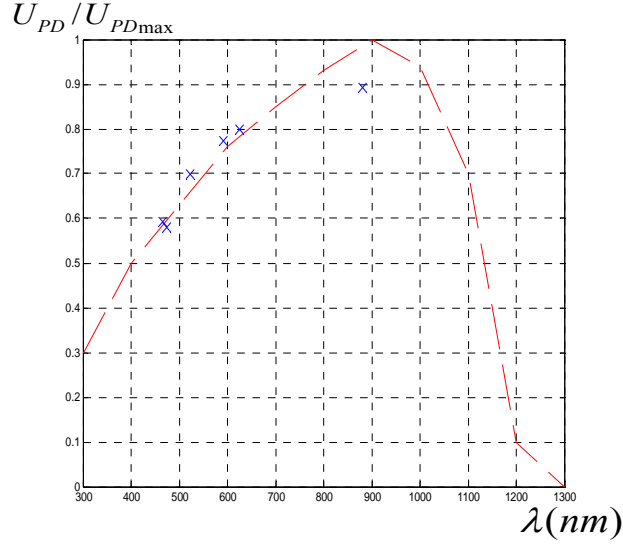
Işın Rengi	Malzeme	λ_{\max} (nm)	$\Delta\lambda_{1/2}$ (nm)	$\theta_{1/2}$ (°)	$I_{F\max}$ (mA)	U_F (V)	I_0 (mcd)
Mavi	InGaN	465	30	30	30	3.7	3000
Beyaz	SiC/GaN	474	27	30	30	3.6	3000
Yeşil	InGaAlP	523	35	30	30	3.7	3000
Sarı	InGaAlP	592	20	30	30	2.3	3000
Kırmızı	InGaAlP	626	25	30	30	2.2	3000
Kızılötesi	AlGaAs	880	45	30	100	1.8	3000

Bağıntı (3.27)'ye göre fotodiyotun ışın vericinin dalga boyuna göre değişen spektral duyarlılık katsayısı, fotodiyotun dalga boyuna duyarlı olduğu ışın vericiler için bir değerine yakın, dalga boyuna daha az duyarlı olduğu ışın vericiler için sıfır ile bir arasında sabit bir katsayı olarak fotodiyot işaretinin genliğini lineer etkilemektedir. Şekil 3.23'de ışın vericilerin dalga boyuna göre fotodiyotun spektral duyarlılık katsayıları, fotodiyotun spektral duyarlılık eğrisiyle ışın vericilerin dalga boyu eğrilerinin baskın tepe değerlerinin kesiştiği noktalar olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.23. 1, LBBH14W (SUN) 465nm; 2, L5T20W (HQH) (SUN) 474nm; 3, LBGH14W (SUN) 523nm; 4, LZY14W (SUN) 592nm; 5, LZE14W (SUN) 626nm ve 6, 530E850C (HB) 880nm LED'lerin ışınlarının dalga boyunun, PD333-3C/H0/L2 fotodiyotun spektral duyarlılık eğrisi üzerindeki konumları.

Işıma diyagramı açısı ve ışın şiddetleri aynı olan ve dalga boyları 465nm ile 880nm arasında değişen ışın vericilerin fotodiyota uzaklığı özdeş alınarak fotodiyot işaretlerinin genlikleri normalize edilmiştir. Elde edilen sayısal değerler ışın vericilerin dalga boyuna göre grafik halinde elde edilerek fotodiyotun spektral duyarlılık eğrisi ile karşılaştırılmıştır. Fotodiyot işaretlerinin genliklerinin, fotodiyotun spektral duyarlılık katsayısı eğrisine uygun şekilde dalga boyu ekseninde dizildiği görülmüştür. Şekil 3.24’de farklı dalga boyundaki ışın vericiler ile elde edilen fotodiyot işaretlerinin normalize edilen genliklerinin, fotodiyotun spektral duyarlılık eğrisine göre konumları görülmektedir.



Şekil 3.24. Işıma diyagramı açısı ve ışın şiddetleri aynı olan, dalga boyları 465nm ile 880nm arasında değişen ışın vericilerden elde edilen fotodiyot işaretlerinin normalize genliklerinin fotodiyotun spektral duyarlılık katsayısı eğrisine göre dalga boyu eksenindeki konumları.

Yüksek hızlı fotodiyotun 400-1100nm dalga boyu aralığında yüksek spektral duyarlılığı bulunmaktadır. Dalga boyu en düşük ışın verici için spektral duyarlılık katsayısı $S_\lambda = 0.58$ ve dalga boyu en yüksek ışın verici için $S_\lambda = 0.95$ olarak belirlenmiştir. Geniş bant aralığında yüksek spektral duyarlılığı ve $t_r = 40ns$ yükselme süresi ile $t_f = 40ns$ düşme sürelerinin olması fotodiyotun güvenlik kameralarında ve yüksek hızlı algılama devrelerinde kullanılmasını elverişli hale getirmektedir.

Fotodiyotun spektral duyarlılık katsayısı belirtilen ışın vericilerin dalga boyuna göre değişmektedir. Fotodiyotun spektral duyarlılık katsayısı çalışmada belirtilen LED'ler için Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. PD333-3C/H0/L2 fotodiyotun değişik dalga boyunda ışınlar için spektral duyarlılık katsayıları.

Işın Rengi	Malzeme	Model No	Dalga Boyu	S_λ
Mavi	InGaN	LBBH14W (SUN)	465	0.58
Beyaz	SiC/GaN	L5T20W (HQB) (SUN)	474	0.60
Yeşil	InGaAlP	LBGH14W (SUN)	523	0.63
Sarı	InGaAlP	LZY14W (SUN)	592	0.76
Kırmızı	InGaAlP	LZE14W (SUN)	626	0.78
Kızılötesi	AlGaAs	530E850C (HB)	880	0.95

3.3. Optik Model Yaklaşımı ile Elde Edilen Deneysel ve Teorik Verilere Ait Sonuçların Değerlendirmesi

1) Değişik dalga boyunda yarıiletken ışın vericiler kullanılarak K_f 'in iplik yüzeyinin aydınlatıldığı düzlem üzerine düşen ışın lekesinin çapına göre değişimi incelenmiştir. Işın lekesi çapının fotodiyotun karesel yüzeyinin eninden daha az olduğu bölgede ($L_L < a$), K_f değeri (3.13) Bağıntısından %100 değerini almaktadır. Bu durum, K_f 'in incelendiği bölümde verilen ara sonuçlarda açıklanmıştır ve $L_L > a$ olduğu bölgede, ışın lekesinin çapı arttıkça K_f azalmaktadır. Işın lekesinin çapının LED, fotodiyot ve ipliğin birbirlerine göre konumlarını belirleyen fiziksel yerleşimlerine göre olabildiğince küçük seçilmesi ışınların efektif kullanım katsayısını yükseltmektedir ve ışın lekesi çapının artması efektif kullanım katsayısını düşürmektedir.

Yüksek efektif kullanım katsayısı, optik modelde yer alan ışın vericinin gereksiz alan aydınlatması yapmasını ve iplik bozukluklarının algılanmasına bir katkısı olmayan ışın lekesi yüzeyinin artmasını önlemektedir.

2) LED'in ışın lekesine olan uzaklığı arttıkça K_f değeri azalmaktadır. K_f , ışın lekesinin artması nedeniyle optik modelde iplik yüzeyi ve fotodiyot algılama yüzeyi dışında kalan ve algılama işlemine bir katkısı olmayan bölgenin gereksiz aydınlatılması nedeniyle azalmaktadır. Işıma diyagramı açısı arttıkça yüksek efektif kullanım katsayısı elde etmek için ışın vericiyi ipliğin yerleştirileceği ışın lekesi düzlemine yaklaştırmak zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Bu durum optik modelin belirlenecek geometrik parametrelerinin seçimini kısıtlamaktadır.

3) $L = 10mm - 40mm$ arasında incelenen K_f değerleri, düşük ışıma diyagramı açısına sahip ışın vericiler için özdeş L uzaklıklarında daha geniş açılarda yayılan ışın karakteristiğine sahip LED'lerden daha yüksek olmaktadır. LED'in ışın lekesi düzlemine olan uzaklığı arttıkça aynı efektif kullanım katsayısını elde etmek için daha düşük ışıma diyagramı açısına sahip ışın vericilerin kullanılması zorunluluğu optik modelin seçilecek parametrelerini kısıtlamaktadır.

4) Fotodiyotun algılama yüzeyinin boyutlarının artması LED'in ışınlarının efektif kullanım katsayısını yükseltmektedir. İplik yüzeyini aydınlatan ışın lekesinin çapı fotodiyot algılama yüzeyinin kenar uzunluğundan az olmayacak şekilde ne kadar küçük seçilirse K_f değeri o derece yüksek olacaktır. Işın lekesinin çapının, gereksiz derecede büyük seçilmesinin optik algılama modeline katkısı yoktur ve ışıma diyagramı açısı büyük ışın vericiler LED'in efektif kullanım katsayısını azaltmaktadır. Işın lekesi çapının fotodiyot algılama yüzeyi kenar uzunluğuna eşit olması durumunda K_f %100 olmaktadır. $\omega/2=30^\circ$ ışıma açısı olan LED için optik modelin geometrisinden $L = \frac{a}{2 \tan(\omega/2)}$ olduğundan, $L=1.299mm$ için K_f maksimum değerini almaktadır.

Ancak fiziksel olarak LED'in fotodiyota uzaklığı 1.2999mm seçildiğinde ipliğin optik model içerisinde yerleşimi yapılamaz.

5) LED'in ışıma diyagramı açısının küçük seçilmesi K_f değerini arttırmaktadır.

6) LED'in fotodiyota olan uzaklığı arttıkça, K_f değerinin değişmemesi için LED'in ışıma diyagramı açısı $\omega/2$ 'nin daha küçük değerde seçilmesi gerekmektedir. Aynı şekilde $\omega/2$ 'nin azalması durumunda daha büyük L değerleri için yüksek K_f değerleri elde edilebilmektedir.

7) LED akımının K_f değerine etkisi yoktur. Bu durum ışın şiddetinin istenen derecede düşük tutularak, devrede yüksek güç harcamasının önüne geçilmesini sağlamaktadır.

8) Şekil 3.12.a'da verilen grafikten LED'in akısının, ışın diyagramı açısının artmasıyla arttığı görülmektedir. Şekil 3.3'deki optik model için LED'in ışın diyagramı açısının, $L = 10mm$ değeri için $\omega/2=4.2892^0$ ve $L = 20mm$ için $\omega/2=2.1476^0$ olması durumunda $\%K_f=100$ olmaktadır ve $L = 10mm$ için $\omega/2 \geq 4.2892^0$ ile $L = 20mm$ için $\omega/2 \geq 2.1476^0$ eşitsizliğini sağlayan her ışın verici için fotodiyot algılama yüzeyinin tamamı aydınlatılmaktadır. Işın şiddeti sabit alındığında, $\omega \geq \arctan(a/2L)$ eşitsizliğini sağlayan ışın vericilerde, ışın diyagramı açısının artmasının fotodiyot işaretinin genliğine etkisi olmazken K_f artan $\omega/2$ değerlerinde azalmaktadır.

9) Bağntı (3.24)'den ipliğin kalınlığının artmasının fotodiyot işaretinin genliğini azalttığı görülmektedir. Fotodiyot algılama yüzeyine eşit veya algılama yüzeyi boyutundan daha büyük çapta olan ipliklerden alınan fotodiyot işaretleri, genliği ipliğin bozuk bölgesi ile oluşan işaretin genliğine göre çok düşük olan gürültü işaretlerini göstermektedir.

10) Fotodiyot algılama yüzeyinin boyutlarının artması fotodiyot işaretinin genliğini artırmaktadır.

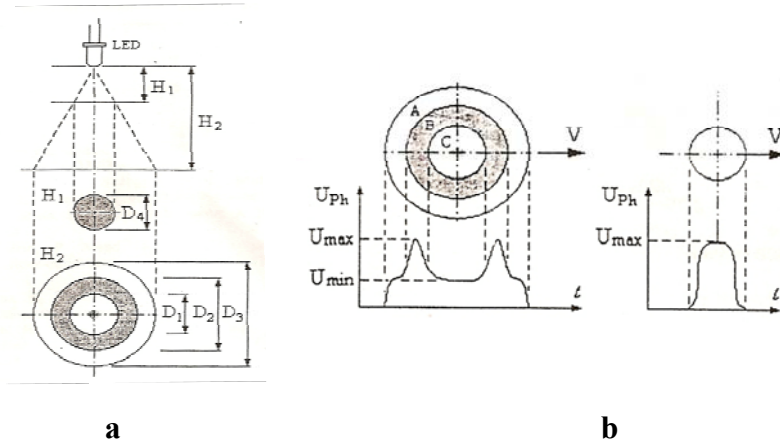
11) Optik modelde ışın vericinin akımının artması, serbest uzayda elde edilen fotodiyot işaretinin genliğini lineer olarak yükseltmektedir. Aynı durum ipliğin bozuk bölgesi ile oluşan fotodiyot işaretlerinin genliği için de söz konusudur. İpliğin bozuk bölgesinde iplik kalınlığının μm boyutlarında olması serbest uzayda elde edilen işaret genliklerine yakın genlikte işaretlerin oluşmasına neden olmaktadır.

Şekil 3.19-3.22'de verilen grafikte yer alan ve serbest uzayda elde edilmiş fotodiyot işaretlerinin genliği U_{PD} olmak üzere, ipliğin bozuk bölgeleri ile oluşan işaretin genliği için, $U_B < U_{PD}$ olacağından, optik model için seçilecek L ve I_{LED} değerlerinin fotodiyotu doyum durumuna getirmemesi, iplik bozukluklarının algılanmasını ve fotodiyot işaretinin genliğinin bozukluk uzunluğuna göre değişmesini sağlamaktadır.

12) Fotodiyotun spektral duyarlılık katsayısı, dalga boyuna duyarlı olduğu ışın vericinin seçilmesi durumunda yüksek olacaktır ve fotodiyot işaretinin genliğine S_λ katsayısının büyüklüğü oranında etki edecektir.

3.4. Farklı Dalga Boyunda Işın Veren LED'lerin Işıklarının Dağılımının Homojenliğinin İncelenmesi

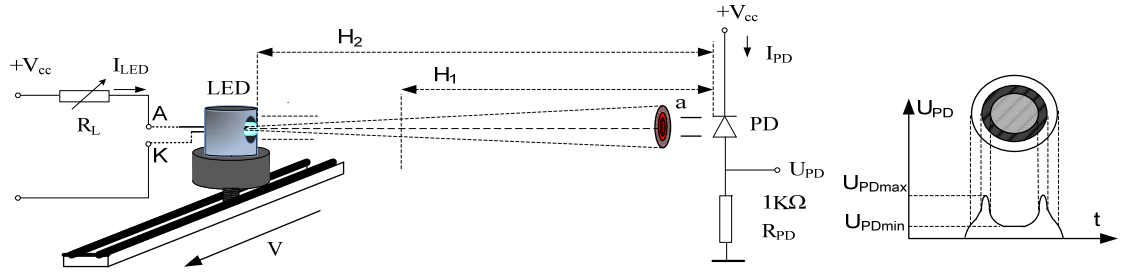
İplik düzgünlüğünün ve çapının ölçülmesinde, ışınların homojen dağılımda olmayışı ve iplik kesitindeki düzensiz değişimler, optik ölçüm sonuçlarını etkilemektedir (Tsai ve Chu 1995). LED'den yayılan ışınların doğrultusuna dik bir düzleme düşen ışın lekesi, LED ile ışınların düştüğü düzlemin arasındaki uzaklık değerine göre, farklı dalga boyundaki LED'lerde farklı dağılım özellikleri göstermektedir. Belirli bir uzaklık değerinde ışın lekesi, üç farklı ışın şiddeti özelliği gösteren üç halkalı görünümde olmaktadır. İçteki ve dıştaki bölgelerde ışın şiddeti orta bölgede yer alan halkaya düşen ışınların şiddetinden daha azdır ve ortada yer alan halkanın parlaklığı daha fazladır. Musayev (2004), LED ışınlarının homojenliğinin incelenmesi problemi için, ışın lekesinin üç halkalı yapıda modellenebileceği deneyler gerçekleştirmiştir. Ultraviyole, mavi, yeşil, kırmızı ve kızılötesi LED'lerde, LED ile ışınların düştüğü düzlemin arasındaki uzaklığın ışın şiddetinin homojenliğini etkilediğini ve bu mesafenin farklı dalga boyundaki LED'ler için farklı değerlerde olduğunu ifade etmiştir. Şekil 3.25'de, LED ile LED'den yayılan ışınların düştüğü düzlemin arasındaki uzaklığa (H_1 ve H_2) göre, ışınların homojen olduğu dairesel ışın lekesi ve ışın şiddetinin homojenliğinin değiştiğini gösteren üç halkalı ışın lekesi gösterilmiştir.



Şekil 3.25. LED ışınlarının şiddetinin homojenliğinin uzaklığa bağlı değişimi, **a)** Işın lekesinin uzaklığa göre değişimi, **b)** Fotoalıcı ile taranan LED ışınlarının işaret genliğine dönüştürülmesi ve ışın lekesinin yüzeyi boyunca değişimi (Musayev 2004).

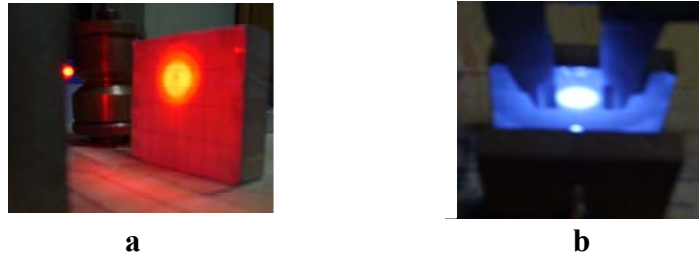
Kvazimonokromatik spektrum karakteristiğine sahip LED'lerin, ipliğin yüzeyini aydınlatılarak iplik bozukluklarının algılanacağı optik modelin geliştirilmesi probleminde, ışın şiddetinin çeşitli uzaklıklarda homojen özellikte olması incelenmiştir. Işın lekесinin homojen görünümde olduğu H_1 ve üç halkalı görünüm sergilediği H_2 uzaklıkları değişik dalga boyundaki ışın vericiler için incelenmiştir. LED ışınları doğrultusuna dik doğrultuda yerleştirilen ölçüm yüzeyi milimetrik kağıtla kaplanarak LED'in yatay ve dikey eksenindeki mekanik ve optik eksen kaymaları ölçülmüştür. LED'in üç halkalı ışın dağılımı gösterdiği LED-ışın lekесi uzaklığında (H_2), ışın lekесinde görülen iç içe dairesel ışın lekelerinin çapları ölçülmüştür. En içteki dairesel ışın lekесinin çapı D_1 , diğer ışın bölgelerinden daha şiddetli ışınların oluşturduğu orta bölgedeki dairesel ışın lekесinin çapı D_2 ve en dışta yer alan dairesel ışın lekесinin çapı D_3 sembolü ile gösterilmiştir. H_1 uzaklığı için homojen ışın dağılımı gösteren dairesel ışın lekесinin çapıysa D_4 sembolü ile gösterilmiştir.

H_1 ve H_2 uzaklıklarının her bir dalga boyunda ışın veren LED için bulunmasının ardından, ışın şiddetinin değişimini ifade eden ışın diyagramları belirlenirken bir ray üzerinde sabit bir hızda kaydırılan LED'den yayılan ışınlar ile optik eksenine bu ışınların doğrultusunda sabitlenmiş fotoiletken bağlantı şeklinde olan fotodiyot yüzeyi taranmıştır. H_1 ve H_2 uzaklıkları için bir ray üzerinden kaydırılan LED ışınlarını algılayan fotodiyottan elde edilen işaretlerin Goldwave programı ile gerçek zamanlı olarak bilgisayara kaydedildiği deney düzeneği Şekil 3.26'da verilmiştir. Elde edilen işaretlerin tepe değerleri ve değişimi incelenerek LED'e H_1 ve H_2 uzaklığındaki LED'in optik eksenine dik düzleme düşen ışınların dağılımı gözlemlenmiştir. H_2 uzaklığı için fotodiyot işaretinde iki maksimum tepe noktası görülen LED ışın şiddetinin üç halkalı bölgedeki maksimum ve minimum tepe değerlerinin oranı hesaplanmıştır. Çizelge 3.3'de farklı dalga boyunda ışın veren LED'lerin H_1 ve H_2 uzaklıklarına göre elde edilen parametrik değerleri verilmiştir. Şekil 3.27'de ışınların homojen olduğu bölgenin araştırılmasını gösteren fotoğraf verilmiştir. Çizelge 3.4'de ise modeli belirtilen LED'lerden H_1 ve H_2 uzaklıklarında olan ve LED'in optik eksenine dik doğrultudaki milimetrik ölçeklenmiş yüzeyler üzerine düşürülen ışın lekelerinin fotoğrafları ile Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6'de H_1 ve H_2 uzaklıkları için LED ışınları ile sabit hızda taranan fotodiyottan elde edilen ışın şiddetinin değişiminin dalga şekilleri verilmiştir.



Şekil 3.26. H_1 ve H_2 uzaklıkları için LED ışınlarının fotodiyot ile taranarak ışımaya diyagramlarının elde edilmesi (Musayev 2004).

Belirli bir dalga boyunda ışın veren her bir LED için üç ayrı örnek incelenmiş ve LED'in mekanik eksenini ile optik eksenini arasındaki kayma miktarını ifade eden Δx ve Δy değerleri belirlenerek ölçüm sonuçlarının ortalaması alınmıştır. Şekil 3.27'de H_1 ve H_2 uzaklıkları ile Δx ve Δy değerlerinin farklı dalga boyundaki LED'ler için tespit edilmesini gösteren fotoğraf verilmiştir.

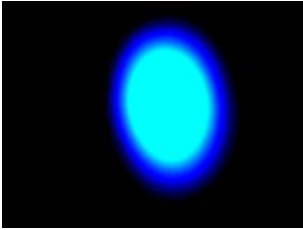





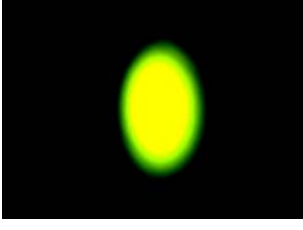
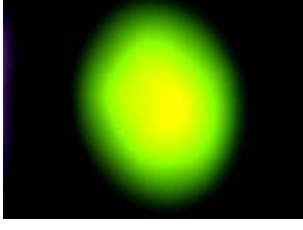

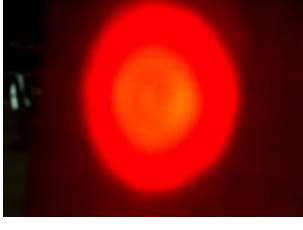


Şekil 3.27. LED'in, H_1 ve H_2 uzaklıklarının belirlenmesi ve Δx ile Δy değerlerinin ölçülmesi, **a)** 626nm dalga boyundaki ışın veren LED'in H_2 uzaklığındaki üç halkalı ışın lekelerinin fotoğrafı, **b)** 474nm dalga boyunda ışın veren LED'in H_1 uzaklığındaki homojen görünümlü ışın lekelerinin fotoğrafı.

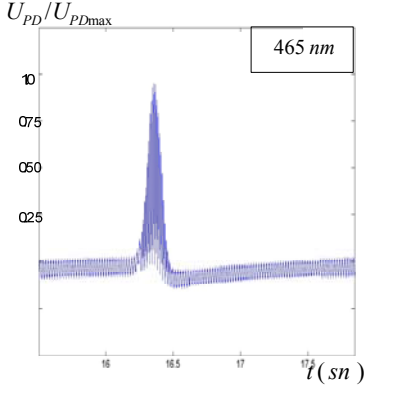
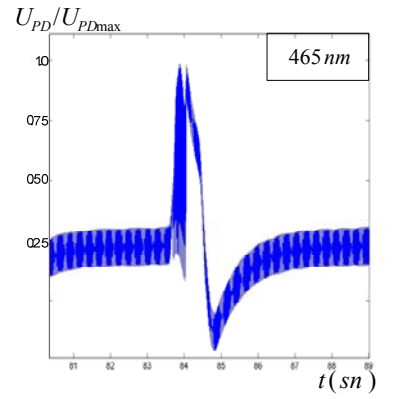
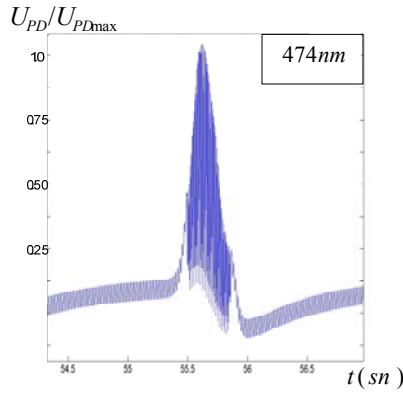
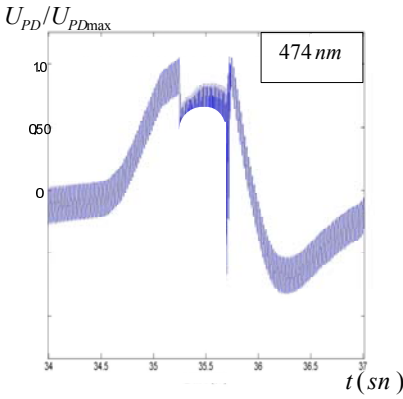
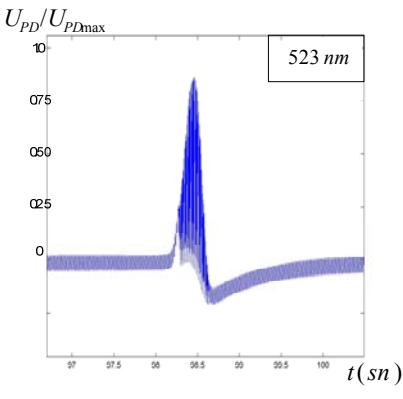
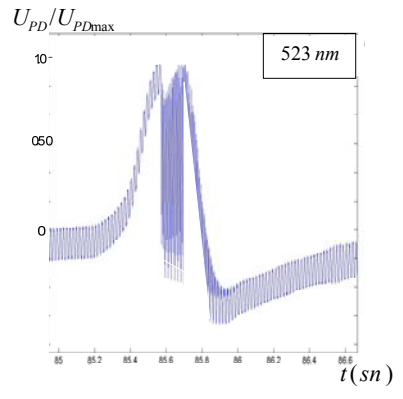
Çizelge 3.3. LBBH14W (SUN) 465nm, L5T20W (HQH) (SUN) 474nm, LBGH14W (SUN) 523nm, LZY14W (SUN) 592nm, LZE14W (SUN) 626nm, 530E850C (HB) 880nm LED'lerin H_1 , H_2 , D_1 , D_2 , D_3 , D_4 , Δx , Δy ve U_{PDmin}/U_{PDmax} parametrelerinin ölçüm değerleri.

LED IŞINLARI DALGA BOYU (nm)	465	474	523	592	626	880
D_1 (mm)	4	4	5	4	6	-
D_2 (mm)	12	12	11	10	9	x
D_3 (mm)	17	17	16	20	14	2.5x
D_4 (mm)	11	9	10	6	8	x
Δx (mm)	2	2	1	1	1	-
Δy (mm)	1	1	3	1	2	-
U_{PDmin}/U_{PDmax}	0.73	0.82	0.9	0.57	0.58	0.83

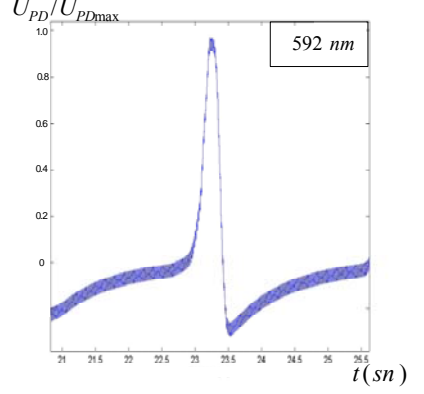
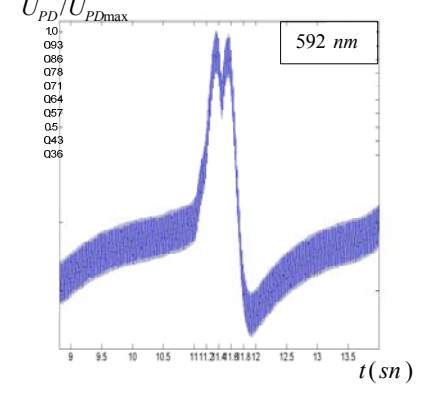
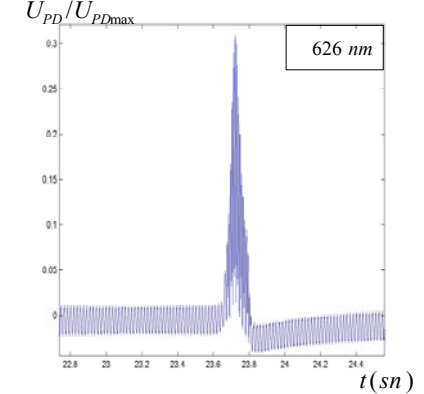
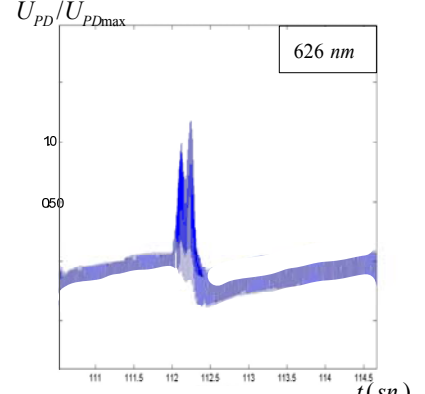
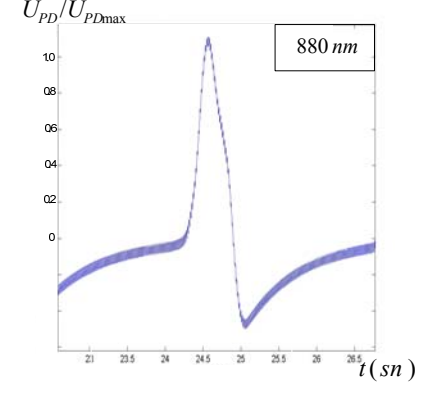
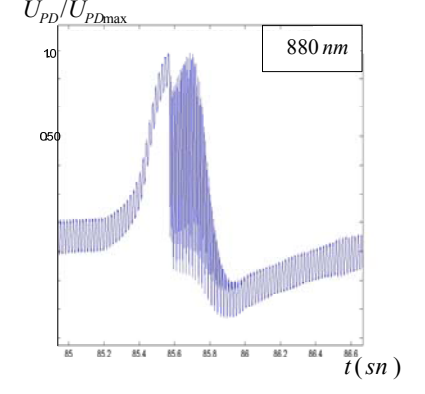
Çizelge 3.4. LED'lerden H_1 ve H_2 uzaklıklarında olan ve LED'in optik eksenine dik doğrultuda yerleştirilen milimetrik ölçeklenmiş yüzey üzerine düşürülen ışın lekelerinin fotoğrafları.

DALGA BOYU $\lambda(\text{nm})$ $H_1(\text{mm}) , H_2(\text{mm})$	i) H_1 uzaklığında	ii) H_2 uzaklığında
465 $H_1=20 , H_2=40$		
474 $H_1=10 , H_2=20$		
523 $H_1=10 , H_2=20$		
592 $H_1=10 , H_2=30$		
626 $H_1=10 , H_2=30$		

Çizelge 3.5. H_1 ve H_2 uzaklıkları için, 465nm, 474nm ve 523nm dalga boyundaki LED ışınları ile taranan fotodiyot işaretinin genliğinin ışın şiddetine göre değişimi.

Dalga boyu $\lambda(nm)$	i) H_1 uzaklığında	ii) H_2 uzaklığında
465		
474		
523		

Çizelge 3.6. H_1 ve H_2 uzaklıkları için, 592nm, 626nm ve 880nm dalga boyundaki LED ışınları ile taranan fotodiyot işaretinin genliğinin ışın şiddetine göre değişimi.

Dalga boyu $\lambda(nm)$	i) H_1 uzaklığında	ii) H_2 uzaklığında
592		
626		
880		

3.5. Chenille İpliğinin Statik Ölçüm Yöntemi ile İncelenmesi

Bu bölümde, Chenille ipliğinin bozukluklarının algılanmasına etki eden parametreler, ipliğin fotoalıcı ve ışın verici arasında sabit bir konumda (hareketsiz) olduğu statik ölçüm yöntemi kullanılarak araştırılmıştır. Statik ölçüm yönteminde incelemek üzere değişik malzemelerden üretilmiş Chenille iplikleri kullanılmıştır. Işının, Chenille ipliklerinin yapısından geçmesiyle oluşan gürültü işaretlerinin genliği, birebir karşılaştırılabilmesi açısından, aynı makinede üretilmiş ve hav sıklıkları özdeş olan iplikler için incelenmiştir. İplikler nem, toz, güneş ışığı gibi etkenlerden korunmak üzere naylon paketlerde muhafaza edilmiştir. Fotoalıcıdan elde edilen ölçümler her bir iplik türü için özdeş koşullar sağlanarak elde edilmiştir. Işın verici olarak kullanılan farklı dalga boylarında ışın vericilerin tozdan etkilenmemesine dikkat edilmiştir. Fotoalıcı olarak kullanılan PD333-3C/H0/L2 fotodiyot, gün ışığından etkilenmemesi için önünde açıklık değeri ayarlanabilen bir yarık bulunan metal alaşımlı başlığın içerisine yerleştirilmiştir. Statik yöntemde, fotoalıcı ve ışın verici arasına yerleştirilen Chenille ipliklerinin metrik numaraları özdeş seçilerek, birim uzunlukta yer alan ipliğin kütlesi her bir iplik türünde sabit seçilmiştir. Her bir iplik türü için, hav ipliklerinin malzemesi ile kilit iplikleri aynı malzemeden seçilmiştir. Başka bir deyişle malzeme türü, ışının ipliğin yapısından geçme oranını etkileyen bir parametre olduğundan, her bir iplik için hav ve kilit ipliklerinde aynı türde hammadde kullanılmıştır.

Bir Chenille ipliğinin karakteristik özelliklerini belirleyen hammadde ve üretim parametreleri bulunmaktadır. Hammadde parametrelerini belirleyen bileşenler aşağıdaki maddeler halinde sıralanabilir.

- 1) Kilit iplik numarası (kalınlığı),
- 2) Hav ipliği numarası (kalınlığı),
- 3) Kilit ipliğinin üretildiği malzeme türü,
- 4) Hav ipliğinin üretildiği malzeme türü,
- 5) İpliğin birim kesitinde bulunan hav lifi miktarı (hav ipliği lif numarası),
- 6) Kilit ve hav ipliklerinin kütleli oranı.

İpliğin üretimini gerçekleştiren makinede ayarlanan parametreler aynı şekilde ipliğin karakteristik özelliklerini etkilemektedir. Bunlar,

- 1) Hav uzunluğunu ve numarasını belirleyen kalibre numarası,
- 2) Hav sıklığını belirleyen döner başlığın birim zamandaki devir sayısı,
- 3) İpliğin oluşum bölgesinde açılı ile belirlenen büküm miktarı,
- 4) İpliğin numarası ve büküm miktarını belirleyen birim zamandaki üretilen ve kopslara sarılan iplik uzunluğu değeri,
- 5) İğ devir sayısı

şeklinde sıralanabilir.

İpliğin karakteristik özelliklerini belirleyen parametreler incelenen iplik türleri için özdeş seçilmiştir. Çalışmada 3Nm numaralı pamuk, polyester, akrilik, viskon, yün iplikler kullanılmıştır. Belirtilen iplikler dışında ışınların geçmesinin ve optik sisteme olan etkisinin incelenmesi açısından 5.5Nm polyester, 4.2Nm akrilik, 9Nm polyester iplikler kullanılarak iplik kalınlığının optik sisteme etkisi incelenmiştir. Aynı numarada olan ipliklerde büküm miktarı, hav sıklığı, kalibre numarası, döner başlığın devir sayısı, üretim hızı, bıçağın kalibreye girme mesafesi aynı değerde seçilmiştir. Şekil 3.28’de çalışmada kullanılan Chenille ipliklerine ait fotoğraf verilmiştir.



Şekil 3.28. Çalışmada kullanılan Chenille ipliklerinin fotoğrafı.

Chenille iplikleri, üretildikleri hammaddenin karakteristik özelliklerini taşıdığından kullanım alanlarını belirleyen önemli faktör malzeme türü olmaktadır. Büküm miktarı, hav uzunluğu, iplik numarası, kilit ve hav ipliklerinin malzeme türü ipliğin özelliklerini belirleyen diğer bileşenlerdir. Giyim sanayine ve ev tekstiline yönelik, hav uzunluğu 2mm’ye kadar olan, metrik numarası 2-10 arasında değişen farklı

görünüm ve yapıda Chenille iplikleri üretilmektedir. İpliklerde malzeme olarak akrilik, polyester, pamuk, viskon, yün, ipek ve keten kullanılmaktadır. Kilit iplikleri ve havların malzemesi istenen özelliklerin sağlanabilmesi için aynı malzemeden veya farklı malzemeden seçilebilmektedir.

Çizelge 3.7’de optik algılayıcının geliştirilmesi amacıyla çeşitli dalga boyundaki ışınlar ile aydınlatılarak optik modelin incelemesi için kullanılan Chenille ipliklerinin üretim parametreleri verilmiştir.





Çizelge 3.7. Çalışmada kullanılan Chenille ipliklerinin karakteristik özellikleri.

Chenille İplik Türü	Pamuk	Viskon	Akrilik	Polyester	Yün
Hav İplik Malzemesi	Pamuk	Viskon	Akrilik	Polyester	Yün
Kilit İplik Malzemesi	Pamuk	Viskon	Akrilik	Polyester	Yün
İplik No (Nm)	3	3	3-4.2	3-5.5-9	3
Hav İplik No (Ne)	20/1	20/1	20/1	20/1	20/1
Kilit İplik No (Ne)	20/1	20/1	20/1	20/1	20/1
Kilit İplik Adedi	2	2	2	2	2
Hav İplik Adedi	1	1	1	1	1
Bıçak Kesiti (mm)	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
Kalibre (mm)	1	1	1	1	1
Chenille İplik Bükümü (T/m)	820S	820S	820S	614S	820S
Hav Lif Kalınlığı (μ)	22	22	22	20	20
Hav İplik Bükümü (T/m)	786Z	786Z	786Z	714Z	786Z
Kilit İplik Bükümü (T/m)	598Z	598Z	598Z	429Z	598Z
Üretim Hızı (m/dak)	21	21	21	26	21
Döner Başlık Hızı	18000	18000	18000	13300	18000





Karakteristik özellikleri verilen ve bu çalışmada ışın geçirme özelliklerine göre algılayıcı işaretinde oluşturdukları gürültü işareti ve değişik uzunluklarda modellenen

bozuk bölgelerinden elde edilen işaretin genliği incelenerek optoelektronik algılayıcı sisteminin geliştirilmesinde kullanılmış olan değişik malzemelerden üretilmiş Chenille ipliklerine ait 35/1 oranında büyütülmüş fotoğraflar Çizelge 3.8.a ve Çizelge 3.8.b’de verilmiştir.

Çizelge 3.8.a. Çalışmada incelenen Chenille ipliklerinin 35/1 oranında büyütülmüş fotoğrafları.

<p>Pamuk 3Nm</p>	
<p>Viskon 3Nm</p>	
<p>Akrilik 3Nm</p>	
<p>Akrilik 4.2Nm</p>	

Çizelge 3.8.b. Çalışmada incelenen Chenille ipliklerinin 35/1 oranında büyütülmüş fotoğrafları (Polyester 5.5Nm iplik 13300devir/dak hızında üretilmiştir).

Polyester 3Nm	
Polyester 5.5Nm	
Polyester 9Nm	
Yün 3Nm	

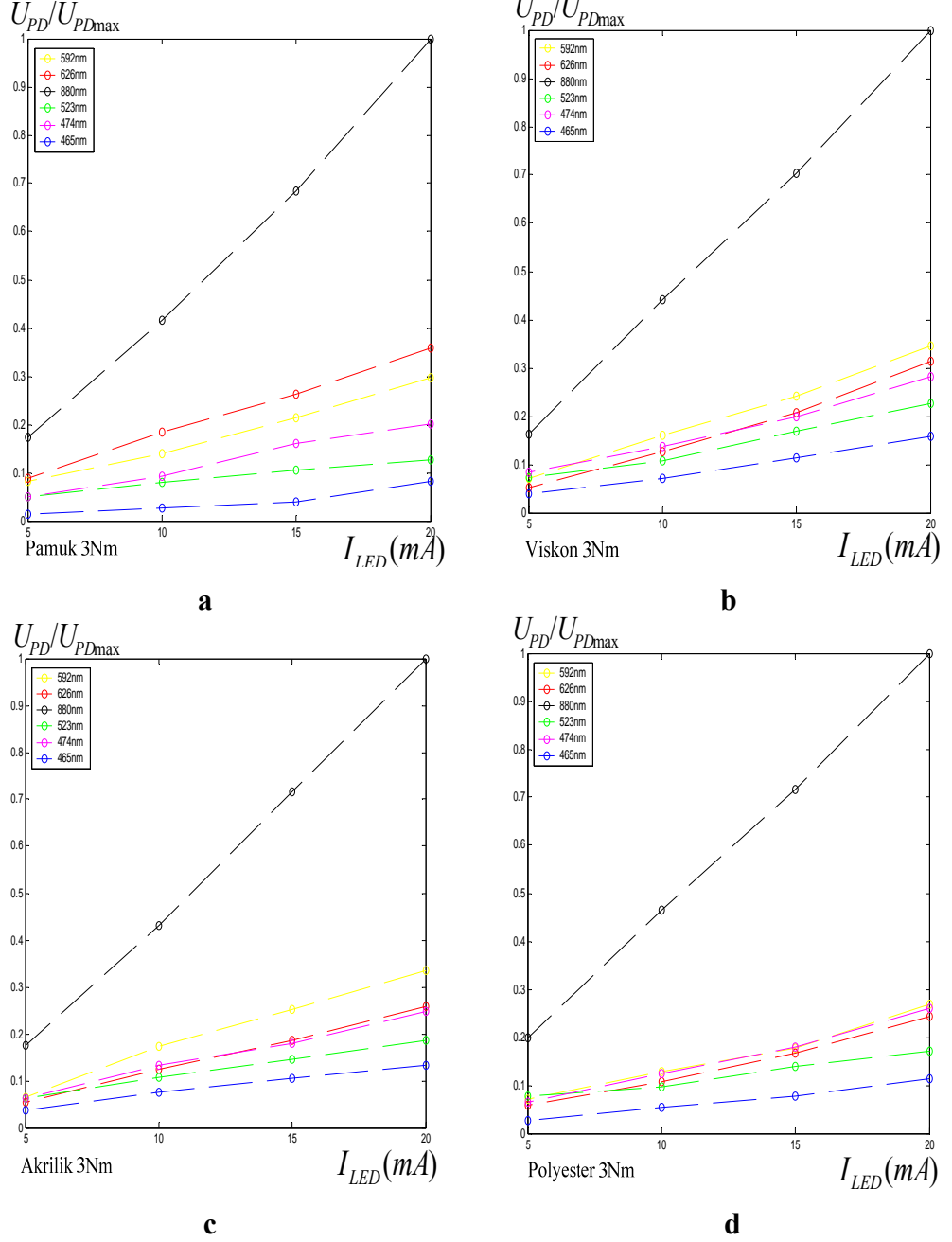
3.5.1. Farklı dalga boyundaki ışınların Chenille ipliğinin yapısından geçmesi

Şekil 3.1’de verilen deney düzeneği kullanılarak Çizelge 3.8.a ve Çizelge 3.8.b’de fotoğrafları görülen Chenille iplikleri statik ölçüm ile farklı dalga boyunda ışın vericilerin ışınları ile aydınlatılmış ve ışın geçirme özellikleri incelenmiştir. Fotodiyot önündeki açıklık miktarı iplik kalınlığına göre 0.1mm duyarlılığında ayarlanabilecek şekilde tasarlanmış ve bu açıklığın değeri çelik teller ile ölçülerek 0.1-3mm aralığında ölçeklendirilmiştir.

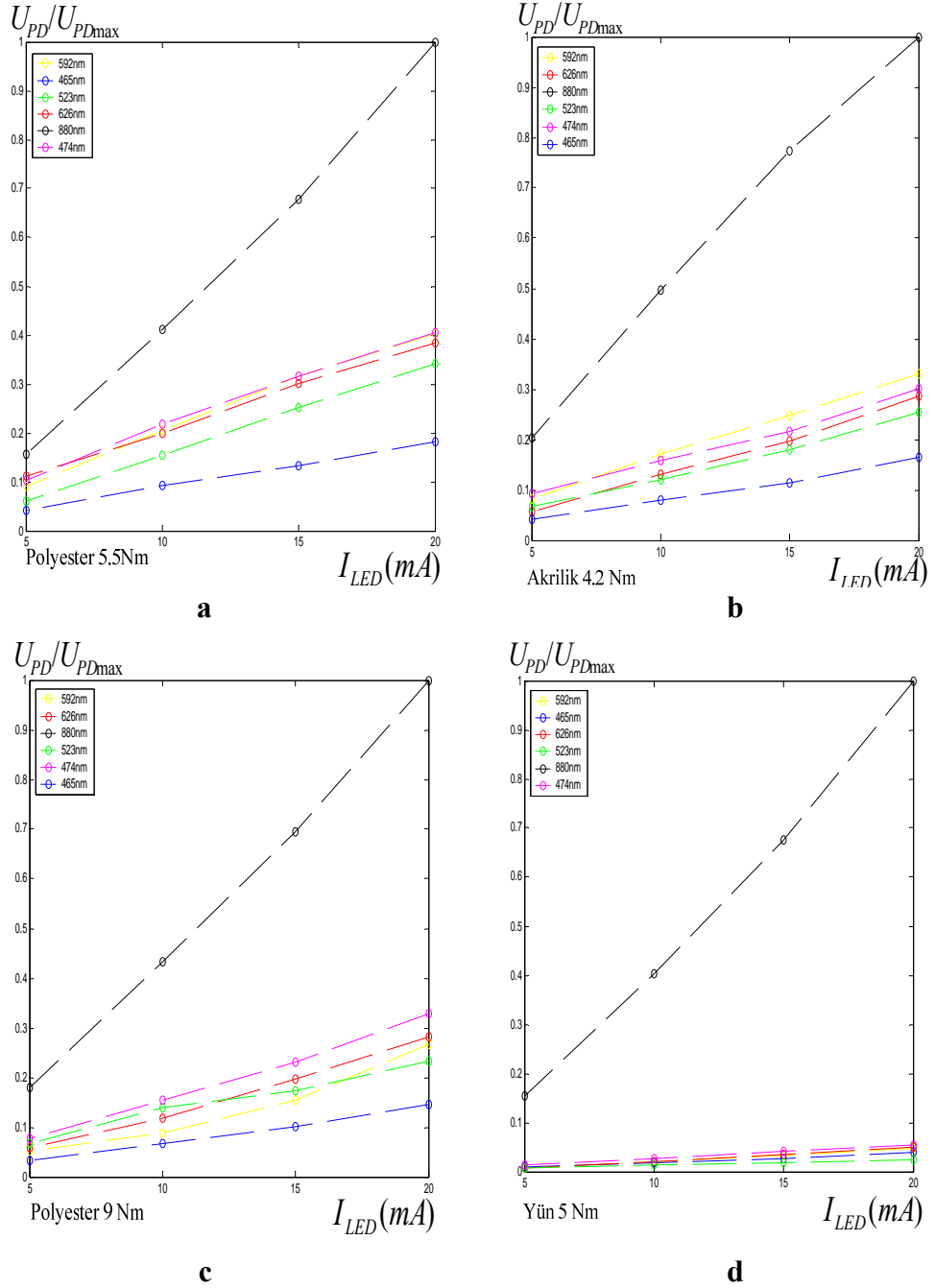
Chenille ipliklerinin ışın geçirme özellikleri incelenirken Şekil 3.1’de ifade edilen parametreler aşağıda belirtilen özelliklerde seçilmiştir.

- 1) Fotodiyotun LED’e olan uzaklığını ifade eden L değeri, Bölüm 3.4’de farklı dalga boyundaki ışın vericiler için belirlenen ışınların homojen dağılım gösterdiği H_1 uzaklığında seçilmiştir. $L=H_1$ seçilmesi, iplik yüzeyine gelen ışın şiddetinin aydınlatılan iplik bölgesi içerisinde her noktada aynı olmasını sağlamaktadır.
- 2) Fotodiyot önündeki açıklığı ifade eden d parametresi ışın geçirme özellikleri incelenecek olan ipliklerin kalınlığından daha az olan 0.8mm değerine ayarlanarak ($d < d_y$) ipliklerin oluşturduğu gürültü işaretleri genlikleri elde edilmiştir.
- 3) Açıklığı belirleyen düzlemin fotodiyota olan uzaklık değerini ifade eden g parametresi, fotodiyot yüzeyini örten cam ile alt ve üst örtücü kapak kalınlığının belirlediği minimum değer olan 2mm seçilmiştir.
- 4) İpliğin LED’e olan uzaklığını ifade eden H parametresi, iplik, algılayıcı sistemde fotodiyotun yerleştirildiği silindirik sabitleyicinin açıklığının yüzeyi üzerine yerleştirildiğinden ve iplik kalınlığı LED’in yarığa olan uzaklığının yanında ihmal edilebilecek kadar küçük kabul edildiğinden L parametresine eşittir ($H \cong L$).
- 5) Fotodiyotun jonksiyon alanını ifade eden a değeri 1.5mmx1.5mm değerindedir.
- 6) Işıma diyagramı açısı olan $\omega/2$ incelenecek tüm ışın vericiler için 30° seçilmiştir.
- 7) $\varphi/2$ açısal değeri optik transfer oranını etkileyen açısal değerdir ve fotodiyot önündeki açıklık ile LED’in yarığa olan uzaklığı ile belirlenmektedir.

Değişik malzemelerden üretilmiş ipliklerin yapısından dalga boyu farklı ışınların geçmesiyle elde edilen fotodiyot işareti genliklerinin LED akımına göre değişimini ifade eden normalize edilmiş grafikler Şekil 3.29 ve Şekil 3.30'da verilmiştir.

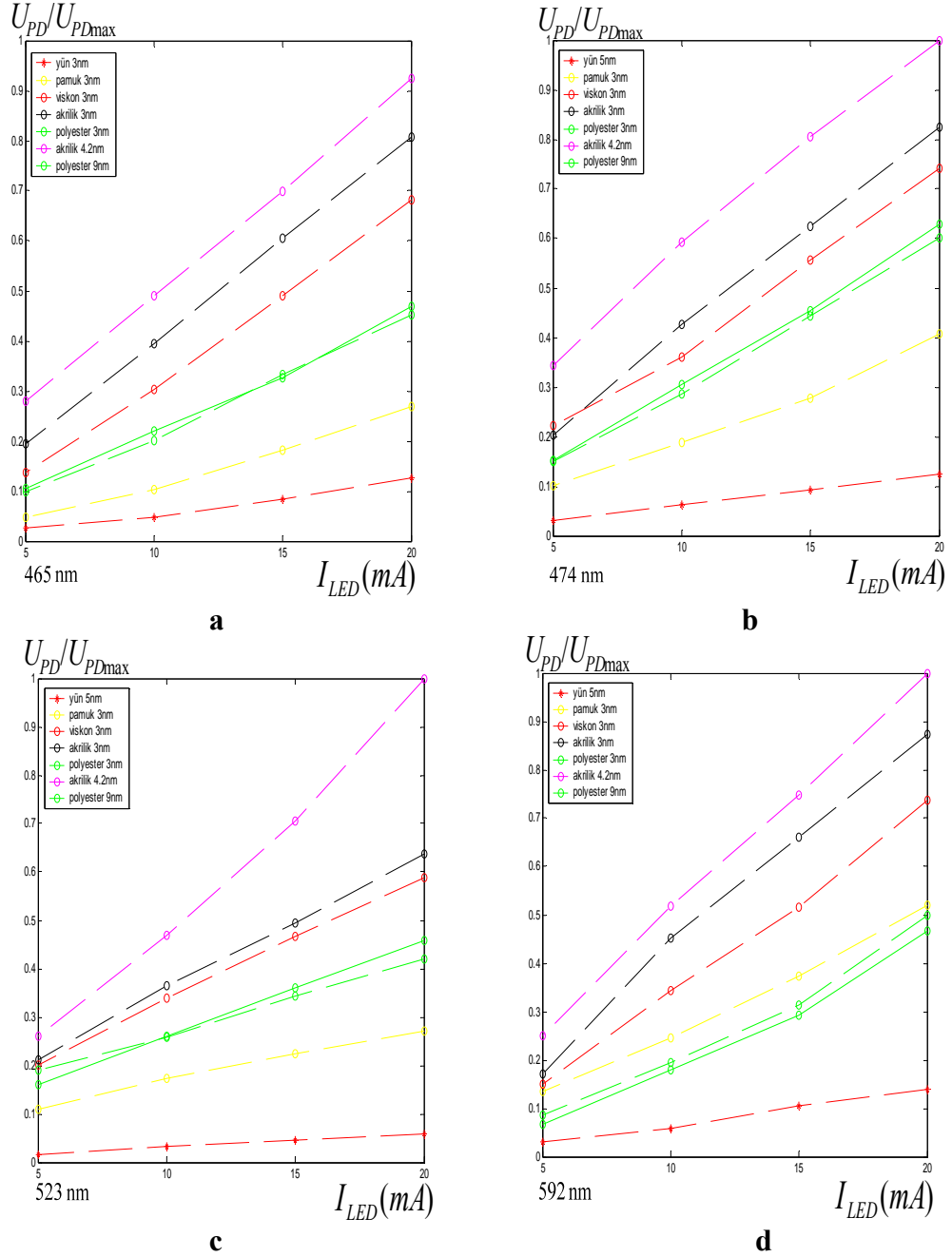


Şekil 3.29. Değişik malzemeden üretilmiş Chenille ipliklerinin yapısından geçen farklı dalga boyundaki ışınların şiddeti, **a)** Pamuk (3Nm), **b)** Viskon (3Nm), **c)** Akrilik (3Nm), **d)** Polyester (3Nm) Chenille ipliklerine ait grafikler (siyah 880nm, kırmızı 626nm, sarı 592nm, yeşil 523nm, açık kırmızı 474nm, mavi 465nm dalga boyundaki ışınları göstermektedir).

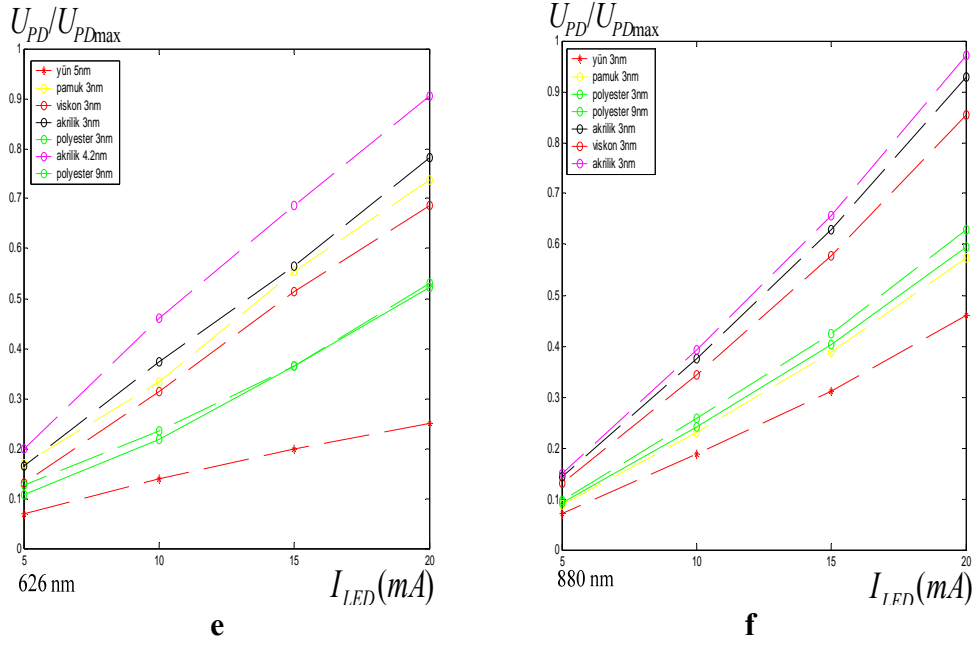


Şekil 3.30. Değişik malzemeden üretilmiş Chenille ipliklerinin yapısından geçen farklı dalga boyundaki ışınların şiddeti, **a)** Polyester (5.5Nm), **b)** Akrilik (4.2Nm), **c)** Polyester (9Nm), **d)** Yün (5Nm) Chenille ipliklerine ait grafikler (siyah 880nm, kırmızı 626nm, sarı 592nm, yeşil 523nm, açık kırmızı 474nm, mavi 465nm dalga boyundaki ışınları göstermektedir).

Şekil 3.31'de aynı dalga boyundaki ışınların fotodiyotta oluşturacağı gürültü işaretlerinin genliklerinin iplik malzemesine göre karşılaştırıldığı grafikler verilmiştir.



Şekil 3.31. a) 465nm, **b)** 474nm, **c)** 523nm, **d)** 592nm dalga boyundaki ışınların fotodiyotta oluşturacağı gürültü işaretlerinin iplik malzemesine göre karşılaştırıldığı grafikler (siyah akrilik 3Nm, kırmızı yün 5Nm, sarı pamuk 3Nm, yeşil (kesik çizgi) polyester 3Nm, açık kırmızı akrilik 4.2Nm, yeşil (sürekli çizgi) polyester 9Nm) iplikleri simgelemektedir.



Şekil 3.31. e) 626nm, **f)** 880nm dalga boyundaki ışınların fotodiyotta oluşturacağı gürültü işaretlerinin iplik malzemesine göre karşılaştırıldığı grafikler (siyah akrilik 3Nm, kırmızı yün 5Nm, sarı pamuk 3Nm, yeşil (kesik çizgi) polyester 3Nm, açık kırmızı akrilik 4.2Nm, yeşil (sürekli çizgi) polyester 9Nm iplikleri simgelemektedir).

3.5.2. Fotodiyotun önünde yer alan açıklığın optik algılama sistemine etkisi

Fotodiyotun, gövdesi içerisine yerleştirildiği silindirik sabitleyicinin üzerini alt ve üstten kapatan parçalar ile fotodiyot önünde 0.1mm duyarlılıkla ayarlanabilen dikdörtgen kesitli açıklık oluşturulmaktadır. d enine açıklığın genişliği ve U_{PD} fotodiyot çıkış gerilimi olmak üzere serbest uzayda fotodiyot işaretinin genliği (Onions ve Yates 1954);

$$U_{PD} = kd + a \quad (3.29)$$

bağıntısıyla açıklığın genişliği ile lineer şekilde değişmektedir. Fotodiyot önünde yer alan enine açıklığa yerleştirilen Chenille ipliğinin kalınlığı d_y simgesi ile gösterildiğinde $d > d_y$ için fotodiyot işaretinin genliği (Onions ve Yates 1954, Tsai ve Chu 1996 a);

$$U_{PD} = k(d - d_y) + b \quad (3.30)$$

şeklinde nümerik açıklığın eni ve iplik kalınlığının farkıyla lineer değişmektedir.

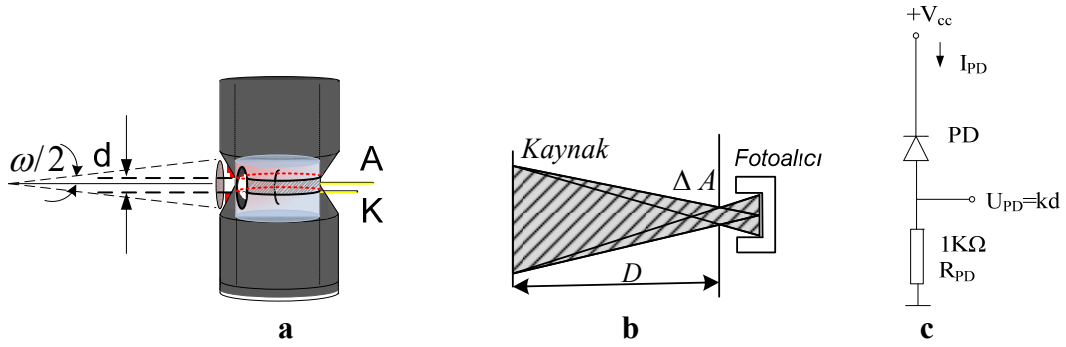
Işınların yayılımının mükemmel saydam olduğu ortamda (hava), saçılan ve soğurulan ışın gücü kaybı ihmal edildiğinde, tüm yönlere uniform ışın şiddeti yayan bir

kaynak ile fotosel arasında yerleştirilen ve yüzey alanı ΔA olan bir açıklıktan geçerek fotocele ulaşan ışınların gücü (Nicodemus ve ark. 1976);

$$\Delta\phi = L \frac{\Delta A \cos\theta}{D^2} \quad (3.31)$$

olmaktadır. Burada, $\Delta\phi$, fotoseldeki ışınların akısının ölçülen gücü; θ , ışınlar dik düzlemle fotosel algılama yüzeyi arasındaki açı; D , ışın kaynağı ile fotosel arasındaki uzaklık; L , ışın kaynağının ışın şiddetidir. Işınların doğrultusuna dik yerleştirilen fotosel için (3.31) Bağıntısında yer alan $\cos\theta = \cos(0^\circ) = 1$ olmaktadır.

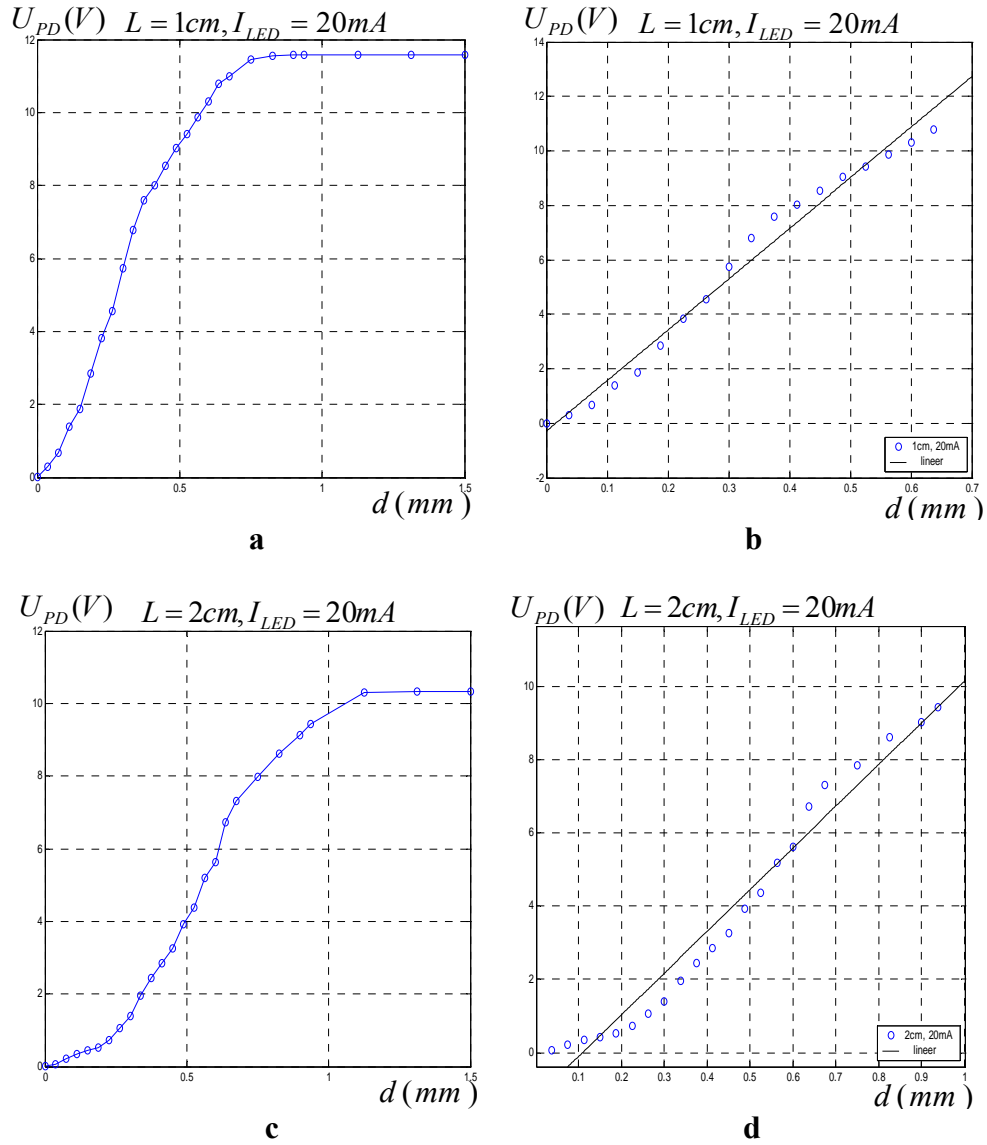
Şekil 3.32’de fotodiyotun önünde açıklık oluşturulması, açıklıktan fotodiyota ulaşan ışınlar ve açıklığın değişimine göre fotoalıcı işaretinin incelendiği fotoiletken çalışma şeklindeki fotodiyotun bağlantı şeması verilmiştir.



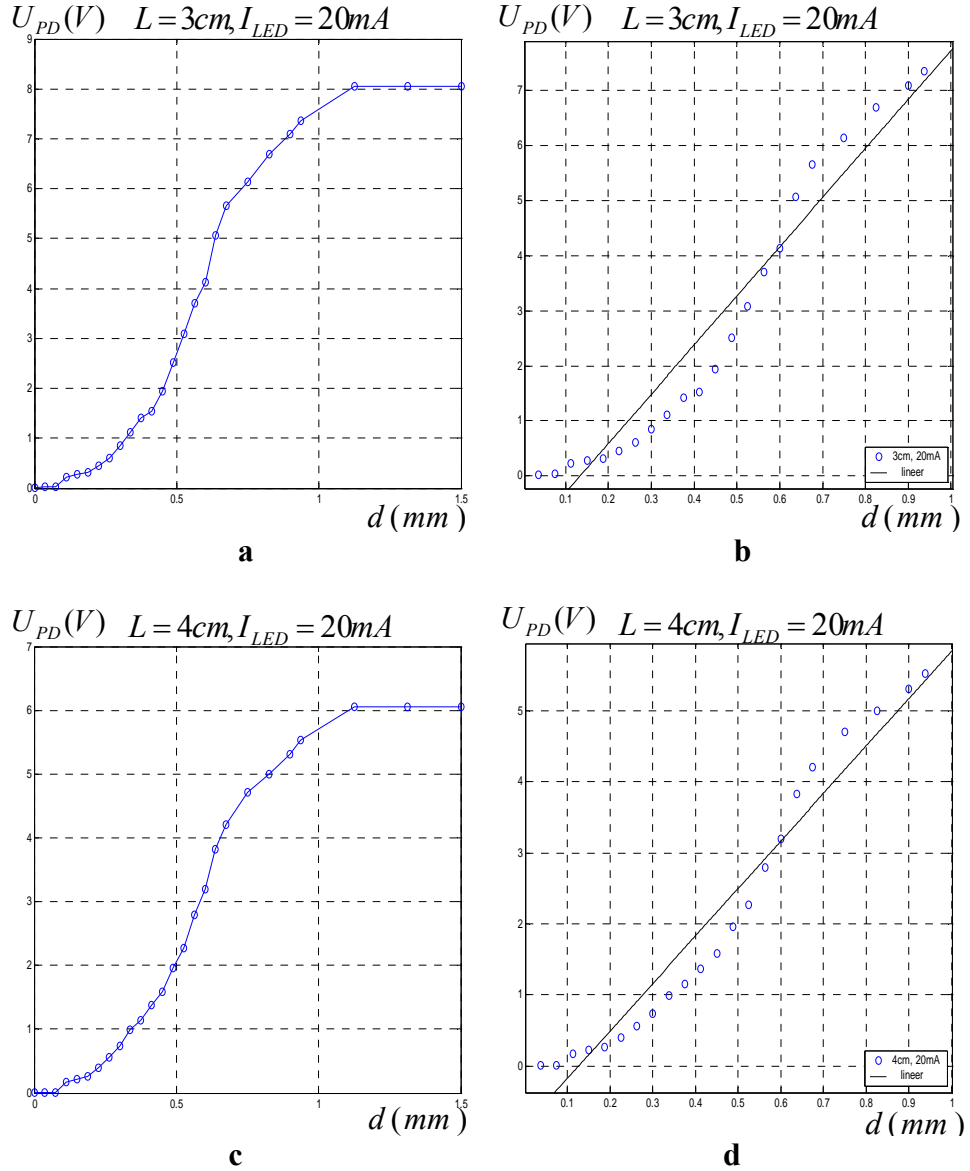
Şekil 3.32. Fotodiyot önünde yer alan enine açıklığın optik algılama sistemine etkisinin incelenmesi, **a)** fotodiyot önünde açıklık oluşturulması, **b)** açıklıktan fotoalıcıya ulaşan ışınlar (Nicodemus ve ark. 1976), **c)** fotoalıcı işaretinin genliklerinin değişiminin incelendiği fotoiletken çalışma şeklindeki fotodiyot devresi.

626nm dalga boyunda ışın veren LZE14W (Sun) LED için LED akımı $I_{LED} = 20mA$ seçilerek fotodiyotun LED’e olan uzaklığı 1cm adımlarla 1-4cm aralığında ve fotodiyot önündeki açıklığın eni 0.1mm adımlarla 0-1.5mm aralığında değiştirilerek fotodiyot işaretlerinin genlikleri gözlemlenmiştir. Açıklığın yatay eksenindeki uzunluğu (boyu) 1cm’dir ve ölçümlerde sabit alınmıştır. Açıklığın dikey eksenindeki uzunluğu (eni) $d=0-1.5mm$ aralığında değiştirilmiştir. Şekil 3.33 ve Şekil 3.34’de çıkış gerilimlerinin açıklığa göre değişimini gösteren grafikler verilmiştir. $L=1cm$ için açıklık eninin 0.7mm ve daha büyük değerlerinde fotodiyot doyuma girmektedir. Açıklık eninin bu sınır değerden daha küçük olduğu bölgede fotodiyot işaretinin genliğinin yarığın enine göre değişimi Şekil 3.33.b’deki grafikte gösterildiği

gibi lineerdir. $L=2\text{cm}$ için açıklık eninin 1.3mm 'den daha büyük değerlerinde fotodiyot işareti 10.58V genliğinde sabit kalmaktadır. Şekil 3.33.d'de gösterilen grafikte, $L=2\text{cm}$ için açıklık eninin 1.3mm sınır değerinden daha küçük olduğu bölgede fotodiyot işaretinin genliği yarığın enine göre lineer olarak değişmektedir. $L=3\text{cm}$ için, fotodiyot işareti yarık boyutunun 1.3mm değerine kadar lineer olarak artmakta ve $d=1.3\text{mm}$ sınır değerinden yüksek açıklık değerleri için sabit kalmaktadır.



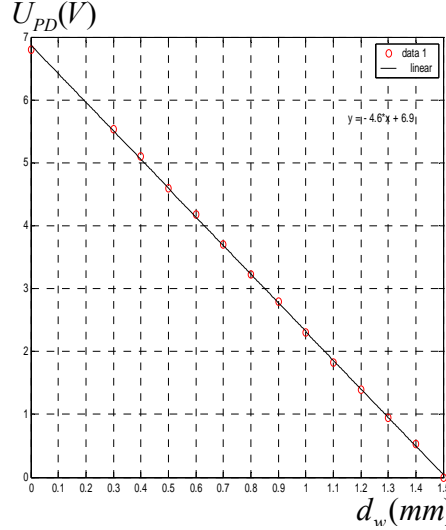
Şekil 3.33. Serbest uzayda fotodiyot önündeki açıklığa göre fotodiyot işaretlerinin genliklerinin değişimi, **a)** $L=1\text{cm}$, $h=2\text{mm}$ ve $d=0.1-1.5\text{mm}$ aralığında fotodiyot işaretinin değişimi, **b)** $L=1\text{cm}$, $h=2\text{mm}$ ve $d=0.1-1\text{mm}$ aralığında yaklaşık lineer değişimli fotodiyot işareti, **c)** $L=2\text{cm}$, $h=2\text{mm}$ ve $d=0.1-1.5\text{mm}$ aralığında fotodiyot işaretinin değişimi, **d)** $L=2\text{cm}$, $h=2\text{mm}$ ve $d=0.1-1\text{mm}$ aralığında yaklaşık lineer değişimli fotodiyot işareti.



Şekil 3.34. Serbest uzayda fotodiyot önündeki açıklığa göre fotodiyot işaretlerinin genliklerinin değişimi, **a)** $L=3\text{cm}$, $h=2\text{mm}$ ve $d=0.1-1.5\text{mm}$ aralığında fotodiyot işaretinin değişimi, **b)** $L=3\text{cm}$, $h=2\text{mm}$ ve $d=0.1-1\text{mm}$ aralığında yaklaşık lineer değişimli fotodiyot işareti, **c)** $L=4\text{cm}$, $h=2\text{mm}$ ve $d=0.1-1.5\text{mm}$ aralığında fotodiyot işaretinin değişimi, **d)** $L=4\text{cm}$, $h=2\text{mm}$ ve $d=0.1-1\text{mm}$ aralığında yaklaşık lineer değişimli fotodiyot işareti.

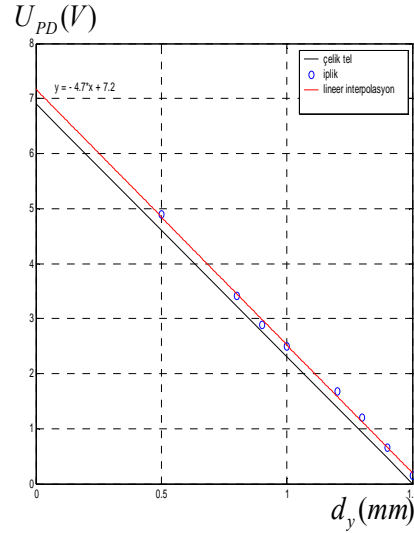
Optik modelin incelenmesi için geliştirilen deney düzeneğinde, fotodiyot önündeki açıklık, fotodiyotun algılayıcı yüzeyinin kenar uzunluğuna ayarlanarak ($d=a$) çapları 0.3mm'den 1.5mm'ye kadar değişen çelik teller ($d_w=0.3-1.5\text{mm}$) fotodiyot önündeki açıklığa yerleştirilmiş ve fotodiyot işaretlerinin genlikleri elde edilmiştir. 0.1mm aralıklara çapları artan her bir tel örneğine ait on farklı ölçümün ortalaması alınmıştır. Tellerin kalınlığına göre fotodiyot işaretlerinin genliğini ifade eden grafik

Şekil 3.35’de verilmiştir. Bağntı (3.30) dikkate alınarak telin kalınlığının fotodiyotun algılayıcı yüzeyinin kenar uzunluğuna göre değişim ifadesi için lineer bağntı elde edilmiştir.



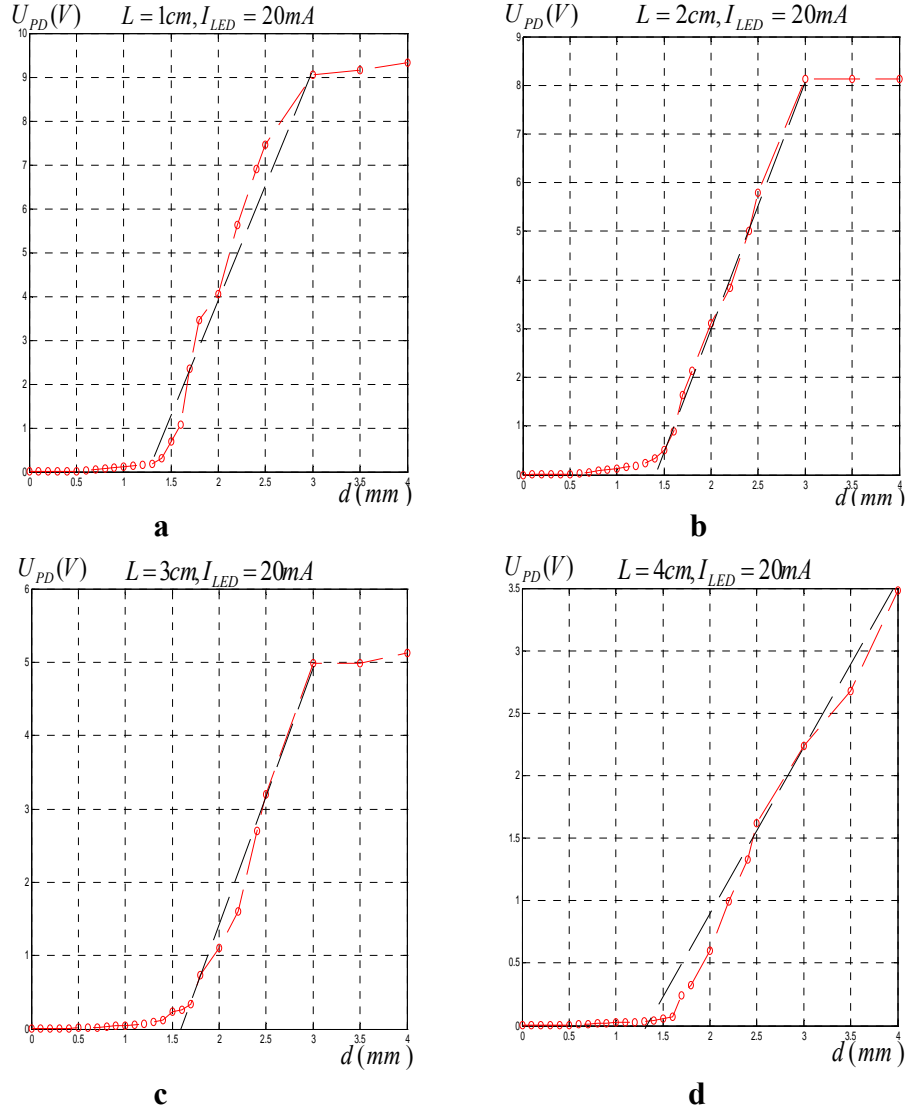
Şekil 3.35. Çapları 0.3mm ile 1.5mm arasında değişen çelik tellerin, fotodiyot önündeki açıklığa yerleştirilmesiyle elde edilen fotodiyot işaretlerinin genliklerinin tellerin çapına göre değişimi ($d=a=1.5mm$, $L=2cm$, $I_{LED}=15mA$, $d_w=0.3-1.5mm$, $h=2mm$).

Farklı kalınlıkta Chenille ipliklerinin fotodiyot önündeki açıklığa yerleştirilmesiyle fotodiyot işaretlerinin genliğinin iplik kalınlığına göre değişimi incelenmiştir. Hav ipliklerinin kilit iplikleri üzerinde diziliminin getirdiği yapısal boşluklardan geçen ışınların fotodiyot işaretinin genliğini yükseltmesi nedeniyle fotodiyot işaretlerinin genliği, aynı kalınlıktaki çelik tellerden elde edilen işaretlerin genliklerinden daha büyük olmaktadır. İpliğin yapısından geçen ışınların neden olduğu gürültü işareti genlikleri, fotodiyot algılayıcı yüzeyinin iplik tarafından engellenmeyen bölümüne gelen ışınlar ile elde edilen işaretlerin genliklerine göre çok düşük olduğundan, gürültü işareti algılayıcı işaretini bastıramamaktadır. $d_w=0.9mm$ Kalınlığında tel ile $U_{PD}=2.76V$ genlik elde edilirken aynı kalınlıkta pamuk Chenille iplik ile $U_{PD}=2.83V$ işaret genliği ölçülmektedir. İplik nedeniyle oluşan gürültü gerilimi $U_{FON}=70mV$ ve $SNR=40.42$ olduğundan, iplik kalınlıkları işaret genliğine göre belirlenebilmektedir. Şekil 3.36’da kalınlıkları farklı ipliklerden elde edilen işaretlerin genliklerinin iplik kalınlığına göre değişimini gösteren grafik verilmiştir.



Şekil 3.36. Değişik çaplarda Chenille ipliklerinin, fotodiyot önündeki açıklığa yerleştirilmesiyle elde edilen fotodiyot işaretlerinin genliklerinin ipliğin çapına göre değişimi (siyah doğru-çelik tel çapları, kırmızı doğru-iplik çapları, $d=a=1.5mm$, $L=2cm$, $I_{LED}=15mA$, $d_y=0.5-1.5mm$, $h=2mm$).

Şekil 3.36’da, 3Nm pamuk Chenille ipliklerin çaplarına göre değişen fotodiyot işaretinin genliklerini gösteren doğru, lineer interpolasyon ile elde edilmiştir. Şekil 3.37’de, ortalama çapı 1.3mm olan 3Nm pamuk Chenille iplik fotodiyot önünde yer alan açıklığa yerleştirilerek açıklığın dikey eksenindeki uzunluğuna göre fotodiyot işaretinin genliğinin değişimini gösteren grafikler verilmiştir. Açıklıkta iplik olması durumunda, açıklık uzunluğunun iplik kalınlığından daha büyük olduğu bölgede, açıklık uzunluğu ile işaretin genliği lineer değişmektedir. Açıklık uzunluğunun iplik kalınlığına eşit seçilmesi ($d=d_y$), ipliğin yapısından geçen ışınların oluşturduğu gürültü sinyali genliğinin çok düşük olması nedeniyle SNR’ın yüksek olmasını sağlamaktadır ve ipliğin μm uzunluğundaki bozuk bölümleri bu durum için fotodiyot işaretinin genliği ile belirlenmemektedir. Ancak $d=d_y$ olması durumunda, fotodiyot işaretinin genliği, iplik kalınlığının açıklık uzunluğundan daha küçük olan bölgeleri ile değişirken, ipliğin kalınlığının açıklık uzunluğundan daha büyük olan bölgelerini gösterememektedir. Bu nedenle optik sistemde $d=d_y$ seçildiğinde, ipliğin $d_y > d$ eşitsizliğini sağlayan bölgelerinin kalınlığı fotodiyot işareti ile belirlenmemektedir. Açıklığın uzunluğu iplik çapından daha küçük seçildiğinde ($d \leq d_y$), fotodiyot işaretinin genliği ile ipliğin çap değişimleri belirlenmemektedir.



Şekil 3.37. Ortalama çapı 1.3mm olan 3Nm pamuk Chenille ipliğin fotodiyot önündeki açıklığa yerleştirilmesiyle elde edilen fotodiyot işaretinin genliğinin açıklığa göre değişimi, **a)** $L=1cm$, **b)** $L=2cm$, **c)** $L=3cm$, **d)** $L=4cm$.

Açıklığın uzunluğu ipliğin kalınlığından büyük olduğunda ($d > d_y$), açıklık uzunluğu ile ipliğin ortalama kalınlığı arasındaki fark ile lineer değişen fotodiyot işareti oluşmaktadır. Bu durumda, ipliğin μm kalınlığında olan bozuk bölgesi ile oluşan işaretin genliğinin, ipliğin bozuk olmayan bölgesinin oluşturduğu işaretin genliğine oranı olan SNR, ipliğin bozuk olmayan bölgesi ve açıklık arasındaki boşluktan geçen ışınların akısının artması nedeniyle azalmaktadır. Açıklık uzunluğu, bozuk bölgesi belirlenecek ipliğin ortalama kalınlığına eşit alındığında ($d = d_y$), bozuk bölgenin fotodiyot işareti genliğinin gürültü işareti genliğine oranı maksimum olmaktadır. Çeven ve Özdemir'in

(2005) bildirdiğine göre Ulcay ve Eren'in Chenille ipliği ile üretilen kumaşlarda aşınma nedeniyle oluşan ağırlık kaybının, diğer ipliklerle üretilen kumaşlardaki ağırlık kaybının 10 katı olduğunu belirlediği çalışma dikkate alınarak ipliğin sürtünme nedeniyle hav ipliklerini yitirmemesi için, açıklığın ipliğin kalınlığından %5-40 daha fazla seçilmesi ipliğin kalınlığının ve bozuk bölgesinin belirlenmesine uygun olmaktadır.

İplik yapısından geçen ışınlar ve fotodiyot önündeki açıklık deneylerine ait sonuçların değerlendirilmesi

Optik model incelemesinde, Şekil 3.1'de verilen deney düzeneği kullanılarak, açıklık iplik kalınlığından daha küçük seçilmiş ($d < d_p$) ve açıklığa çeşitli malzemelerden üretilmiş iplikler yerleştirilerek, iplik yapısındaki malzemenin ışın geçirme özelliğine bağlı olan ve ipliğin bozuk bölgesinin algılanmasına katkısı olmayan gürültü (fon) işareti genlikleri, ışın vericinin akımının değişimine göre belirlenmiştir. 880nm dalga boyunda ışın veren LED için gürültü işareti 250mV genliğine ulaşırken 880nm'den daha düşük dalga boyunda ışın veren LED'lerin ışınları iplik yapısından daha az geçme özelliğinde olduğundan, düşük dalga boyundaki bu ışın vericiler için gürültü işareti ihmal edilebilecek kadar düşük seviyede ölçülmüştür. Örneğin 3Nm pamuk ipliğinin yapısında 1mm bozukluk oluşturulduğunda, ipliğin bozuk bölgesi ile elde edilen işaretin genlik seviyesinin, iplik yapısından geçen ışınların oluşturduğu gürültü işareti genliğine oranı, 626nm dalga boyundaki LED'in 20mA akım değerinde ve $L = 10mm$ için;

$$SNR \Big|_{L=10mm, I_{LED}=20mA} = 3V / 44.8mV = 66.96 \quad (3.32)$$

olarak hesaplanmıştır. $L = 10mm$ ve $I_{LED} = 15mA$ için, aynı ışın verici ile aynı iplikten elde edilen SNR;

$$SNR \Big|_{L=10mm, I_{LED}=15mA} = 2.4V / 30mV = 80 \quad (3.33)$$

olarak ölçülmüştür.

Gürültü işaretlerinin genliği, LED'in akımı ile yükselmektedir. İnceleme sonucunda optik algılama sisteminin tasarımında gürültü işaretinin genliğinin düşürülmesi için ışın vericinin yüksek akımlarının tercih edilmemesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Işın vericinin fotodiyota olan uzaklığı arttığında, fotodiyot işaretinin genliği uzaklığın karesiyle orantılı şekilde azaldığından, ipliğin bozuk bölgesi ile oluşan işaretin

genliği ile beraber gürültü işaretinin genliği de azalmaktadır. Işın vericinin akımı sabit tutularak $a_y=1mm$ uzunluğunda bozuk bölgesi olan 3Nm metrik numaralı pamuk iplik için değişik L uzaklıklarında SNR değerleri belirlenmiştir. $I_{LED} = 15mA$ ve $L_1=10mm$, $L_2=20mm$, $L_3=30 mm$ ve $L_4=40mm$ için SNR oranı sırasıyla $SNR_1=3.2V/57mV=56$, $SNR_2=2.7V/42mV=64$; $SNR_3=1.8V/25mV=72$ ve $SNR_4=1V/11mV=90$ şeklinde bulunmuştur.

Şekil 3.29 ve şekil 3.30’da verilen grafiklere göre, numara metrik kütesine ve malzemesine bağlı olmaksızın bütün Chenille iplik örnekleri için, incelenen diğer ışınlar için dalga boyu en yüksek olan kızılötesi ışınların geçme miktarı en fazladır. Yün malzemededen üretilmiş Chenille ipliği dışında, malzemesi ve metrik numarasına bağlı olmaksızın en az ışın geçme oranı 465nm dalga boyundaki ışınlar için gerçekleşmiştir. Pamuk 3Nm Chenille ipliklerinin yapısından kızılötesi ışınlardan sonra, dalga boyu büyük olan ışınlar daha fazla geçmektedir, ancak bu iplik türünde ışın geçme miktarının dalga boyu büyüklüğüne göre sıralanışı, 474nm dalga boyundaki ışınların 523nm dalga boyundaki ışınlar için iplik yapısından geçme oranının daha fazla olması ile bozulmaktadır. Numara metrik kütleleri 3 olan akrilik ve viskon Chenille ipliğinden kızılötesi ışından sonra en fazla 592nm dalga boyundaki ışınlar geçmektedir ve her iki malzemededen üretilmiş iplik için 474nm ve 626nm dalga boyundaki ışınların iplik gövdesinden geçme miktarları yaklaşık olarak aynıdır. 465nm ve 523nm dalga boyundaki ışınlar viskon ve akrilik iplikten en az geçen ışınlardır. Numara metrik kütleleri 3 olan polyester Chenille ipliğinden kızılötesi ışından sonra en fazla geçen ışınlar 474nm ve 592nm dalga boyundaki ışınlar ve geçme miktarları tamamen aynıdır. 626nm dalga boyundaki ışınların polyester iplikten geçme miktarı, 474nm ve 592nm dalga boyundaki ışınların geçme miktarına yakın değerdedir. 523nm ve 465nm dalga boyundaki ışınlar polyester iplikten en az geçen ışınlardır. Burada iplik yapısından geçen ışınlar, fotodiyot işaretinde belirlenen ve SNR’ı azaltan gürültü (fon) gerilimlerini oluşturmaktadır.

Aynı malzemededen üretilmiş olan ve ipliğin çapını belirleyen metrik numaraları farklı iplikler için ışın davranışlarının tamamen aynı olduğu gözlenmiştir. Diğer bir deyişle malzemeleri aynı, kalınlıkları farklı ipliklerden ışın geçme miktarları hav ipliklerinin hav sıklıkları özdeş olduğu anda aynıdır. İpliğin ışın geçirme özelliğini belirleyen en önemli faktörün, ipliğin üretildiği malzeme ve ikincisi de hav ipliklerinin

kilit iplikleri üzerindeki diziliminin yoğunluğu olduğu gözlemlenmiştir. 5.5 Numara metrik kütlesindeki polyester iplik ve 3Nm kütlesindeki polyester iplikten geçen ışınların dalga boyuna göre sıralanışı aynı dağılımı göstermektedir. Metrik kütlesi 5.5 olan polyester iplikten ışın şiddetine göre en fazla geçen ışınlar sırasıyla 880nm, 474nm, 592nm, 626nm, 523nm ve 465nm ışınlardır. Işın geçme miktarına göre ışınların dalga boyunun sıralanışı polyester 3Nm iplikle aynı olan polyester 5.5Nm ipliğin, ışın geçirme doğrularının eğimi polyester 9Nm iplikten daha fazladır. Hav sıklıkları aynı olan polyester 3Nm ve polyester 9Nm ipliklerden geçen ışınların şiddetinin ışın vericinin akımına göre değişim eğrileri özdeştir. Makinenin üretim hızı düşürülerek hav sıklığının diğer polyester ipliklere göre daha düşük seçildiği polyester 5.5Nm iplikten geçen ışınların oluşturduğu gürültü gerilimlerinin, diğer polyester ipliklerden daha fazla ölçülmüş olmasına rağmen, polyester 5.5Nm ipliğin gürültü gerilimlerinin büyüklüklerinin LED'in dalga boyuna göre sıralanışının diğer polyester iplikler ile aynı olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmada incelenen ve kalınlığı en büyük iplik olan akrilik 3Nm iplik için ışınların iplikten geçme miktarı diğer Chenille ipliklerinden daha fazladır. İpliğin malzemesinin ve hav sıklığının SNR'ı düşüren gürültü gerilimine birinci derecede etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

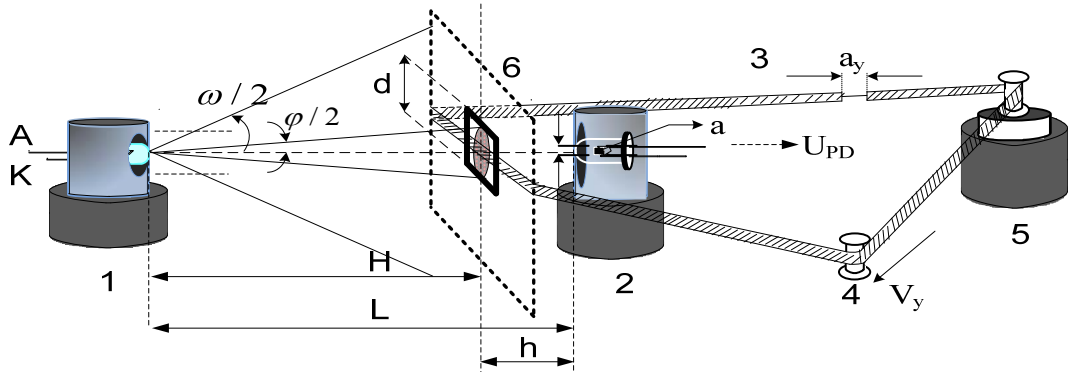
SNR'ın yüksek olması için fotodiyot önündeki açıklığın ipliğin kalınlığına eşit seçilmesi durumunda, iplik açıklığın kesitine boşluk kalmayacak şekilde yerleştiğinden, gürültü gerilimini yalnızca ipliğin yapısından geçen ışınlar oluşturmaktadır. Belirtilen gürültü işareti genlikleri, ipliğin bozuk bölgesi ile oluşan işaretin genliğine göre ihmal edilebilecek kadar düşüktür.

3.6. Chenille İpliğinin Hareket Halinde Olduğu Dinamik Sistem Modeli ile İncelenmesi

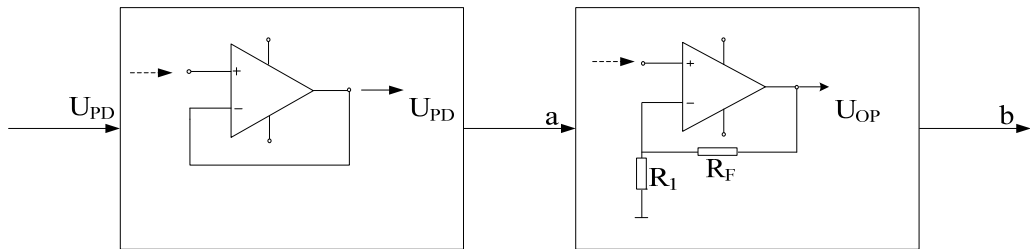
Chenille ipliği üretimi tamamlandıktan sonra, paketlenme işlemi öncesinde aktarma makineleri ile bobinlere sarılmaktadır. Bu bölümde Chenille ipliklerinin bobinlere aktarılması işlemi modellenerek ipliğin hareketli durumu için yapısal durumuna göre değişen optik algılayıcı işaretinin incelemesi yapılmıştır.

Şekil 3.1'deki deney düzeneğinde ipliğin, birim zamandaki devir sayısı ayarlanabilir bir doğru akım motorunun yardımıyla fotodiyot ve ışın verici arasında

hareketi sağlanmıştır. İplik, ışın verici ve fotodiyot arasında yer alan açıklıktan periyodik olarak geçmektedir. İpliğin hareketi, ışın verici ve fotodiyot arasında nümerik değeri ayarlanabilir bir enine açıklığın kesiti doğrultusundadır ve açıklığın fotodiyota olan uzaklığı ile açıklığın ışın vericiye olan uzaklıkları ayarlanabilmektedir. Hızı, motorun devir sayısının ayarlanması ile değiştirilebilen iplik, enine açıklığın yatay ekseninin bulunduğu düzlemi tarayacak şekilde hareket etmektedir. Açıklık, ipliğin fotodiyot ve ışın verici arasındaki hareketine kılavuzluk etmektedir ve iplik ile açıklığın aynı düzlem üzerinde oldukları kabul edilmiştir. Dikdörtgen kesitli açıklığın merkezi, fotodiyotun algılama yüzeyinin merkezi doğrultusundadır. Işın vericinin optik ekseninin doğrultusunun açıklığın merkezinden geçmesi sağlanarak ışın vericinin optik ekseninin fotodiyot algılama yüzeyinin merkezine yönlendirilmesi sağlanmıştır. Deney düzeneğinde, ışın vericinin akımı ve ışın vericinin fotodiyota olan uzaklığı ayarlanabilmektedir. Şekil 3.38’de ipliğin dinamik incelemesi için geliştirilen deney düzeneği ve Şekil 3.39’da deney düzeneğinden elde edilen fotosinyallerin incelendiği devrenin blok şeması verilmiştir.

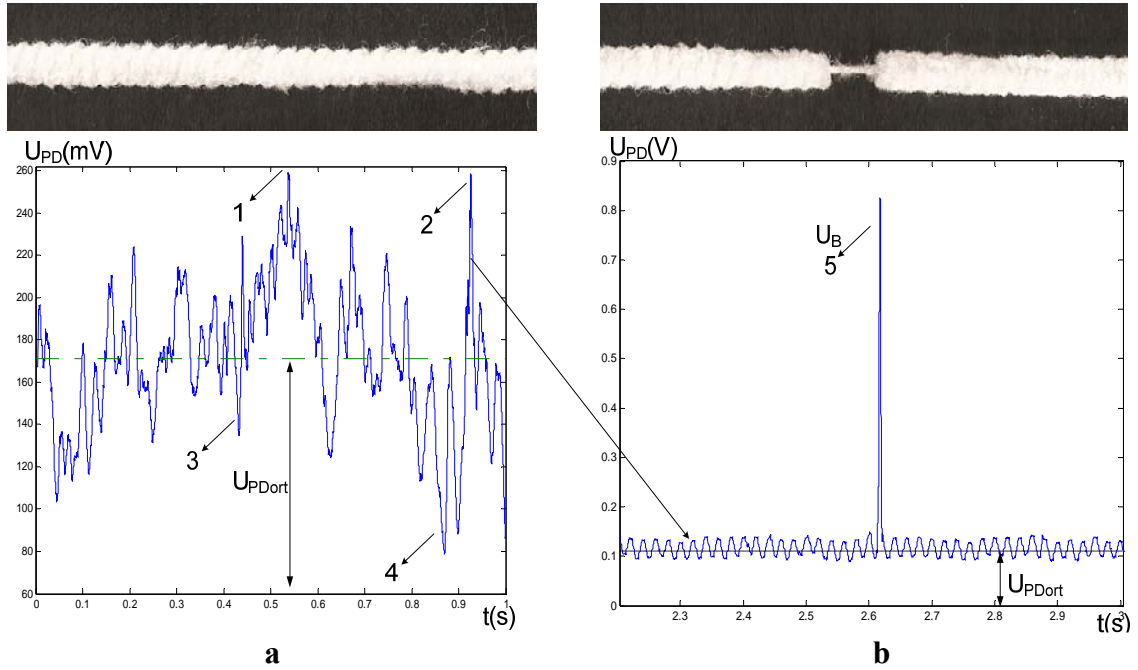


Şekil 3.38. İpliğin dinamik incelemesi için geliştirilen deney düzeneği, 1, ışın verici; 2, fotodiyot; 3, Chenille ipliği; 4, iplik kılavuzu; 5, birim zamandaki devir sayısı ayarlanabilir motor; 6, dikdörtgen kesitli açıklık düzlemi; a , fotodiyot algılama yüzey alanı; d , enine açıklığın nümerik değeri.



Şekil 3.39. Fotoiletken bağlantı şeklinde fotodiyot sinyalinin incelenmesi için kullanılan devrenin blok şeması.

Işın vericinin ışınları belirli bir hızda hareket eden iplik tarafından modüle edilerek fotodiyota ulaşmaktadır. Fotodiyottan elde edilen işaretler, ışın verici ve fotodiyot arasında belirli bir hızda hareket eden ipliğin kalınlığındaki değişimlere göre bir ortalama değerden sapmaktadır. İşaretin genliğinin yüksek olduğu noktalarda ipliğin çapı azalırken, işaretin genliğinin ortalama değerinden daha az olduğu kısımlarda iplik çapı artmaktadır. Şekil 3.40.a'da yapısında bozukluk olmayan ipliğin çapına göre değişen zaman işareti görülmektedir. İpliğin yapısında bozukluk olması durumunda, ipliğin bozuk bölümünün fotodiyot ve ışın verici arasında yer alan açıklıktan geçmesi, fotodiyot işaretinde, süresi bozukluk uzunluğu ve ipliğin hızına göre değişen darbe işaretinin oluşmasına neden olmaktadır. Şekil 3.40.b'de yapısında 1mm uzunluğunda bozukluğun yer aldığı ipliğin zaman işareti verilmiştir. İşaretlerin gerçek zamanlı olarak bilgisayara aktarılmasında 44100 örnek/s örnekleme frekansının seçildiği Goldwave programı kullanılmıştır. Goldwave programının ses işareti genliklerini IV seviyesinde sınırlandırması nedeniyle işaretin tepe değerlerinin kırılmaması için fotodiyotun anodunda yer alan direnç çıkışından alınan işaret (U_{PD}) ve işlemsel kuvvetlendirici ile genliği yükseltilmiş işaret (U_{OP}), gerilim bölücü dirençler ile uygun genlik seviyelerine düşürülerek iletişim kablosu ile bilgisayara kaydedilmiştir.



Şekil 3.40. İpliklerin zaman işareti (1,2 ince bölgeler; 3,4 kalın bölgeler, 5, $a_y=1mm$ uzunluğunda bozukluk bölgesi ile oluşan darbe işareti) **a)** yapısında bozukluk olmayan ipliğin zaman işareti, **b)** yapısında bozukluk olan ipliğin zaman işareti.

Dinamik incelemede iplik yapısında uzunlukları farklı bozukluklar oluşturularak fotodiyot işaretinin (U_{PD}) ve faz çevirmeyen işlemsel kuvvetlendirici ile genliği yükseltilmiş işaretin (U_{OP}), ipliğin hızına (V_y); ışın vericinin akımına (I_{LED}); ışın verici ve fotodiyotun birbirine olan uzaklığına (L); fotodiyot önünde oluşturulan ve ipliğin hareket ettiği doğrultuya dik eksendeki açıklığın fiziksel boyutuna (d); açıklığın fotodiyota (h) ve ışın vericiye olan uzaklığına (H); ipliğin kalınlığına (d_y) ve ipliğin üretildiği malzemenin türüne, iplikte oluşan bozukluğun şekil ve fiziksel uzunluğuna (a_y) göre incelemesi yapılmıştır. İpliğin bozukluk bulunan noktasının açıklıktan periyodik olarak geçmesi, zaman işaretinde birbirini takip eden bozukluk darbe işaretlerinin oluşmasına neden olmaktadır. İpliğin hızı, periyodik değişimli zaman işaretinde birbirini takip eden iki bozukluk darbe işaretinin arasındaki sürenin ölçülmesi ile belirlenmiştir. Ardışık bozukluk darbe işaretlerinin arasındaki süre, ipliğin açıklıktan geçme periyodunu belirlemektedir ve belirtilen periyodun süresi;

$$T_y = t_1 - t_2 \quad (3.34)$$

şeklinde ifade edilir. İpliğin hızı, iplik boyu l_y olmak üzere;

$$V_y = l_y / T_y \quad (3.35)$$

olmaktadır. İplikte bulunan bozukluğun uzunluğu a_y ve bozukluk ile oluşan darbe işaretinin ortalama süresi t_p olmak üzere, bozukluk uzunluğuna göre iplik hızı;

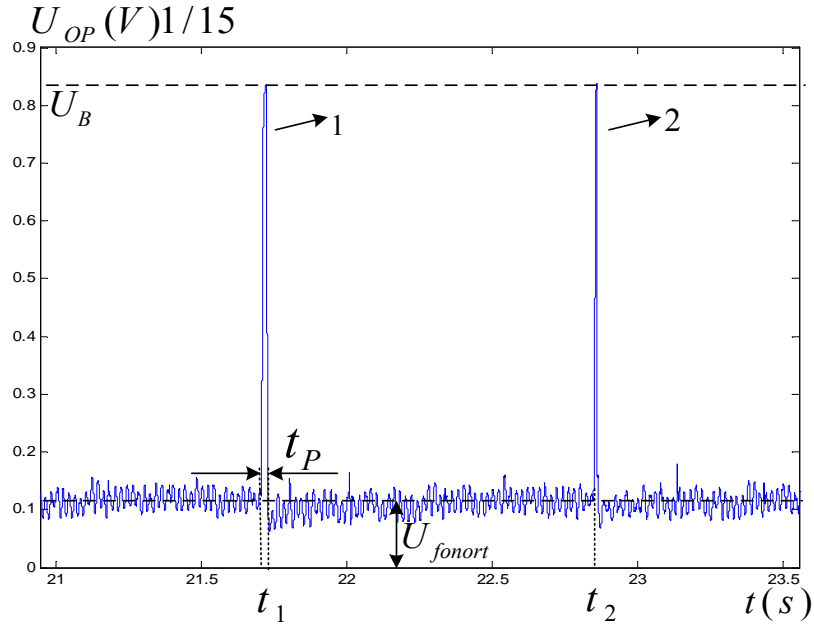
$$V_y' = a_y / t_p \quad (3.36)$$

şeklinde ifade edilir. Bozukluk uzunluğuna göre Bağıntı (3.36) ile hesaplanan iplik hızı, ipliğin fotodiyot algılama yüzeyine olan uzaklığına bağlı olarak (t_p darbe işareti sürelerinin beklenen sürelerinden daha büyük olması nedeniyle) gerçek değerinden daha düşük hesaplamalara neden olmaktadır. İplik ile fotodiyotun algılayıcı yüzeyi arasındaki uzaklık h ve iplikteki bozukluğun uzunluğu a_y olmak üzere bozukluğun gerçek uzunluğu ile iplik sinyalinde yer alan darbe işaretinin süresinin belirlenmesi ile elde

edilen bozukluk uzunluğu arasındaki fark optik modelin geometrik yerleşiminden (Musayev 2004);

$$\Delta a_y = \frac{La_y}{L-h} - a_y = \frac{La_y}{H} - a_y \quad (3.37)$$

olmaktadır ve ışın verici fotodiyot algılayıcı yüzeyine yaklaştıkça bozukluğun gerçek uzunluğu ile geometrik bağıntıdan hesaplanan bozukluk uzunluğu (ipliğin zaman işaretinde ölçülen süresi) arasındaki fark artmaktadır. Şekil 3.41’de ipliğin bozuk bölgesi ile oluşan periyodik darbelerin görüldüğü U_{OP} işaretinin zamanla değişimini gösteren grafik verilmiştir.

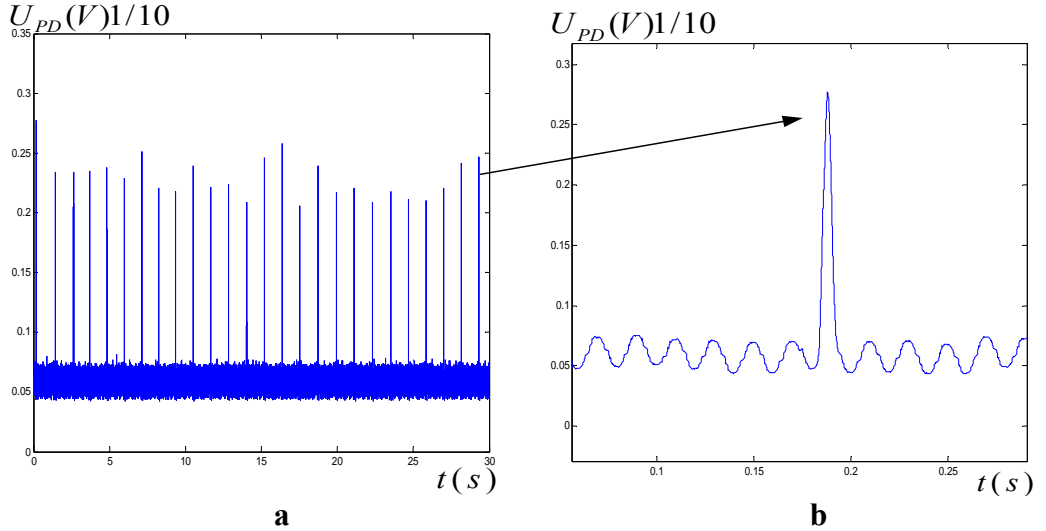


Şekil 3.41. İpliğin bozuk bölgesi ile oluşan periyodik darbelerin görüldüğü U_{OP} işaretinin zamanla değişimi, (1, 2, ipliğin bozuk bölgesi ile oluşan darbe işareti; U_B , bozukluk darbe işaretinin genliği; t_p , bozukluk darbe işaretinin süresi; U_{fonort} , gürültü işaretinin ortalama genliği; t_1 ve t_2 , bozukluğun belirlendiği an).

Optik modelde ipliğin ve fotodiyotun algılayıcı yüzeyinin aynı düzlem üzerinde olduğu yaklaşımı yapıldığında, (3.37) Bağıntısından bulunan bozukluk uzunluğu ile bozukluğun gerçek uzunluğu eşit olmaktadır. Deney düzeneğinde, iplik $l_y=68cm$ uzunluğundadır ve iplikte kumpasla ölçülen bozukluk uzunluğu $a_y=0.1mm$ olduğunda ışın vericinin fotodiyota olan uzaklığı $L=2cm$, fotodiyotun algılama yüzeyinin ipliğe olan uzaklığı $h=2mm$, ipliğin hızı $V_y=5m/s$ iken ipliğin bozuk bölgesinin algılayıcı

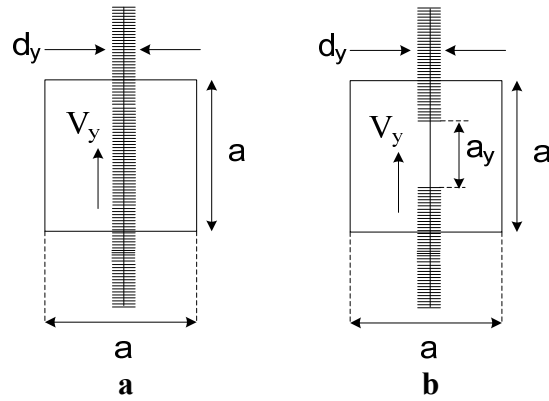
işaretinde oluşturduğu darbenin süresi, $t_p = 22.2\mu s$ olarak olmaktadır. Bu durumda ipliğin bozukluk uzunluğunun algılayıcı işaretinde yer alan darbe süresine göre belirlenen değeri $a'_y = 0.111mm$ olmaktadır. İpliğin fotodiyot algılama yüzeyi üzerinde yerleştiği yaklaşımı yapıldığında ($h = 0mm$), ipliğin bozuk bölgesi ile oluşan darbe işaretinin süresi, $t_p = 20\mu s$ ve ipliğin bozukluk uzunluğu $a''_y = a_y = 0.1mm$ olmaktadır. İpliğin fotodiyot algılama yüzeyine yaklaşması darbe işaretinin süresi ile belirlenen bozukluk uzunluğunun (ölçülen değer), ipliğin bozukluk uzunluğunun gerçek değerine yaklaşmasını sağlamaktadır (Musayev 2004). Fotodiyotun 10^{-9} saniye seviyesindeki yükselme ve düşme süresi ile fotodiyotun zaman sabitinin, ipliğin hızının her değeri için, ipliğin bozuk bölgesi ile oluşan darbe işaretlerinin süresinden çok düşük olması nedeniyle optik algılayıcı işaretinde, ipliğin bozuk bölgesi ile oluşan darbe işaretlerinin süresi, bozukluk uzunluğuna göre lineer değişmektedir. Bu durumda optik algılama sisteminin gecikme süresi ihmal edilebilecek kadar düşük seviyede olduğundan, fotodiyot işareti ile optik işaretin aynı olduğu yaklaşımı yapılmıştır.

Şekil 3.38'de verilmiş olan deney düzeneği ile $a_y = 1mm$ uzunluğunda bozuk bölgesi olan ve bozuk bölgesi olmayan iplikten elde edilen işaretler, $V_y = 0.584m/s$ akış hızı için elde edilmiştir. Şekil 3.42.a'da $T = 30s$ süreli fotodiyot işareti ve Şekil 3.42.b'de ipliğin bozuk bölgesiyle oluşan bir darbe işaretinin zaman grafiği verilmiştir.



Şekil 3.42. $a_y = 1mm$ boyutlu bozuk bölgesi bulunan $V_y = 0.584m/s$ hızındaki ipliğe ait periyodik darbe işaretlerinin fotodiyot çıkışından (U_{PD}) elde edildiği zaman grafiği, **a)** $T = 30s$ süre boyunca bilgisayara kaydedilen periyodik işaret, **b)** ipliğin bozuk bölgesiyle oluşan bir darbe işaretinin zaman grafiği.

Şekil 3.3’de verilen optik modele göre, fotodiyot algılama yüzeyinin bulunduğu düzlemden ipliğin geçmesi durumunda, fotodiyot algılama yüzeyinin ışıklandırılan yüzey alanı ipliğin kalınlığı ile değişmektedir. İpliğin bozuk bölgesinin fotodiyot algılama yüzeyinden geçmesi, genliği ve süresi bozukluğun uzunluğuna bağlı olan darbe işaretlerinin oluşmasına neden olmaktadır. Şekil 3.43’de ipliğin fotodiyot algılama yüzeyinden geçmesi, bozuk olmayan iplik ve bozuk bölgesi olan iplik için modellenmiştir.



Şekil 3.43. Fotodiyot algılama yüzeyinin bulunduğu düzlemden geçen ipliğin sembolik gösterimi, (**a**) yapısında bozukluk olmayan iplik; **b**) yapısında bozuk bölgenin olduğu iplik).

Yapısında bozukluk olmayan ipliğin fotodiyot algılama yüzeyinden geçmesi durumunda, ipliğin kalınlığı d_y olmak üzere fotodiyottan algılanan işaretin genlik seviyesi;

$$P_{PD} = \frac{S_\lambda S_{PD}}{L^2} K_{LED} I_{LED} = \frac{S_\lambda a(a - d_y)}{L^2} K_{LED} I_{LED} \quad (3.38)$$

şeklindedir. Optik model yaklaşımında, iplik kalınlığı fotodiyotun karesel algılama yüzeyinin kenar uzunluğuna eşit kabul edildiğinden fotodiyottan, ipliğin malzemesinin ışınları geçirme özelliğine bağlı olarak fotodiyot işareti, ihmal edilebilecek kadar düşük genliklidir. İplik yüzeyinde uzunluğu a_y olan bozukluğun, fotodiyot algılama yüzeyinden geçmesi durumunda fotodiyottan alınan işaretin genliği;

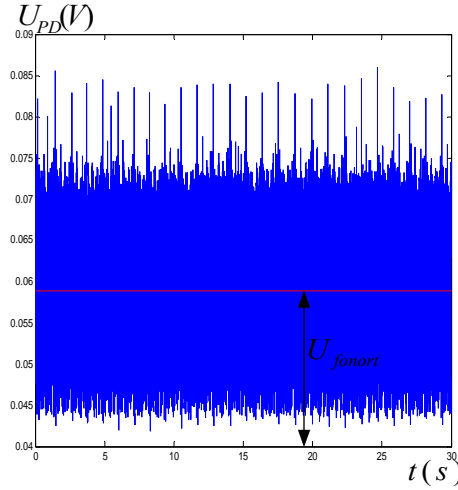
$$P_{PD} = \frac{S_\lambda S_{PD}}{L^2} K_{LED} I_{LED} = \frac{S_\lambda a^2 - [d_y(a - a_y)]}{L^2} K_{LED} I_{LED} \quad (3.39)$$

olmaktadır ve ipliğin bozukluğunun uzunluğu arttıkça fotodiyot işaretinin genliği yükselmektedir.

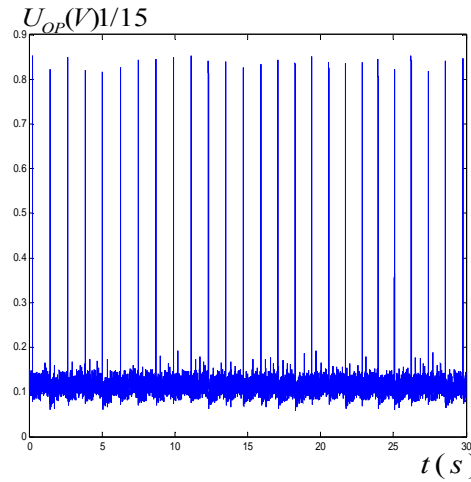
Şekil 3.44'de bozuk bölgesi bulunmayan ve fotodiyot çıkışından elde edilen $V_y=0.584m/s$ hızındaki ipliğe ait periyodik zaman işareti gösterilmiştir.

Şekil 3.45'de $a_y=1mm$ boyutlu bozuk bölgesi bulunan ve işlemsel kuvvetlendirici ile genliği yükseltilen (U_{OP}) $V_y=0.584m/s$ hızındaki ipliğe ait periyodik darbe işareti gösterilmiştir.

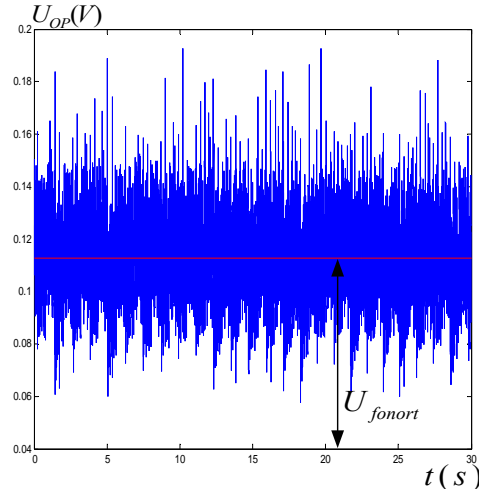
Şekil 3.46'da bozuk bölgesi bulunmayan ve işlemsel kuvvetlendirici ile genliği yükseltilen (U_{OP}) $V_y=0.584m/s$ hızındaki ipliğe ait periyodik zaman işareti gösterilmiştir.



Şekil 3.44. Bozuk bölgesi bulunmayan ve fotodiyot çıkışından elde edilen $V_y=0.584m/s$ hızındaki ipliğe ait periyodik zaman işareti.



Şekil 3.45. $a_y=1mm$ Boyutlu bozuk bölgesi bulunan ve işlemsel kuvvetlendirici ile genliği yükseltilen $V_y=0.584m/s$ hızındaki ipliğe ait periyodik darbe işareti.



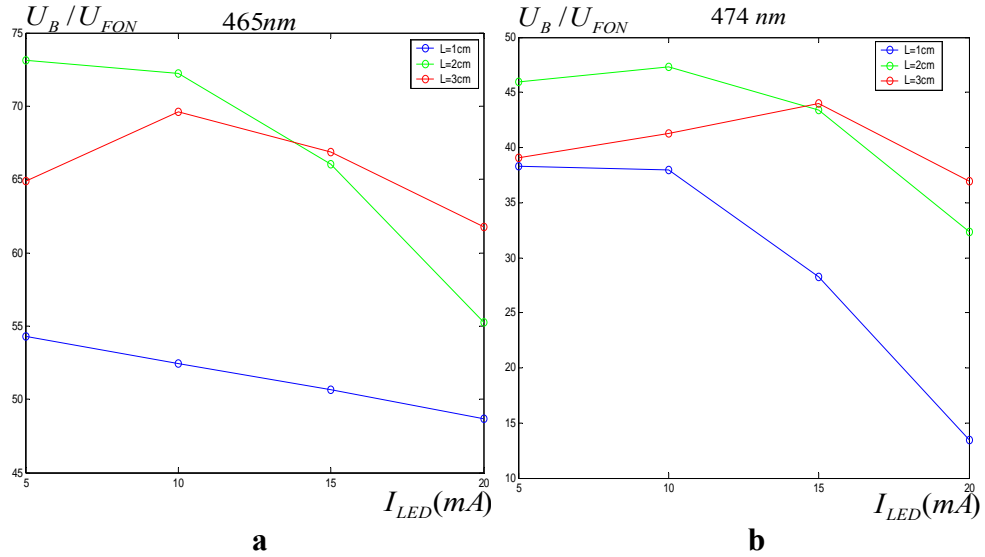
Şekil 3.46. Bozuk bölgesi bulunmayan ve işlemsel kuvvetlendirici ile genliği yükseltilen $V_y=0.584m/s$ hızındaki ipliğe ait periyodik zaman işaretini.

Dinamik ölçüm sisteminde, sistem bileşenlerinin optik, geometrik ve dinamik özelliklerinin optoelektronik algılayıcıya etkisi incelenerek Şekil 3.38’de verilen deney düzeneği ile ipliklerin düzgünlük katsayıları ($\%U$) ve varyasyon katsayıları ($\%CV$) zaman işaretinin analizi ile belirlenmiştir. 0.1mm duyarlıklı kumpasla boyutlandırılmış bozukluklar oluşturularak bozukluğun uzunluğuna göre oluşan bozukluk darbe işaretlerinin genliği ve süresinin belirlenmesi ile bozukluk sınıflandırılması yapılmıştır. İpliğin liflerinin uzunluklarına göre istatistiksel dağılımını gösteren histogramlar elde edilmiştir. İpliğin yapısındaki bozukluklar ve kalınlığındaki değişimler, Hızlı Fourier Dönüşümü ve Kısa Süreli Fourier Dönüşümü (Pencerelenmiş Fourier Dönüşümü) ile incelenerek frekans bileşenlerinin üç boyutlu belirlendiği grafikler elde edilmiştir. İpliğin zaman işaretleri korelasyon yöntemi ile incelenmiş ve bozukluk uzunluğu ile korelasyon katsayıları arasındaki ilişki araştırılmıştır.

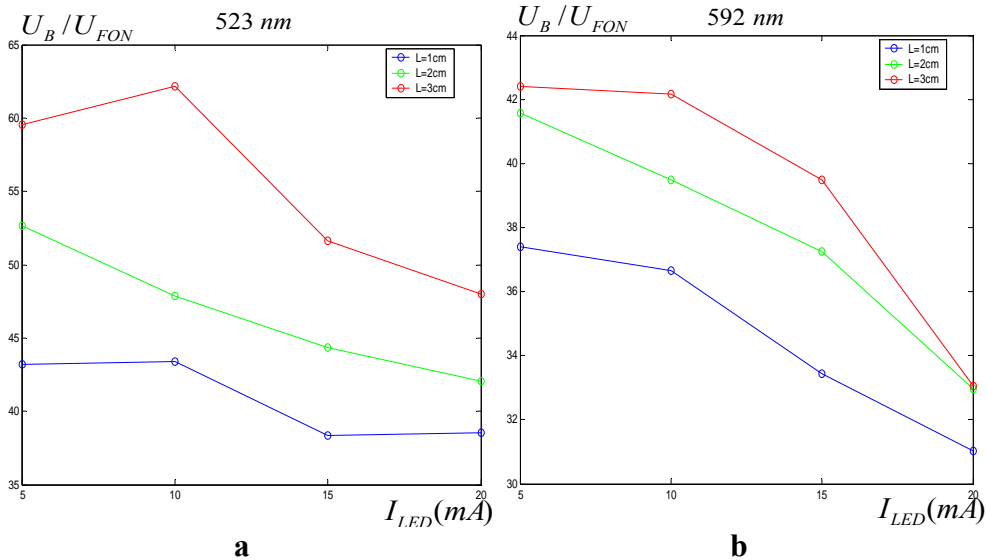
3.6.1. Işın vericinin akımının dinamik ölçüm sistemine etkisi

Şekil 3.38’de verilen deney düzeneğinde, ışın vericinin akımı değiştirilerek iplikte bulunan bozukluğa ait fotodiyot işaretleri alınmıştır. Işın vericinin akımının, bozukluk ile oluşan darbe işaretinin genliğinin gürültü işareti genliğine oranı olan SNR ve optik algılama sistemine etkisi incelenmiştir. SNR’ın ışın vericinin akımına göre değişimini belirlemek üzere, değişik dalga boyundaki LED’ler için her akım değerinde beş ayrı örnek iplik (3Nm polyester) için $T=30s$ süreli işaretler bilgisayara

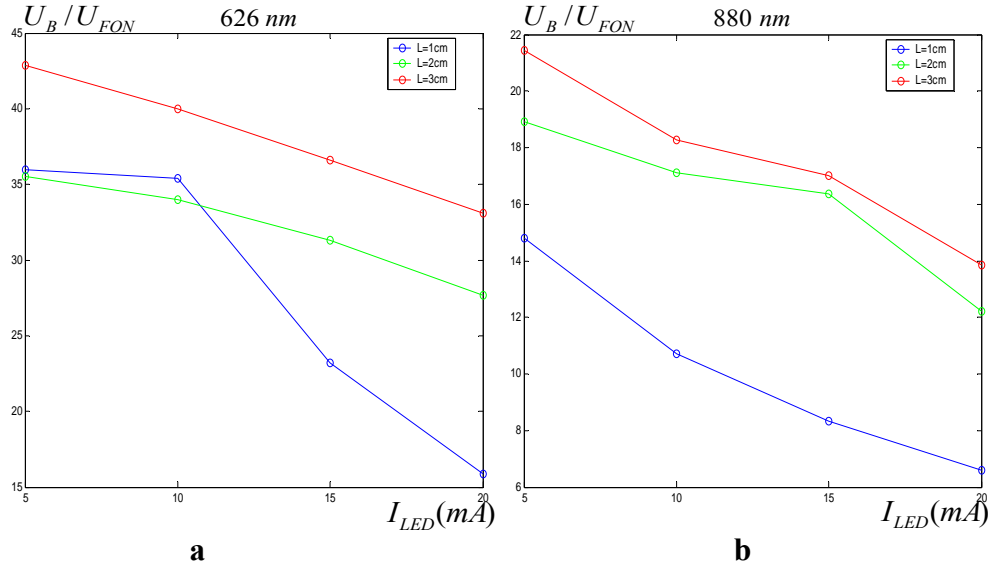
kaydedilmiştir. $V_y=0.58m/s$ için işaretin U_{FON} gürültü genliğinin ortalaması ve her bir işaretle yer alan periyodik süreler içerisinde ortaya çıkan bozukluk darbe işaretlerinin genliğinin ortalaması MATLAB ile hesaplanarak SNR'ın ışın vericinin akımına göre değişim eğrileri elde edilmiştir. Şekil 3.47-3.49'da değişik dalga boyunda ışın vericilerin akımına göre SNR'ın değişim grafikleri, $L=1cm$, $L=2cm$ ve $L=3cm$ için verilmiştir.



Şekil 3.47. a) 465nm dalga boyunda ışın veren LED'in, **b)** 474nm dalga boyunda ışın veren LED'in fotodiyota olan uzaklığının $L=1cm$ (mavi eğri), $L=2cm$ (yeşil eğri) ve $L=3cm$ (kırmızı eğri) olduğu durumda, akımına göre U_B/U_{FON} (SNR) oranının değişimi (3Nm polyster).



Şekil 3.48. a) 523nm dalga boyunda ışın veren LED'in, **b)** 592nm dalga boyunda ışın veren LED'in fotodiyota olan uzaklığının $L=1cm$ (mavi eğri), $L=2cm$ (yeşil eğri) ve $L=3cm$ (kırmızı eğri) olduğu durumda, akımına göre U_B/U_{FON} (SNR) oranının değişimi (3Nm polyster).



Şekil 3.49. a) 626nm dalga boyunda ışın veren LED'in, **b)** 880nm dalga boyunda ışın veren LED'in fotodiyota olan uzaklığının $L=1cm$ (mavi eğri), $L=2cm$ (yeşil eğri) ve $L=3cm$ (kırmızı eğri) olduğu durumda, akımına göre U_B/U_{FON} (SNR) oranının değişimi (3Nm polyester).

Şekil 3.47-3.49 arasında yer alan grafiklerden aşağıdaki ara sonuçlar elde edilmiştir.

1) 465nm dalga boyunda ışın verici için, en yüksek SNR, $I_{LED}=5-15mA$ arasında ve $L=2cm$ için elde edilmiştir. $I_{LED}=5-20mA$ için $L=3cm$ 'den elde edilen SNR, $L=1cm$ 'den elde edilen SNR oranından ortalama %17 daha fazladır. En yüksek SNR 465nm dalga boyunda ışın verici için elde edilmiştir.

2) Fotodiyotun spektral duyarlılık katsayısı 465nm ve 474nm dalga boyundaki ışınlar için birbirine çok yakın olduğundan, 474nm dalga boyundaki ışın verici için, L uzaklığına göre SNR karakteristiği 465nm dalga boyundaki ışın verici ile aynıdır.

3) 523nm ve 592nm dalga boyundaki ışınların L uzaklığına göre SNR değerleri, $SNR_{L=3cm} > SNR_{L=2cm} > SNR_{L=1cm}$ şeklinde sıralanmaktadır. Işın verici fotodiyota yaklaştıkça SNR düşmektedir.

4) 626nm dalga boyundaki ışın vericinin akımının $I_{LED}=5-10mA$ arasında olduğu akım bölgesi için $SNR_{L=3cm} > SNR_{L=1cm} > SNR_{L=2cm}$ olmaktadır. $I_{LED}=10-20mA$ arasında olduğu akım bölgesi için, $SNR_{L=3cm} > SNR_{L=2cm} > SNR_{L=1cm}$ olmaktadır.

5) 880nm dalga boyundaki ışın verici için fotodiyotun spektral duyarlılık katsayısı en yüksek değerini almaktadır ve bu dalga boyundaki ışınların iplik yapısından geçme eğilimi diğer dalga boyundaki ışınlara göre en fazla olduğundan, fon (gürültü) işaretinin genliği artacağından SNR diğer dalga boyundaki ışın vericilere göre en düşük seviyesinde kalmaktadır.

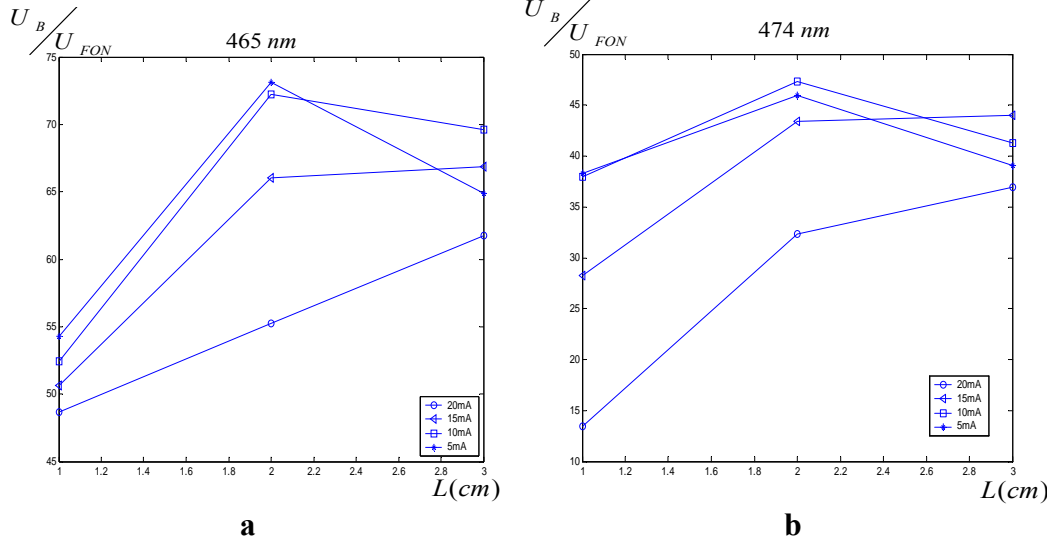
6) Polyester 3Nm iplik için elde edilen $SNR-I_{LED}$ eğrilerinin dalga boyuna göre değişimi, Bölüm 3.5.1’de incelenen ipliğin malzemesine göre değişen gürültü işaretlerinin genliğinin dalga boyuna göre değişim eğrileri ile uyumludur. Gürültü işaretinin $U_{FON}|\lambda=465 < U_{FON}|\lambda=523 < U_{FON}|\lambda=626 < U_{FON}|\lambda=474 < U_{FON}|\lambda=592 < U_{FON}|\lambda=880$ şeklinde değişen sıralamasına uygun olarak yüksek gürültü işareti genliklerinin elde edildiği dalga boyunda düşük SNR değerleri elde edilmiştir.

Işın vericinin akımının artması fotodiyot işaretinin genliğinin artmasına neden olmaktadır. Işın vericinin akımının artması, ipliğin bozuk bölgesi dışında kalan bölgeleriyle oluşan işaretin ve ipliğin malzemesi ile ışın vericinin dalga boyuna bağlı olan ışın geçirme özelliğinin oluşturduğu gürültü işaretinin genliğini de yükseltmektedir.

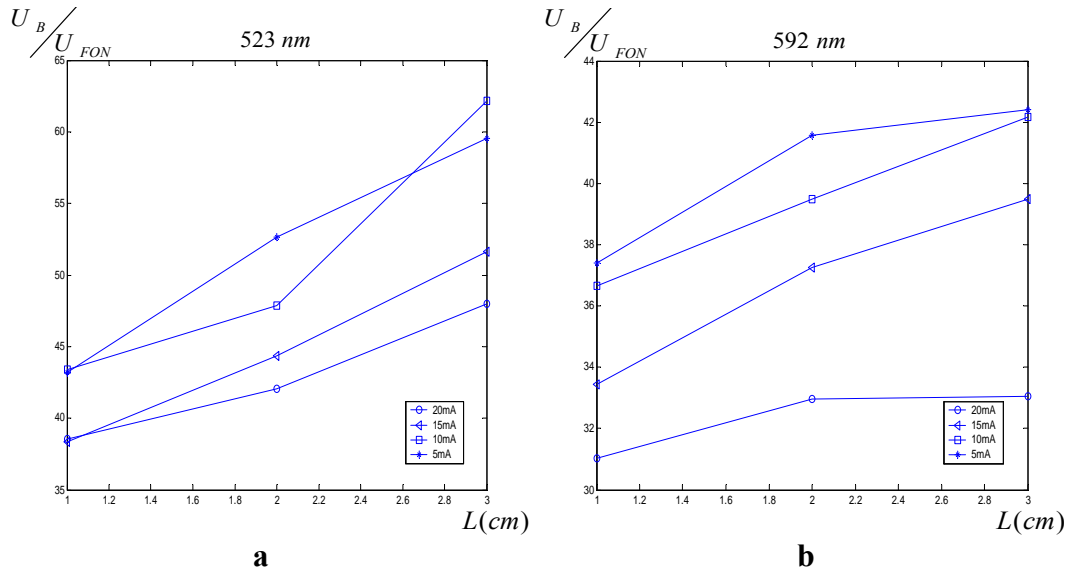
3.6.2. Işın verici-fotodiyot uzaklığının dinamik ölçüm sistemine etkisi

Bu bölümde, ışın verici ve fotodiyotun birbirine olan uzaklıklarına (L) göre sinyal/gürültü (SNR) oranının değişimi değişik dalga boyunda ışın vericiler için incelenmiştir.

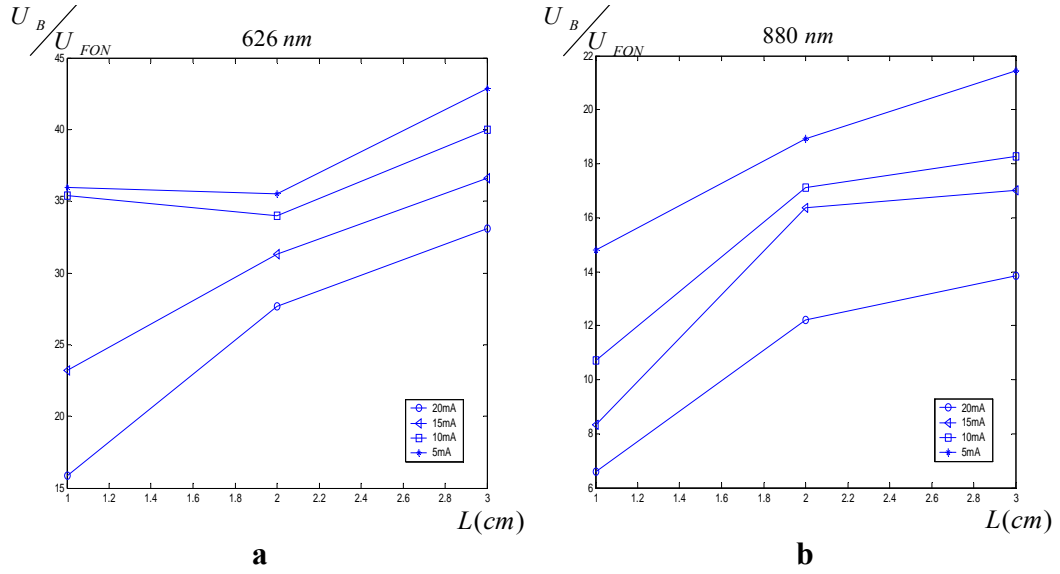
Bağıntı (3.39)’a göre ışın verici ve fotodiyot arasındaki uzaklığın artması ipliğin bozuk bölgesi ile oluşan darbe işaretinin genliğini düşürmektedir. Ancak ışın verici ile fotodiyotun birbirine olan uzaklıklarının artmasıyla gürültü işaretinin (U_{FON}) genliği de azalmaktadır. Yüksek SNR değerine sahip optoelektronik sistemin geliştirilebilmesi için deneysel olarak elde edilen uygun L uzaklığının belirlenmesi amacıyla ışın vericinin değişik dalga boyları için Şekil 3.50-3.52’de verilen grafikler elde edilmiştir. $SNR-L$ incelemesi için 3Nm polyester Chenille ipliğin dinamik ölçüm sistemindeki hızı, motorun devir sayısı ile $V_y=0.58m/s$ ’de sabit tutularak elde edilen grafiklerin incelenmesiyle ulaşılan ara sonuçlar maddeler halinde belirtilmiştir.



Şekil 3.50. a) 465nm dalga boyunda ışın veren LED'in, **b)** 474nm dalga boyunda ışın veren LED'in $I_{LED} = 20mA$, $I_{LED} = 15mA$, $I_{LED} = 10mA$ ve $I_{LED} = 5mA$ akım değerlerinde ışın verici ve fotodiyot arasındaki uzaklığa göre U_B/U_{FON} oranının değişimi (3Nm polyester iplik).



Şekil 3.51. a) 523nm dalga boyunda ışın veren LED'in, **b)** 592nm dalga boyunda ışın veren LED'in $I_{LED} = 20mA$, $I_{LED} = 15mA$, $I_{LED} = 10mA$ ve $I_{LED} = 5mA$ akım değerlerinde ışın verici ve fotodiyot arasındaki uzaklığa göre U_B/U_{FON} oranının değişimi (3Nm polyester iplik).



Şekil 3.52. a) 626nm dalga boyunda ışın veren LED'in, **b)** 880nm dalga boyunda ışın veren LED'in $I_{LED} = 20mA$, $I_{LED} = 15mA$, $I_{LED} = 10mA$ ve $I_{LED} = 5mA$ akım değerlerinde ışın verici ve fotodiyot arasındaki uzaklığa göre U_B/U_{FON} oranının değişimi (3Nm polyester iplik).

Şekil 3.50-3.52 arasında yer alan grafiklerden aşağıdaki ara sonuçlar elde edilmiştir.

- 1) 465nm dalga boyundaki ışınlar ile elde edilen SNR $1cm < L < 2cm$ için LED'in akımına göre $SNR_{I_{LED}=5mA} > SNR_{I_{LED}=10mA} > SNR_{I_{LED}=15mA} > SNR_{I_{LED}=20mA}$ şeklinde sıralanmaktadır. $L=3cm$ için, $SNR_{I_{LED}=10mA} > SNR_{I_{LED}=15mA} > SNR_{I_{LED}=5mA} > SNR_{I_{LED}=20mA}$ olmaktadır.
- 2) 474nm dalga boyundaki ışınlar için, $L=1cm$ ve $L=2cm$ uzaklığında, sinyal-gürültü oranı akıma göre $SNR_{I_{LED}=10mA} \cong SNR_{I_{LED}=5mA} > SNR_{I_{LED}=15mA} > SNR_{I_{LED}=20mA}$ ve $L=3cm$ için, $SNR_{I_{LED}=15mA} > SNR_{I_{LED}=10mA} > SNR_{I_{LED}=5mA} > SNR_{I_{LED}=20mA}$ şeklinde sıralanmaktadır.
- 3) 523nm dalga boyundaki ışınlar için $L=1cm$ uzaklıkta $SNR_{I_{LED}=15mA} \cong SNR_{I_{LED}=20mA}$ ve $SNR_{I_{LED}=5mA} \cong SNR_{I_{LED}=10mA}$ olmaktadır. $L=2cm$ için sinyal-gürültü oranı ışın vericinin akımına göre $SNR_{I_{LED}=15mA} > SNR_{I_{LED}=10mA} > SNR_{I_{LED}=5mA} > SNR_{I_{LED}=20mA}$ şeklinde sıralanmaktadır. $L=3cm$ 'de, $SNR_{I_{LED}=10mA} > SNR_{I_{LED}=5mA} > SNR_{I_{LED}=15mA} > SNR_{I_{LED}=20mA}$ olmaktadır.

4) $\lambda=592nm$, $\lambda=626nm$, ve $\lambda=880nm$ dalga boyunda ışın vericilerde ışın vericinin her akım değerinde ve her L uzaklığında sinyal-gürültü oranı, ışın vericinin akımı arttıkça düşmekte ve $SNR_{I_{LED}=5mA} > SNR_{I_{LED}=10mA} > SNR_{I_{LED}=15mA} > SNR_{I_{LED}=20mA}$ olmaktadır.

Genel değerlendirme ile 3Nm polyester iplik için $L=1-2cm$ aralığında; $\lambda=465nm$ ve $\lambda=474nm$ dalga boyundaki ışın vericiler için SNR yükselirken aynı dalga boyundaki ışın vericiler için $L=2-3cm$ aralığında SNR düşmektedir. $\lambda=523nm$, $\lambda=592nm$, $\lambda=626nm$ ve $\lambda=880nm$ dalga boyundaki ışın vericiler ile elde edilen SNR, $L=1-3cm$ aralığında uzaklık arttıkça yükselmektedir.

3.6.3. İplik-fotodiyot uzaklığının dinamik ölçüm sistemine etkisi

Şekil 3.38'de ışın vericiden gelen ışınlar açıklık ile φ katı açısını oluşturmaktadır. Buna göre açıklığın LED'e olan uzaklığı H , açıklığın fotodiyota olan uzaklığı h , LED ile fotodiyot arasındaki uzaklık L , ışın kaynağının ışın şiddeti L_e ve ışın veren yüzey alanı A_e iken açıklık yüzeyine gelen ışınların oluşturacağı akı (Nicodemus ve ark. 1976, Watson 1999);

$$\Phi_a = L_e A_e \varphi \quad (3.40)$$

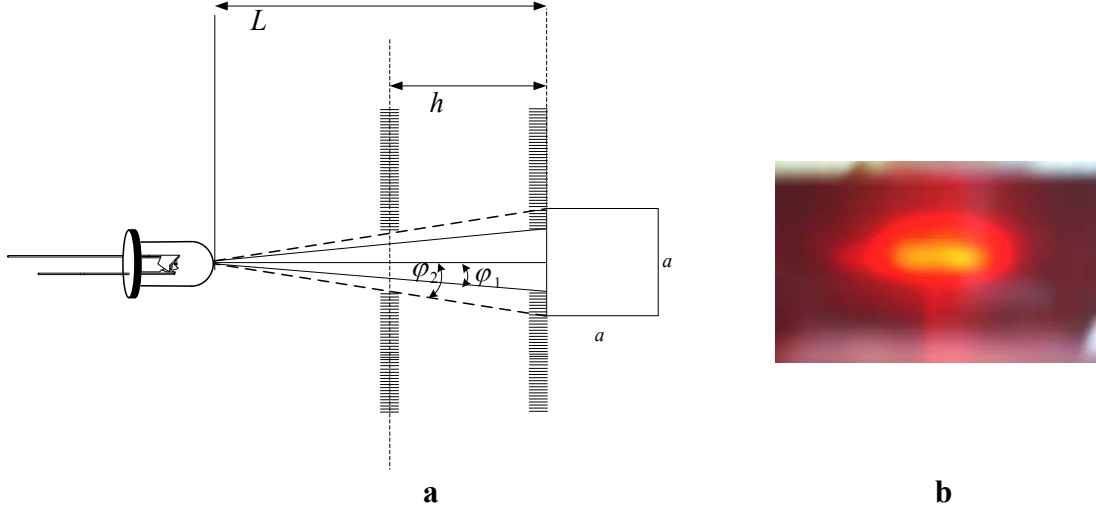
olmaktadır. Akı miktarı ışınların gücü olarak alınır, açıklığa gelen ışın şiddeti (Nicodemus ve ark. 1976);

$$P_a = P_{LED} \varphi = K_{LED} I_{LED} \frac{S_a}{H^2} \quad (3.41)$$

olmaktadır. Işınların ipliğin bozuk bölgesi ile yaptığı katı açı değerinin artması Bağıntı (3.41)'den fotodiyot algılama yüzeyinde aydınlatılan bölgenin yüzeyinin artmasına neden olmaktadır.

Işın verici ve fotoalıcı arasında yer alan dikdörtgen kesitli açıklığın yüzeyinden ipliğin geçmesi sağlanarak ipliğin fotodiyota olan uzaklığının optik algılama sistemine etkisi incelenmiştir. İpliğin fotodiyottan uzaklaşması, ipliğin bozuk bölgesinden geçen ışınların açısının artmasına neden olmakta ve fotodiyot algılama yüzeyinde aydınlanan bölgenin boyutu, ipliğin bozukluk boyutundan daha fazla olmaktadır. Şekil 3.53'de

açıklığın ve fotodiyot algılama yüzeyinin aynı düzlemde olduğu yaklaşımla h uzaklığına göre fotodiyot algılama yüzeyine gelen ışınların iplikte bulunan bozuk bölgeden geçmesi gösterilmiştir.

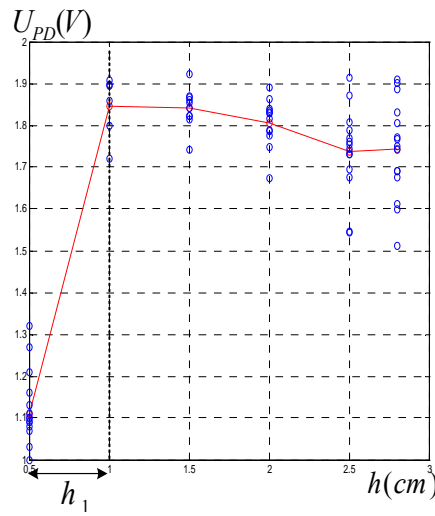


Şekil 3.53 a) İpliğin fotodiyota olan uzaklığının değişimine göre fotodiyot algılama yüzeyine gelen ışınların açısının değişimi, **b)** dikdörtgen kesitli açıklık düzleminde bulunan ipliğin bozuk bölgesinden geçen ışınların fotodiyot algılama yüzeyinde oluşturduğu ışın lekesinin fotoğrafı.

İpliğin fotodiyot algılama yüzeyinin üzerinde bulunması durumunda ($h = 0$), LED'den yayılan ışınlar ipliğin bozuk bölgesiyle φ_1 açısı yapmaktadır. İplik fotodiyottan uzaklaştığında ışınlar, ipliğin bozuk bölgesiyle φ_2 açısı yapmaktadır ve bu durumda fotodiyot algılama yüzeyinde aydınlanan bölgenin alanı, ipliğin fiziksel bozukluk boyutundan daha fazla olmaktadır. (3.15) Bağıntısından ipliğin fotodiyottan uzaklaşmasının fotosinyalin genliğini, $L = 3cm$ için, $h = 10mm$ değerine kadar artırdığı görülmektedir. $h > 10mm$ için fotodiyot gerilimi h mesafesiyle değişmezken, ipliğin bozuk bölgesinden geçerek fotodiyotun sabitlendiği düzlem üzerine gelen ışın lekesinin çapı artmaktadır.

Açıklık düzlemi üzerinden ipliğin sabit bir hızda akması sağlanarak açıklığın fotodiyota olan uzaklığı (ipliğin fotodiyota olan uzaklığı) değiştirilmiş, fotodiyot işaretlerinin U_B / U_{FON} oranı (SNR) ve ipliğin bozuk bölgesi ile oluşan darbe işaretlerinin sürelerinin ortalamasının MATLAB ile hesaplandığı deneyler yapılmıştır. Açıklığın fotodiyota uzaklığı (h) 0.5-2.8cm aralığında değiştirilmiş ve $a_y = 1mm$ uzunlukta bozuk bölgesi bulunan ipliğe ait zaman işaretleri ipliğin sabit hızında bilgisayara

kaydedilmiştir. Her bir h uzaklığı için, $a_y=1mm$ uzunluğunda bozuk bölgesi olan 3Nm pamuk Chenille ipliğinin on ayrı örneği için ipliğin hızının $V_y = 0.57962m/s$ olduğu durumda $T = 30s$ süreli işaretler bilgisayara kaydedilmiştir. Şekil 3.54’de fotodiyota olan uzaklığı değiştirilen dikdörtgen kesitli ve $10mm \times 1.5mm$ boyutlu açıklığın fotodiyot ile ışın verici arasına yerleştirilmesi ve ipliğin açıklık yüzeyi üzerinden sabit bir hızla geçmesi durumunda ipliğin bozuk bölgesi ile oluşan darbe işaretlerinin genliğinin h uzaklığına göre değişimini gösteren grafik $L = 3cm$ için verilmiştir.



Şekil 3.54. $L=3cm$ için, karesel kesitli açıklığa yerleştirilen ipliğin fotodiyota olan uzaklığına göre fotodiyot bozukluk darbe işaretinin genliğinin değişimi ($a=1.5mm$, $a_y=1mm$).

Değişik L uzaklıklarında bozukluk ile oluşan darbe işareti genlikleri, h uzaklığıyla önce artıp daha sonra sabit kalmaktadır. Darbe işaretlerinin genliğinin sabit kalmaya başladığı h_1 uzaklıkları değişik L değerleri için Çizelge 3.9’da verilmiştir.

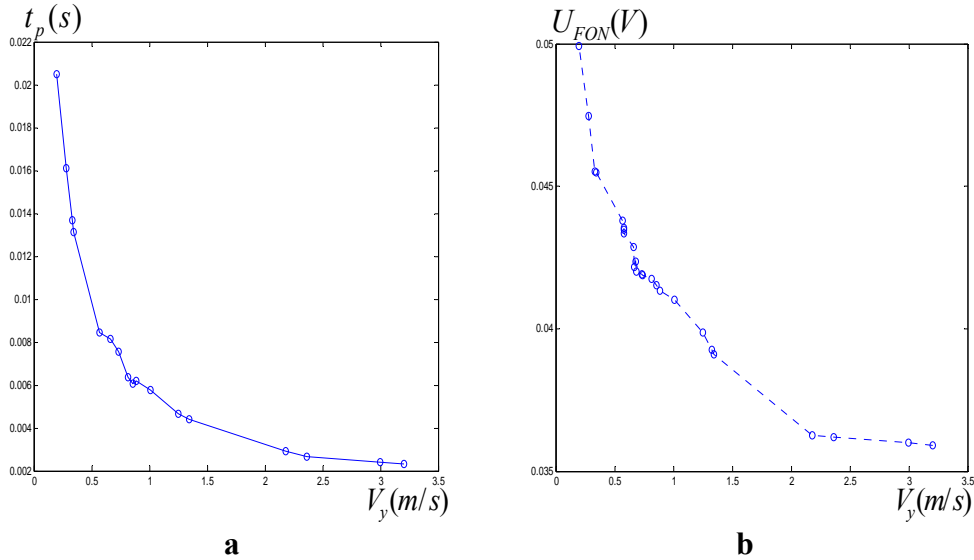
Çizelge 3.9. Çeşitli L değerleri için, $a_y=1mm$ uzunlukta bozuk bölgesi olan iplik için darbe işaretlerinin genliğinin sabit kalmaya başladığı h_1 uzaklıkları ($a=1.5mm$).

$L(mm)$	$h_1(mm)$
10	3.333
20	6.667
30	10
40	13.333

Çizelge 3.9'dan h 'ın fotodiyot algılama yüzeyinden belirli bir sınır uzaklık değerine kadar artmasının algılayıcı işaretinin genliğinin artmasına neden olduğu görülmektedir. h değerinin artması algılayıcı işareti ile belirlenen ipliğin bozuk bölgesinin uzunluğunun gerçek bozukluk uzunluğundan daha büyük belirlenmesine neden olmaktadır.

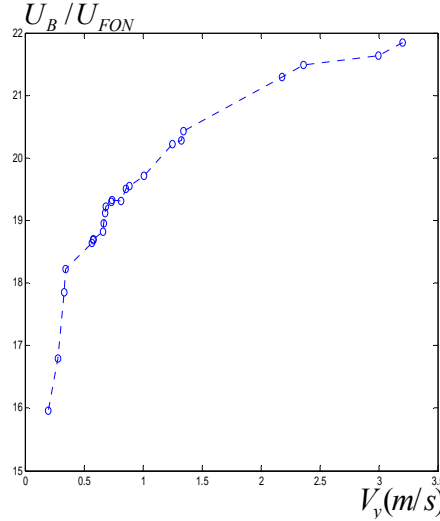
3.6.4. İplik hızının dinamik ölçüm sistemine etkisi

626nm dalga boyunda ışın veren LED'in fotodiyota uzaklığının $L = 2cm$ ve açıklığının fotodiyota uzaklığının $h = 2mm$ olduğu durum için, optik algılama sistemine iplik hızının etkisi araştırılmıştır. İpliğin hızı, $V_y = 0.19m/s$ ile $V_y = 3.2m/s$ hızları arasında değiştirilerek bozukluk darbe işaretlerinin süresi, gürültü (fon) işareti genliği ve bozukluk darbe işareti genliğinin gürültü işareti genliğine oranı olan SNR incelenmiştir. İpliğin zaman işareti 30s süresince bilgisayara kaydedilmiştir. Algılayıcı işaretinde, bozukluk darbe işaretlerinin genlikleri ve sürelerinin ortalama değerleri ile iplik hızı MATLAB programı ile hesaplanmıştır. Şekil 3.55.a'da iplik hızının bozukluk darbe sürelerinin ortalama değerine ve Şekil 3.55.b'de iplik hızının gürültü işaretinin genliğine göre değişimini gösteren grafikler verilmiştir.



Şekil 3.55. İpliğin hızının $V_y=0.19m/s$ ile $V_y=3.2m/s$ arasında değiştirildiği optik algılama sisteminde $a_y = 1mm$ uzunluğunda bozuk bölgesi bulunan ipliğin **a)** bozukluk darbe sinyalleri sürelerinin ortalamasının iplik hızına göre değişimi, **b)** fon sinyali genliğinin ortalamasının iplik hızına göre değişimi.

Şekil 3.56'da SNR'ın ortalamasının iplik hızına göre değişimini gösteren grafikler verilmiştir.



Şekil 3.56. İpliğin hızının $V_y=0.19m/s$ ile $V_y=3.2m/s$ arasında değiştirildiği optik algılama sisteminde, $a_y = 1mm$ uzunluğunda bozuk bölgesi bulunan ipliğin U_B / U_{FON} ortalamasının iplik hızına göre değişimi.

Şekil 3.55.a'da, dinamik ölçüm sisteminde iplik hızının artmasının ipliğin bozuk bölgesi ile oluşan darbe işaretinin sürelerini azalttığı görülmektedir. Şekil 3.55.b'de ise artan iplik hızı nedeniyle fotodiyot işaretinin yükselme süresi ile kısıtlanan gürültü işareti genliğinin azalması görülmektedir.

3.6.5. Optik algılayıcının optik ve geometrik parametrelerinin belirlenmesi

1) SNR oranını, fotodiyotun spektral duyarlılık katsayısının dalga boyuna göre aldığı değer ve ışınların ipliğin malzemesine göre iplik yapısından geçme miktarı belirlemektedir. İpliğin yapısından en fazla geçen kızılötesi ışınların SNR oranı en düşük, mavi görünümlü ışınların SNR oranı ise en yüksek seviyededir. Işın vericinin akımının artması fotodiyot işaretinin SNR oranını düşürmektedir.

2) 465nm ve 474nm dalga boyundaki ışın vericilerden elde edilen işaretin SNR oranı, akımın $I_{LED} = 15mA$ değerine kadar en yüksek değerini $L = 2cm$ için almaktadır. Bu akım değerinden sonra L uzaklığına göre $SNR|_{L=1cm} < SNR|_{L=2cm} < SNR|_{L=3cm}$

olmaktadır. 465nm dalga boyundaki ışın vericiden alınan algılayıcı işaretinin SNR değeri diğer ışın vericilerden her L uzaklığı için daha yüksektir. En düşük SNR, ışınların iplikten en fazla geçtiği 880nm dalga boyunda elde edilmektedir. En yüksek oran değeri, 465nm dalga boyundaki ışınlar için elde edilmektedir.

3) Dalga boyu 523nm, 592nm, 626nm ve 880nm olan ışınlar için, bozukluk darbe sinyali genliğinin fon işareti genliğine oranı, $SNR|_{L=1cm} < SNR|_{L=2cm} < SNR|_{L=3cm}$ şeklinde sıralanmakta ve ışın verici fotodiyot uzaklığı arttıkça yükselmektedir.

4) İplik fotodiyottan uzaklaştıkça, bozukluk darbe süresinin belirlendiği fotodiyot algılama yüzeyi üzerine gelen ışın lekesinin boyutu iplik bozukluğunun fiziksel boyutundan daha büyük olmaktadır (Musayev 2004). Uzaklığın artması durumunda SNR oranı düşmektedir.

5) İplik hızı arttıkça fon geriliminin genliği ve bozukluk darbe sürelerinin süresi düşmekte, SNR oranı yükselmektedir.

6) $I_{LED}=15mA$ ve $I_{LED}=20mA$ için L uzaklığı arttıkça bütün dalga boyundaki ışın vericiler için SNR artmaktadır.

7) Elde edilen statik ve dinamik deney sonuçlarına göre, Şekil 3.16'da serbest uzayda uzaklığa göre fotodiyot geriliminin değişiminin tamamen lineer olduğu 626nm dalga boyundaki LED ışın verici olarak seçilmiş ve fotodiyot ışın verici uzaklığı 2cm alınmıştır. Bu dalga boyunda ışın verici için bozuk bölgesi bulunan bir iplikten elde edilen SNR ışın vericinin akımı ile lineer değişmektedir. Fotoiletken bağlantı şeklindeki fotodiyot, ışın verici ve fotoalıcının arasında yer alan açıklıkta iplik bulunmazken doyuma girmeyecek şekilde seçilen $I_{LED} = 15mA$ ve $L = 2cm$ değerleri ile optik sisteme yerleştirilmiştir.

8) $L=2cm$ için 626nm dalga boyunda ışın vericinin akımı, $I_{LED}=15mA$ seçilmiştir. Bu akım değerinde optik algılayıcı sinyalinin SNR değeri 30'dan yüksektir.

9) $L=2cm$ için, $a_y = 1mm$ uzunluğunda bir bozukluk için, $0 < h < 6.667mm$ aralığında fotodiyot işaretinin SNR değeri artmakta ve $h > 6.667mm$ için SNR oranı değişmemektedir. Fotodiyot önünde yer alan ve ipliğin yerleştirileceği açıklığın fotodiyota olan uzaklığı 1mm'den daha büyük uzunlukta bozukluklar ve optik model

yaklaşımında ipliğin fotodiyot algılama yüzeyinin bulunduğu düzlem üzerinde yerleştiği yaklaşımı dikkate alınarak $h = 2mm$ seçilmiştir. h uzaklığı, dinamik ölçüm sisteminde hareket eden ipliğin gerginliği ve titreşimleri ile fotodiyotun optik ekseninin yerleşimini bozmasını önlemek amacıyla tam olarak sıfır seçilmemiştir.

10) İplik düzgünlüğünün ve çapının ölçülmesinde, ışınların homojen dağılımda olmayışı ve iplik kesitindeki düzensiz değişimler, optik ölçüm sonuçlarını etkilemektedir (Tsai ve Chu 1995). $L=2cm$ için 626nm dalga boyundaki ışınların lekeli üç halkalı dağılım göstermektedir (Bölüm 3.4). Işınların homojen olduğu en içteki halkanın oluşturduğu ışın lekeli fotodiyotun algılama yüzeyine yönlendirilerek iplik yüzeyine gelen ışınların homojen olması sağlanmıştır.

11) Optik algılama sisteminde, $L=2cm$, $\omega/2=30^\circ$, $a=1.5mm$ için ışınların efektif kullanım katsayısı $\%K_f = 6.4946$ hesaplanmıştır. Işın dağılımının $I_\theta = I_0 \cos^5 \theta$ şeklinde olduğu ışın verici ile $a=1.5mm$ algılama yüzeyi kenar uzunluğuna sahip fotodiyot için, $\varphi/2 = 2.1476^\circ$ olmaktadır. Bu durumda optik transfer fonksiyonu $\%OTF = 1 - \cos^{n+1} \theta = 1 - \cos^6 \theta = 1 - \cos^6(2.1476^\circ) = 0.4211$ olmaktadır. Buradan, LED ışınlarının sadece $\%0.4211$ kadarının fotodiyot tarafından optik işarete çevrildiği görülmektedir. Algılama yüzeyine göre, ışın lekesinin çok büyük olması nedeniyle LED'in ışınları algılama yüzeyine düştüğü sürece LED'in optik algılama sisteminde özel bir konumda yerleşimine ihtiyaç yoktur.

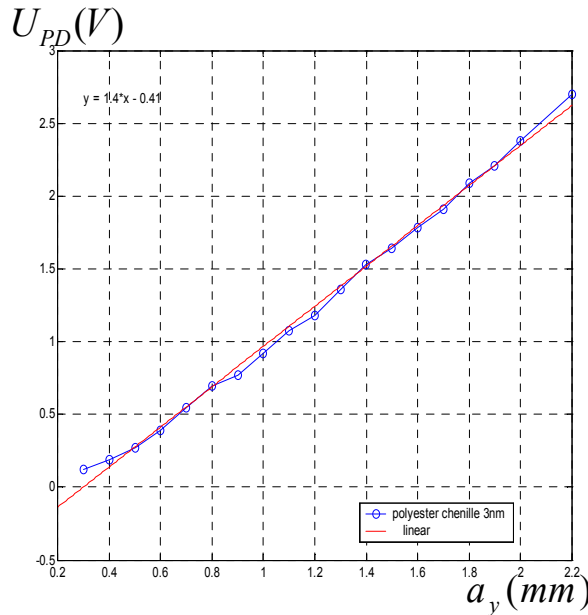
3.7. Optoelektronik Algılayıcı Sistemin Geliştirilmesi

Fotoiletken bağlantı şeklinde olan fotodiyot sinyali, iplikte modellenen bozuklukların boyutuna göre çıkış sinyali üretmektedir. Fotosinyalin genliği, bozukluğun uzunluğunun artmasıyla algılama yüzeyine gelen ışın lekesinin yüzey alanının büyümesi nedeniyle bozukluk boyutuyla lineer artmaktadır. Değişik malzemelerden üretilmiş Chenille ipliklerinde bozukluklar oluşturulmuş ve kumpasla ölçülen bozukluk boyutlarına göre fotodiyot sinyalinin genliği incelenmiştir. Ölçülebilen en küçük bozukluk boyutunun 0.1mm olduğu durum için 0.1mm aralıklarla modellenmiş bozukluklar, ışın geçirme özellikleri malzemesine ve dalga boyuna göre değişen ipliklerde ortalama fotosinyal genliği seviyelerine dönüştürülmüştür. Fon

gürültüsünün, fotodiyot ışın verici uzaklığının artması durumunda düşmektedir. Işın verici olarak fon gürültüsü en yüksek sinyali oluşturan kızılötesi LED'in seçilmesi uygun değildir ve kızılötesi ışınların algılama yüzeyine yönlendirilmesi güçtür. Işın verici olarak seçilen 626 nm dalga boyundaki LED'in, fotodiyot ışın verici uzaklığı 2cm seçilmiştir. Bu noktada LED'in 15mA akım için sinyal/gürültü değeri 30 mertebesinde yüksektir. 0.1mm uzunlukta bozukluk için fotodiyottan alınan sinyalin genliği 277mV ve fon gürültüsünün genliği 108 mV'tur. Bu durumda sinyal-gürültü oranı;

$$SNR|_{a_y=0.1mm} = 2.5648 \quad (3.42)$$

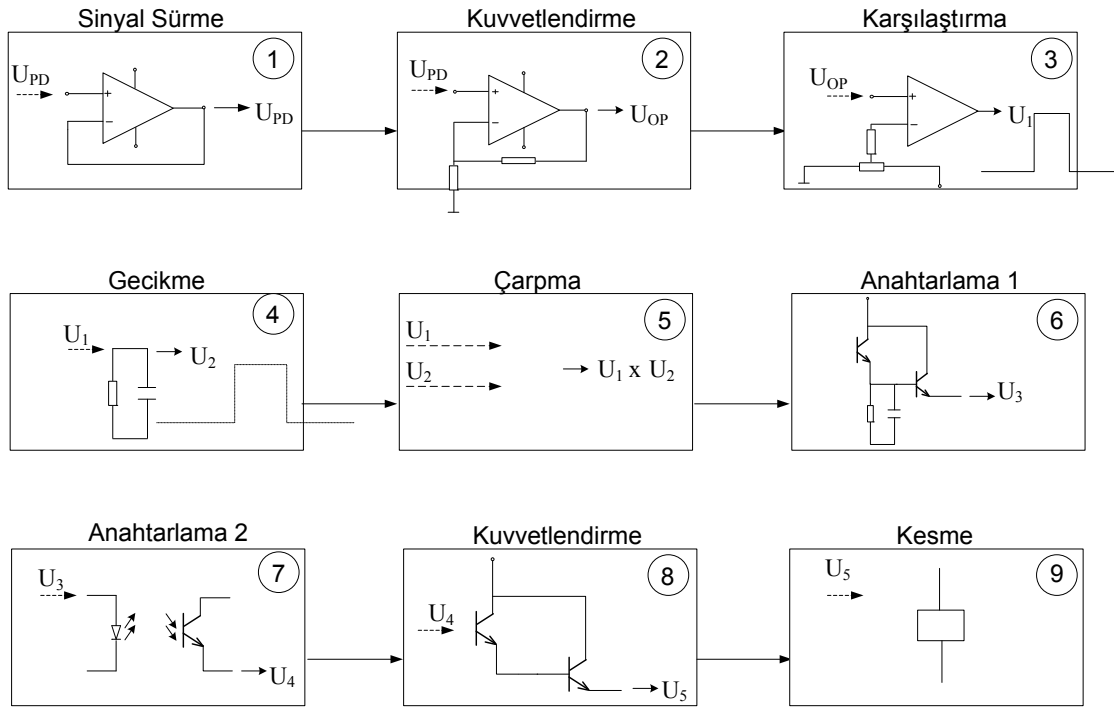
olmaktadır. Algılayıcı sistemde fotodiyot açıklığının 0.9mm olduğu durum için açıklığa iplik yerleştirilmediğinde fotodiyot işaretinin genliği, $U_{PD} = 7.92V$ olmaktadır. Bu durumda fotodiyot doyumda değildir. İplikte 2.2mm uzunluğunda bozukluk olduğunda bozukluk darbe işaretinin genliği $U_{PD} = 2.70V$ seviyesindedir. Şekil 3.57'de 626nm dalga boyunda ışın vericide bozukluk uzunluğuna göre algılanan işaret genlik seviyelerinin değişimi verilmiştir.



Şekil 3.57. İplik bozukluklarının uzunluklarına göre fotodiyot işareti genliğinin değişimi.

Şekil 3.58'de optik algılayıcının blok şeması verilmiştir. 1 ile gösterilen blokta fotodiyot işareti işlemsel kuvvetlendiriciyle sürülmüştür. İşaretin genliği 2 ile gösterilen blokta faz çevirmeyen işlemsel kuvvetlendirici ile kuvvetlendirilerek iplik

bozukluklarının uzunluklarına göre sınıflandırılabilceği geniş bant aralığı oluşturulmuştur. Bozuklukların boyutuna göre trimpot kullanılarak referans gerilim seviyeleri oluşturulmuş ve 2 numaralı blok çıkışındaki işaretin genliği ile karşılaştırılmıştır. İşlemsel kuvvetlendirici ile kuvvetlendirilmiş fotodiyot işaretinin genliği referans gerilim seviyesinden büyük olduğunda 3 numaralı blokta karşılaştırma yapan işlemsel kuvvetlendirici çıkışı darbe işareti üretmektedir. Bu darbe işareti mikrosaniye mertebesinde uzatılarak 3 numaralı blok çıkış sinyali ile bir VE devresine aktarılmıştır. VE devresinin çıkış sinyali anahtarlanarak optokuplöre verilmiştir. Optokuplörde bulunan fototranzistör anahtarlama süresi boyunca ışın yayan LED ile ışıklandırılışı sürece iletimdedir. Optokuplör çıkışı darlington tranzistor ile yüksek akım kazancı sağlanarak makasa aktarılmaktadır.



Şekil 3.58. İpliğ bozukluklarını algılayan optoelektronik devrenin blok şeması.

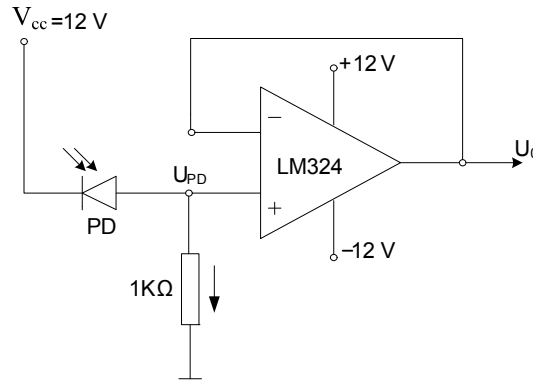
3.7.1. Fotodiyot işaretinin sürülmesi

Şekil 3.58’de blok şemada bir ile numaralanmış blok, fotodiyot önünde yer alan açıklığa yerleştirilen ve ışın vericiden gelen ışınlar tarafından aydınlatılan ipliğin çapına göre değişen işaretin sürüldüğü kattır. İşlemsel kuvvetlendirici kullanılarak gerilim izleyici devre oluşturulmuştur. İşlemsel kuvvetlendiriciye gelen işaret fotodiyot

işarettir ve genliği ipliğin çapına göre fotodiyot algılama yüzeyine düşen ışın lekesinin alanının değişimi ile belirlenmektedir. Bu kısımda yüksek akımları sürmek ve empedans uygunlaştırmak için işaret gerilim izleyici devre ile sürülmektedir. Bloğun giriş işareti genliği ile çıkış işareti genliği aynıdır. İşlemsel kuvvetlendiricinin faz çevirmeyen girişine fotodiyot bağlanmış ve faz çeviren giriş çıkış ile birleştirilerek gerilim izleyici (emetör izleyici gibi) devre elde edilmiştir. Gerilim izleyicide çıkış gerilimi giriş gerilimine eşittir (Musayev 2002). Bir numaralı bloğun devresi Şekil 3.59'da verilmiştir. Devrenin çıkış işareti,

$$U_0 \cong U_{PD} \quad (3.43)$$

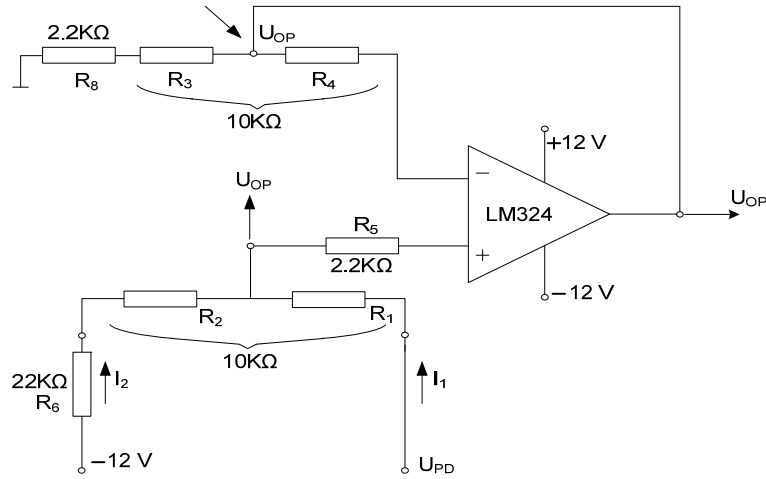
olmaktadır.



Şekil 3.59. Fotodiyot sinyalinin gerilim izleyici devre ile sürülmesi.

3.7.2. Fotodiyot işaretinin genliğinin yükseltilmesi

Şekil 3.57'de verilen grafikte, iplik bozukluklarının uzunluklarına göre alınan fotodiyot sinyali genlikleri, küçük boyutlu bozukluklar için düşük seviyededir. İpliğin hızının değişimine göre, bozukluk darbe sinyali genliği değişmezken bozukluk darbe sinyalinin süreleri hızın artmasıyla azalmaktadır. Fotosinyalin faz çevirmeyen bir işlemsel kuvvetlendirici ile kuvvetlendirilmesi, bozukluk uzunluğuna göre değişen fotosinyal genliklerinin karşılaştırılacağı referans gerilimlerinin bozukluk boyutuna göre kolayca ayırt edilebileceği yüksek genlik seviyelerine dönüşmesine olanak sağlamaktadır. Fotodiyot genliği Şekil 3.58'de verilen şemanın iki numaralı bloğunda işlemsel kuvvetlendiricinin besleme gerilimi ile sınırlı genlik değerlerine yükseltilmektedir. İki numaralı bloğun devresi Şekil 3.60'da verilmiştir.



Şekil 3.60. Fotodiyot sinyali genliğinin faz çevirmeyen işlemsel kuvvetlendirici ile kuvvetlendirilmesi.

İplik bozukluk uzunluğuna göre genliği değişen fotosinyalin kuvvetlendirildiği devrenin çıkışındaki sinyal U_{OP} ile gösterilmiştir. İşlemsel kuvvetlendiricinin faz çeviren ve çevirmeyen girişlerine $R' = 10K\Omega$ direncinde iki trimpot bağlanarak işlemsel kuvvetlendirici çıkışındaki sinyalin genliğinin bu dirençler ile ayarlanması sağlanmıştır. İplikte herhangi bir bozukluk olmaması durumunda, devrenin çıkışından alınan fon sinyalinin düşük olması ve bozukluk darbe sinyalinin genliğinin de yeterince kuvvetlendirilebilmesi için direnci ayarlanabilir trimpotlardan yararlanılmıştır. Bozukluk darbe sinyalinin genliğinin, iplikte herhangi bir bozukluk oluşmaması durumunda elde edilen fon sinyaline oranı, en küçük uzunlukta bozukluk boyutunun 0.3mm alınması durumunda,

$$\frac{U_B}{U_{FON}} \Big|_{a_y=0.3mm} = 280mV/60mV = 4.67 \quad (3.44)$$

olmaktadır. Bozukluk uzunluğu arttıkça U_B / U_{FON} oranı yükselmektedir. Bozukluk uzunluğunun 2.2mm olması durumunda bu oran;

$$\frac{U_B}{U_{FON}} \Big|_{a_y=2.2mm} = 2867mV/60mV = 47.78 \quad (3.45)$$

şeklinde on kattan fazla yükselmektedir. En yüksek uzunlukta bozukluk boyutu için fotodiyotun doyumunda olmaması sağlanmıştır.

Şekil 3.60'da, işlemsel kuvvetlendiricinin faz çeviren ve faz çevirmeyen girişlerinin gerilim eşitliği kullanılması ve işlemsel kuvvetlendiricinin giriş direncinin çok yüksek olması nedeniyle giriş akımının yaklaşık sıfır kabul edilmesiyle,

$$\frac{U_{PD} - U_{OP}}{R_1} = \frac{-12 - U_{OP}}{R_2 + R_6} \quad (3.46)$$

eşitliği yazılabilir. Buradan kuvvetlendirilen fotodiyot işareti,

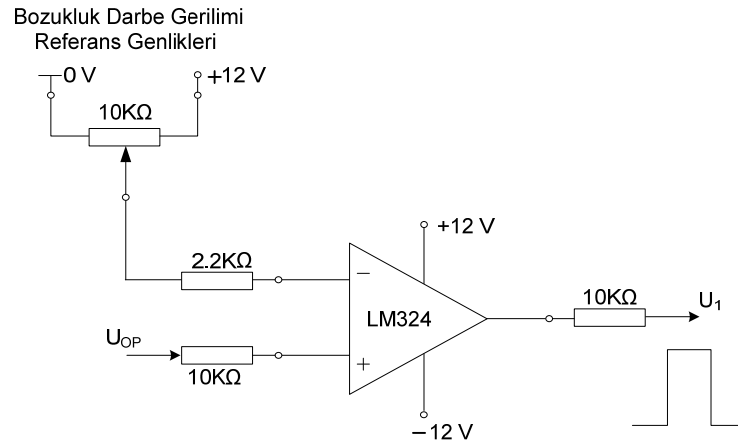
$$U_{OP} = \frac{(R_2 + R_6)U_{PD} + 12R_1}{R_2 + R_6 - R_1} \quad (3.47)$$

olmaktadır. İşaretin kuvvetlendirilmesi iplik bozuklarının, uzunluğuna göre sınıflandırılabilceği ve kolayca ölçeklendirilerek geniş bant aralığında incelenebileceği yüksek gerilim seviyelerine dönüştürülebilmesini sağlamaktadır.

3.7.3. Karşılaştırma devresi

Genliği beş kat yükseltilmiş fotodiyot sinyali, referans gerilim seviyelerinden yüksek olduğunda işlemsel kuvvetlendirici çıkışından bozukluğun oluştuğunu bildiren darbe sinyali alınmaktadır. Referans gerilim değerleri, ipliğin bozukluk uzunluklarıyla değişen bozukluk darbe sinyali genliklerine göre elde edilmiştir ve referans gerilimlerinin oluşumunu sağlayan trimpotun direncini değiştiren ayar düğmesinin ölçeklendirilmesi yapılmıştır.

Karşılaştırma işlemi yapan Şekil 3.61'deki devre çıkışından alınan darbe sinyali bir VE devresinin girişine verilmiş ve Şekil 3.58'deki dört numaralı blok ile işlemsel kuvvetlendirici sinyalinin süresi mikrosaniyeler mertebesinde ertelenerek elde edilen ikinci darbe sinyali VE devresine iletilmiştir. Bozukluk darbe sinyalinin referans gerilim seviyesinden büyük olması durumunda VE devresi darbe sinyali, Şekil 3.60'da belirtilen altı numaralı bloktaki anahtarlama devresine aktarılmaktadır.

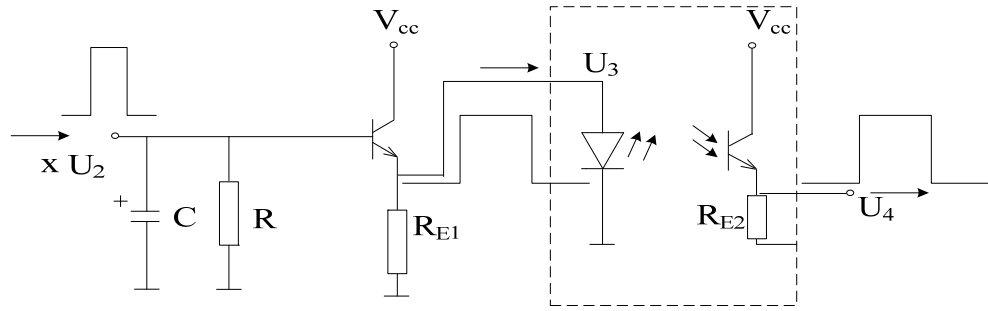


Şekil 3.61. Bozukluk darbe sinyalinin referans gerilimlerle karşılaştırıldığı işlemsel kuvvetlendirici devresi.

3.7.4. Anahtarlama devreleri

Şekil 3.58’de verilen bozukluk algılayıcının blok şemasında altı ile numaralandırılmış anahtarlama katı, makasın kesme süresini ayarlamak için geliştirilmiştir. İplikteki bozukluğun boyutu $a_y = 1mm$ ve ipliğin hızı $V_y = 0.58m/s$ olduğunda bozukluk darbe sinyalinin süresi, $t_D = 1.724ms$ olmaktadır. Devrede kullanılan kapıların gecikmesi bu sürenin binde biri mertebelerindedir. VE devresi çıkışındaki sinyalin $t_D' = 3.4ms$ olarak ölçülen süresi, altı ile numaralandırılmış anahtarlama katında yer alan ve gerilim kazancı yaklaşık olarak bir olan emetör çıkışlı tranzistörün bazında yer alan R-C devresi ile $t_D' = 0.39s$ süresine uzatılmıştır. Tranzistör çıkışındaki süresi uzatılmış sinyal optokuplöre aktarılmıştır. Optokuplör, anahtarlama süresinin parazit sinyalleri ile değişmesini engellemektedir. Optokuplörde yer alan fototranzistör çıkışında elde edilen sinyal makasın endükleneceği yüksek akım seviyelerini sağlamak üzere darlington tranzistörün girişine aktarılmıştır.

Şekil 3.62’de, bozukluk darbe sinyalinin süresinin uzatılması ve optokuplörün tranzistörü ile darbe süresinin anahtarlama süresinin parazit sinyallerinden yalıtılması gösterilmiştir.



Şekil 3.62. Bozukluk darbe sinyalinin süresinin uzatılması ve optokuplör ile darbe süresinin anahtarlama süresinin parazit sinyallerinden yalıtılması.

3.7.5. Makas kesme sinyalinin elde edilmesi

Makas, yüksek akımla üzerinde gerilim endüklenen bobinlerin çekmesi ile harekete geçen metal parçasının, ipliğin akış yörüngesinde uygun konumda yerleştirilerek bozukluk sinyali gelmesi durumunda ipliği kesme işlemi gerçekleştirmektedir. Endükleme gerilimi $U=Ldi/dt$ olduğundan akımın optokuplör çıkışındaki çok düşük seviyesi yüksek akım kazancı sağlayan tranzistörle kuvvetlendirilerek endükleme geriliminin yükseltilmesi sağlanmıştır. Akım kazancı sağlayan tranzistörün eşdeğer devresi darlington tranzistör şeklindedir ve bu durumda emetör çıkışından $h_{FE}=1000$ akım kazancı için, $I_E=4A$ tepe değerinde akım elde edilmektedir.

3.8. Modellenmiş Bozuklukların Algılayıcı Sinyalinin Elde Edilmesi

İplikte bozukluklar modellenerek optik algılayıcı ile zaman sinyalleri elde edilmiştir. Buna göre bozukluk sinyalinin genliği, süresi ve dalga şekli iplikte bozukluğun uzunluğuna ve şekline göre değişmektedir. Şekil 3.63’de, bıçağın kalibreye eşit zamanlarda ve uygun mesafelerde girmemesi, kötü malzeme ve insan hatalarından kaynaklanan havların düzenli dağılım özelliğini yitirmiş ipliklere ait bozukluk modelleri oluşturulmuştur. Çizelge 3.10’da ise modellenen bozuklukların optik algılayıcı işaretleri verilmiştir.



a



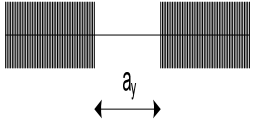
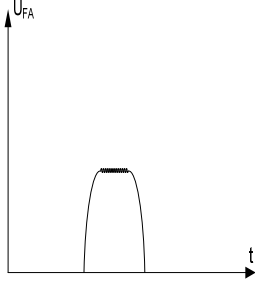
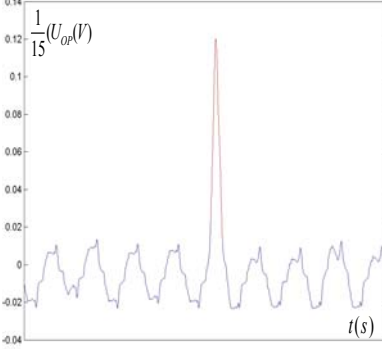

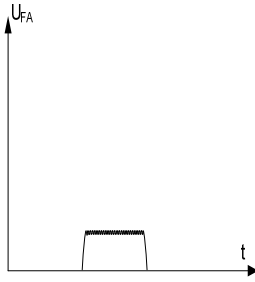
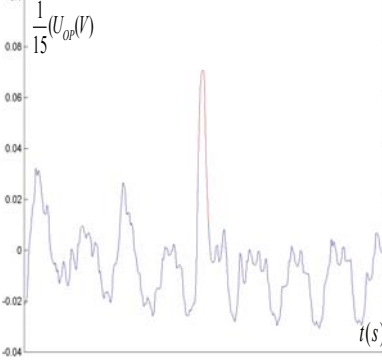
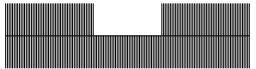
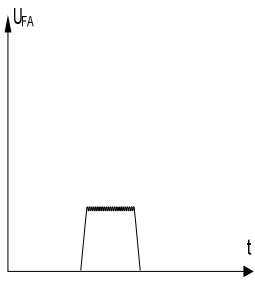
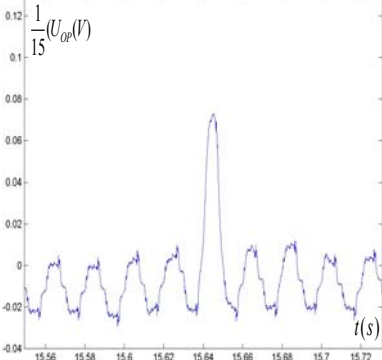
b



c

Şekil 3.63. Chenille ipliğinde görülebilecek bozukluk modellerine ait fotoğraflar **a)** kilit ipliği açıkta, **b)** üst yarı bölümden hav kaybı, **c)** üst ve alt yarı bölümden hav kaybı.

Çizelge 3.10. İplikte modellenen bozukluklar ve optik algılayıcıdan elde edilen sinyaller.

Bozukluk Tipi	Bozukluk Modeli	İdeal Sinyal	Fotoahcı Sinyalleri
a			
b			
c			

İplikte hav kaybı ne kadar fazla ise algılayıcı sistem ile elde edilen iplik zaman sinyalinde yer alan bozukluk darbe sinyalinin genliği o oranda yüksek olmaktadır. Zaman sinyalinde yer alan ipliğin bozuk bölgesi nedeniyle oluşan darbe sinyalinin Çizelge 3.10.a'da görüldüğü gibi yüksek genlikli olması, iplikte, hav kaybının yüksek olduğu ve Şekil 3.63.a'da görülen bozukluk modeline benzer bir bozukluğun var olduğunu göstermektedir. Bozuk bölge ile oluşan darbe işaretinin süresi, Çizelge 3.10.a'da görülen darbe işaretinin süresi ile aynı ancak genliği çok daha az olursa, iplikte, Şekil 3.63.b ve Şekil 3.63.c'de görülen bozukluk modellerinden birisine benzer yapıda bir bozukluğun olduğu düşünülmektedir. Süresi, Çizelge 3.10.b ve Çizelge 3.10.c'de görülen darbe işaretinin süresinden daha az ancak genliği söz konusu darbe sinyallerinin genliğine yakın darbe işaretleri, iplikte, Şekil 3.63.a'da görülen bozukluk modeline benzeyen ancak bu modelde görülen bozukluk uzunluğundan daha kısa bir bozukluğun var olduğunu göstermektedir.

3.9. İplik Bozukluklarının Fourier Spektrumu Analizi ile İncelenmesi

Uzunluğu N olan bir $x(n)$ fonksiyonunun ayrık Fourier Dönüşümünün genel ifadesi aşağıdaki şekilde belirtilir (Axelsson ve Karlsson 1997).

$$X(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cdot \exp(-j \frac{2\pi kn}{N}) \quad (3.48)$$

Fourier serisinin matematiksel ifadesinde programlama ve işlem süresinin uzun olması nedeniyle frekans dönüşümünde Hızlı Fourier Dönüşümü kullanılmaktadır. Fourier serisi katsayılarının belirlediği spektrumun genliği, $k = 0,1,2,\dots,N-1$ olmak üzere aşağıdaki bağıntıda belirtilmiştir (Axelsson ve Karlsson 1997).

$$A(k) = |X(k)| \quad (3.49)$$

İplik bozukluklarının frekans spektrumunun incelenmesi, zaman sinyalinde algılanamayan periyodik iplik bozukluklarının tespit edilmesini sağlamaktadır (Anonim 1989). Spektral analiz, periyodik iplik varyasyonlarının ve kumaş bozukluklarının belirlenmesinde kullanılır (Kim 1998). Belirli frekanslarda görülen yüksek genlikli frekans bileşenleri, periyodik bozukluğun oluştuğunu simgeler (Kim 1998). Ayrık

Fourier Dönüşümünün katsayıları iplik bozukluklarının periyodik oluşumunu belirlemede kullanılır ve bağıntısı (Kim 1998);

$$d_N(f) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N Y(t) e^{-j\omega t} \quad (3.50)$$

şeklindedir. $Y(t), t = 1, 2, \dots, N$; $k = 1, 2, \dots, N$ ve $\omega_k = 2\pi k / n$ açısal frekansı için Ters Ayrık Fourier Dönüşümü elde edildiğinde zaman sinyali kosinüs ve sinüs fonksiyonlarının toplamı şeklinde ifade edilebilir ve ifadesi (Kim 1998);

$$Y(t) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N U_k \left(\frac{2\pi k}{N} \right) e^{-j \frac{2\pi k t}{N}} \quad (3.51)$$

şeklindedir.

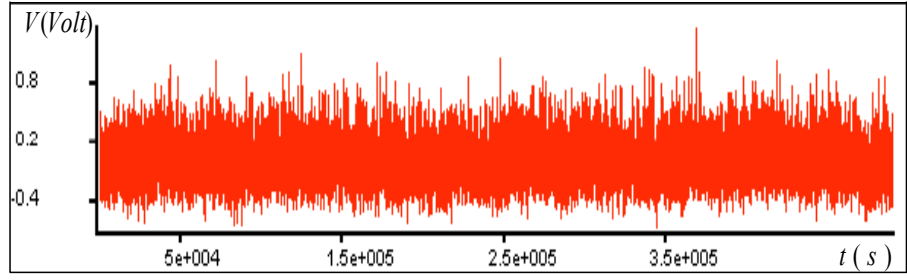
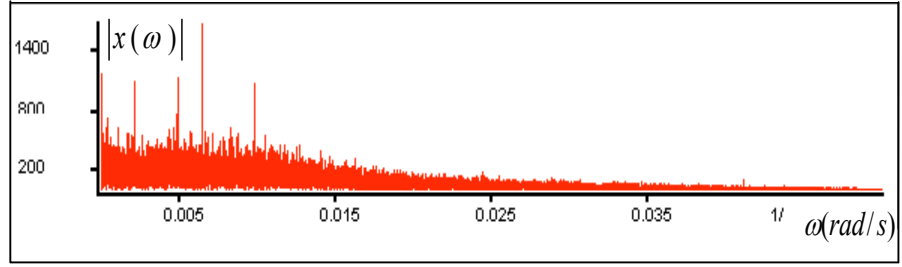
Kumaşların tekrarlı ve düzenli yüzey yapısı Fourier Dönüşümü ile görüntülendiğinde, kumaşın bozuk bölgeleri için frekans bileşenlerinin düzenli yoğunluk dağılımı değişmektedir ve üç boyutlu frekans spektrumlarını analiz etmek oldukça güçtür (Chan ve Pang 2000). Fourier Dönüşümü, bir sinyalin değişik genlik ve frekanslarda sinüs ve kosinüslerin toplamı olarak simgelenbilmesini sağlamaktadır (Chan ve Pang 2000).

Aminuddin ve Riddle (2004), Zellweger Uster işlem içi iplik test cihazlarından zaman sinyalleri olarak frekans spektrumlarını incelemiştir. Şekil 3.64'de, Zellweger Uster iplik test cihazında elde ettikleri, 3000 Hz örnekleme hızında ve iplik hızının 100Yd/m olduğu test koşullarındaki zaman sinyali ve Hızlı Fourier Dönüşümü genlik spektrumu verilmiştir.

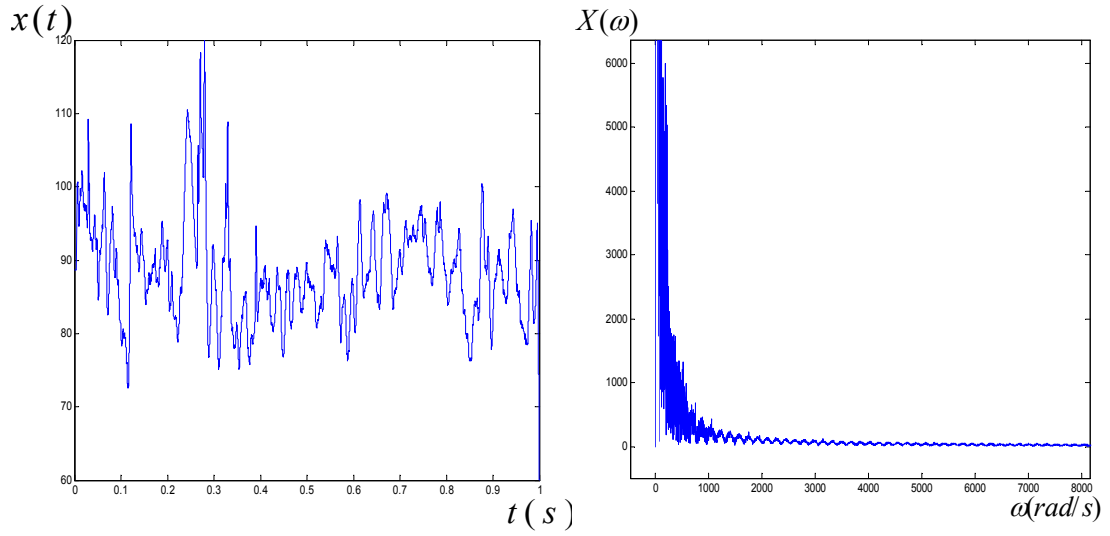
İplik sinyallerinin, Fourier Dönüşümleri elde edilerek bozukluğun uzunluğuna göre hesaplanan Fourier katsayıları, ipliğin yapısında bozukluk olmaması durumunda elde edilen Fourier katsayıları ile karşılaştırılmıştır. İplik zaman sinyalinin Fourier Dönüşümü elde edildiğinde frekans bileşenlerinin genlikleri A_k ve frekansları f_k olmak üzere sinyalin zaman ifadesi Fourier katsayıları cinsinden (Karris 2003);

$$x(t) = \sum_{k=1}^N A_k \sin(2\pi f_k t + \varphi_k) \quad (3.52)$$

olmaktadır. Şekil 3.65'de ipliğin zaman sinyali grafiği ve Fourier Dönüşümü frekans bileşenlerinin görüldüğü grafik verilmiştir.

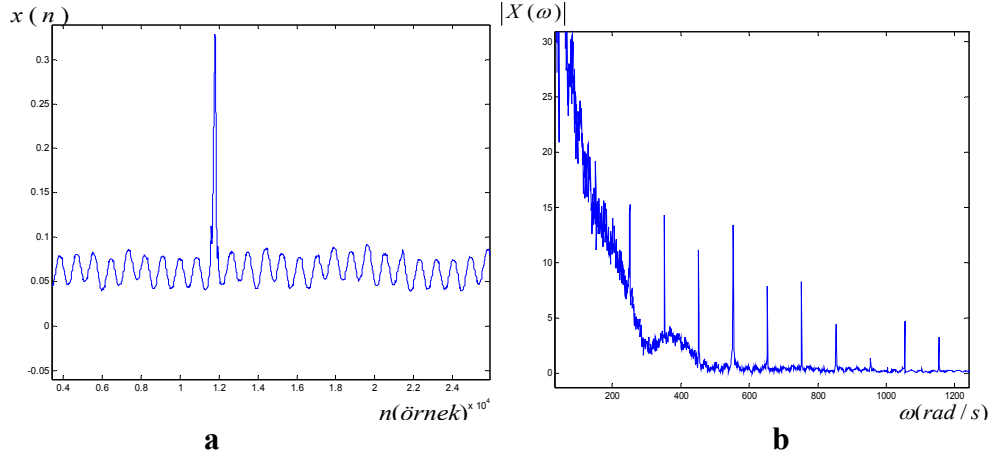
**a****b**

Şekil 3.64. Zellweger Uster iplik test cihazı **a)** zaman sinyali, **b)** genlik frekans spektrumu (Aminuddin ve Riddle 2004).

**a****b**

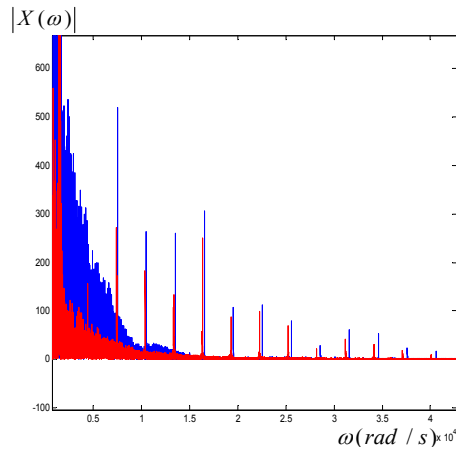
Şekil 3.65. 44100 Hz örnekleme frekansı ile örneklenen ve yapısında bozukluk olmayan ipliğe ait sinyalin **a)** zaman grafiği **b)** Fourier Dönüşümü genlik frekans spektrumu.

Şekil 3.66'da 0.5mm bozuk bölgesi olan ipliğin bozuk bölgesi oluşan darbe işareti ve Fourier Dönüşümü (HFD) genlikleri verilmiştir.



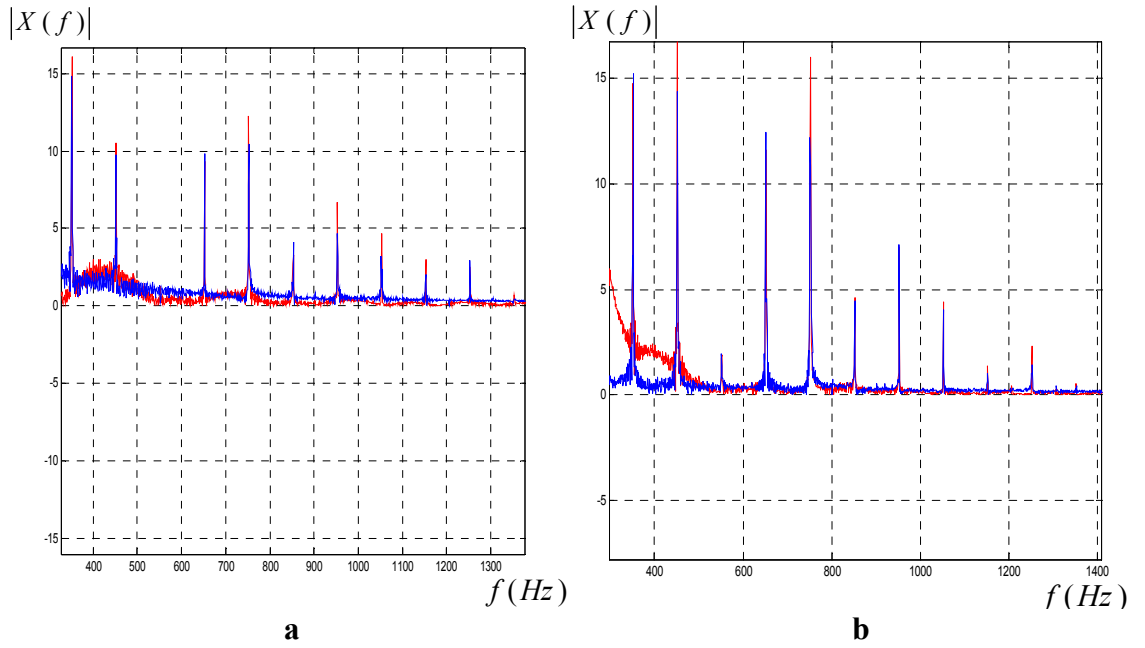
Şekil 3.66. a) 0.5mm bozuk bölgesi olan ipliğin 44100 Hz örnekleme frekansı ile örneklenmiş zaman sinyali, **b)** 0.5mm bozuk bölgesi olan ipliğin 44100 Hz örnekleme frekansı ile örneklenmiş zaman sinyalinin Fourier Dönüşümü (HFD) genlikleri.

Değişik uzunluklarda bozuk bölgesi olan ipliğin ve yapısında bozukluk olmayan ipliğin zaman sinyalinin Fourier Dönüşümü frekans bileşenlerinin genlikleri karşılaştırma yapmak üzere incelenmiştir. Bozuk bölgesi olmayan ve bozuk bölgesi bulunan ipliğin zaman sinyalleri üst üste çakışacak şekilde elde edilmiştir. Şekil 3.67’de her iki sinyalin Fourier Dönüşümü (HFD) genlikleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Bozuk bölgesi olan ipliğin zaman sinyalinin Fourier Dönüşümü genliklerinin bozuk olmayan ipliğin zaman sinyalinin Fourier Dönüşümü genliklerinden daha büyük olduğu görülmektedir. Her iki zaman sinyalinin, aynı frekanslarda görülen Fourier Dönüşümü bileşenleri bulunmaktadır. Bu bileşenler, ipliğin genel yapısından ve havların diziliminden kaynaklanan sinüs değişimli genel zaman sinyaline göre ortaya çıkmaktadır.

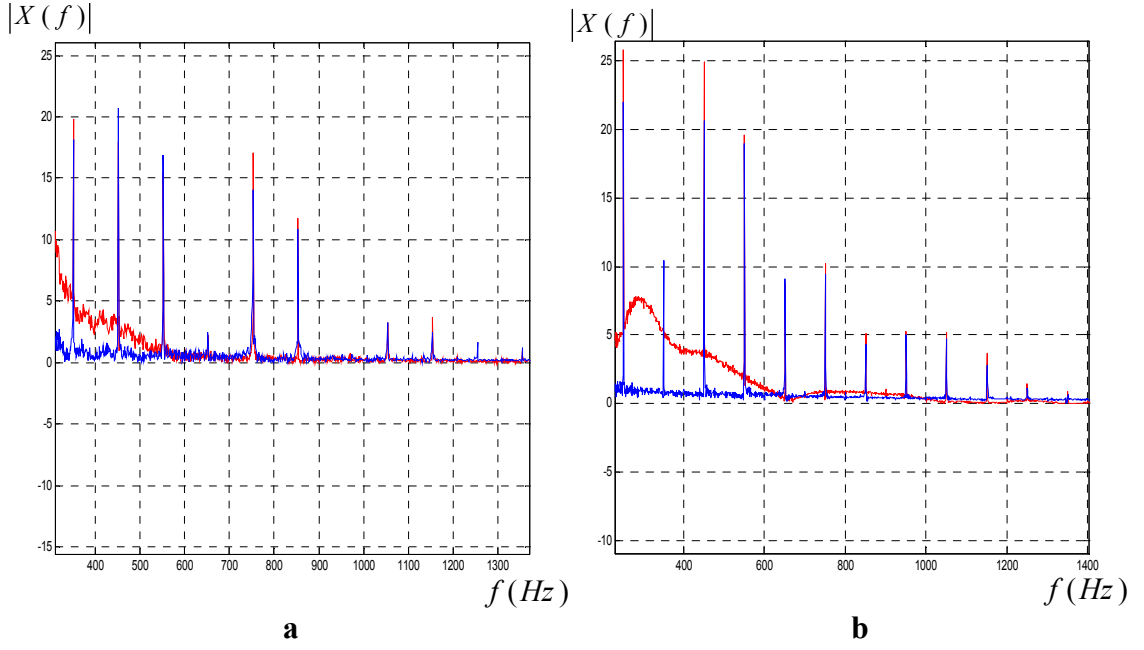


Şekil 3.67. Yapısında bozukluk olan ve olmayan ipliğin Fourier dönüşümü genliklerinin frekans dağılımı (mavi grafik bozuk bölgesi bulunan ipliğin ve kırmızı grafik yapısında bozukluk olmayan ipliğin frekans spektrumu genliklerini ifade etmektedir).

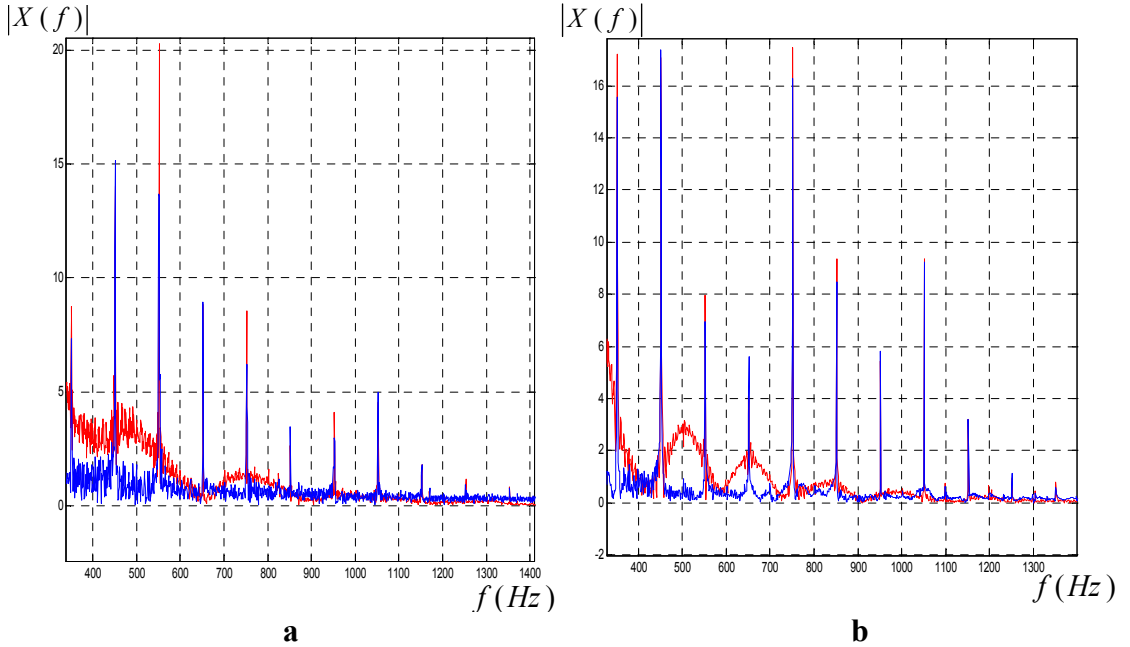
Şekil 3.68-3.70’de, 0.5mm, 0.8mm, 1mm, 1.5mm, 2mm ve 2.2mm bozuk bölgesi olan ipliğin zaman sinyallerinin Fourier Dönüşümü (HFD) genliklerinin bozuk bölgesi olmayan ipliğin zaman sinyalinin Fourier Dönüşümü (HFD) genlikleriyle karşılaştırıldığı grafikler verilmiştir. Bu grafiklerde mavi ile belirtilenler bozuk olmayan ipliğin zaman sinyalinin, kırmızı ile belirtilenler ise bozuk bölgesi bulunan ipliğin zaman sinyallerinin Fourier Dönüşümü genliklerini ifade etmektedir.



Şekil 3.68.a) 0.5mm uzunluğunda bozuk bölgesi olan ipliğe ait zaman sinyalinin Fourier spektrumu genlikleri (kırmızı grafik), yapısında bozuk bölgesi olmayan ipliğe ait zaman sinyalinin Fourier spektrumu genlikleri (mavi grafik), **b)** 0.8mm uzunluğunda bozuk bölgesi olan ipliğe ait zaman sinyalinin Fourier spektrumu genlikleri (kırmızı grafik), yapısında bozuk bölgesi olmayan ipliğe ait zaman sinyalinin Fourier spektrumu genlikleri (mavi grafik).



Şekil 3.69.a) 1mm uzunluğunda bozuk bölgesi olan ipliğe ait zaman sinyalinin Fourier spektrumu genlikleri (kırmızı grafik), yapısında bozuk bölgesi olmayan ipliğe ait zaman sinyalinin Fourier spektrumu genlikleri (mavi grafik), **b)** 1.5mm uzunluğunda bozuk bölgesi olan ipliğe ait zaman sinyalinin Fourier spektrumu genlikleri (kırmızı grafik), yapısında bozuk bölgesi olmayan ipliğe ait zaman sinyalinin Fourier spektrumu genlikleri (mavi grafik).



Şekil 3.70.a) 2mm uzunluğunda bozuk bölgesi olan ipliğe ait zaman sinyalinin Fourier spektrumu genlikleri (kırmızı grafik), yapısında bozuk bölgesi olmayan ipliğe ait zaman sinyalinin Fourier spektrumu genlikleri (mavi grafik), **b)** 2.2mm uzunluğunda bozuk bölgesi olan ipliğe ait zaman sinyalinin Fourier spektrumu genlikleri (kırmızı grafik), yapısında bozuk bölgesi olmayan ipliğe ait zaman sinyalinin Fourier spektrumu genlikleri (mavi grafik).

Bozukluk uzunluğunun artması ile algılayıcı işaretinin zaman sinyalinde görülen ve ipliğin bozuk bölgesi ile oluşan darbe işaretinin süresi ve genliği yükselmektedir. Şekil 3.68-3.70’de verilen grafiklerin incelenmesi sonucunda bozukluğun uzunluğunun artmasıyla HFD frekans bileşenlerinin genliklerinin değişim gösterdiği ve bozukluk uzunluğu arttıkça 0-100Hz aralığında bulunan frekans bileşenlerinin genliğinin arttığı görülmüştür.

Her bir bozukluk uzunluğu için üç ayrı örnek modellenerek frekans bileşenlerinin genlikleri ve frekanslarının dağılımı elde edilmiştir. Frekans bileşenlerinin genlikleri ve görüldükleri frekansların, ipliğin bozukluk uzunluğuna göre değişimi Çizelge 3.11-3.19’da verilmiştir. Şekil 3.71’de ipliğin bozukluk uzunluğuna göre frekans bileşenlerinin dağılımı gösterilmiştir.

Çizelge 3.11. 0.5mm uzunluğunda bozuk bölgesi bulunan, 0.583m/s hızındaki polyester 3Nm Chenille ipliğinin zaman sinyalinin 44100 Hz örnekleme frekansı ile örnekleme ve Fourier genliklerinin elde edilmesi (birinci örnek).

$a_v (mm)$	k	$A_k (mV)$	$f_k (Hz)$
0.5	1	67.3	3
0.5	2	12.5	10
0.5	3	44.4	16
0.5	4	27	20
0.5	5	50	25
0.5	6	40.2	29
0.5	7	28.3	40
0.5	8	33.7	48
0.5	9	358.83	51
0.5	10	24.8	60
0.5	11	22.46	80
0.5	12	18.5	90
0.5	13	13.35	100

Çizelge 3.12. 0.5mm uzunluğunda bozuk bölgesi bulunan, 0.583m/s hızındaki polyester 3Nm Chenille ipliğinin zaman sinyalinin 44100 Hz örnekleme frekansı ile örneklenmesi ve Fourier genliklerinin elde edilmesi (ikinci örnek).

$a_y (mm)$	k	$A_k (mV)$	$f_k (Hz)$
0.5	1	64.8	3
0.5	2	9.7	10
0.5	3	39.9	16
0.5	4	23.8	20
0.5	5	51	25
0.5	6	42	29
0.5	7	26.7	40
0.5	8	37	48
0.5	9	364.7	51
0.5	10	29	60
0.5	11	24	80
0.5	12	21.5	90
0.5	13	16	100

Çizelge 3.13. 0.5mm uzunluğunda bozuk bölgesi bulunan, 0.583m/s hızındaki polyester 3Nm Chenille ipliğinin zaman sinyalinin 44100 Hz örnekleme frekansı ile örneklenmesi ve Fourier genliklerinin elde edilmesi (üçüncü örnek).

$a_y (mm)$	k	$A_k (mV)$	$f_k (Hz)$
0.5	1	59	3
0.5	2	8.9	10
0.5	3	43.1	16
0.5	4	32.6	20
0.5	5	50	25
0.5	6	33	29
0.5	7	28	40
0.5	8	41	48
0.5	9	347.8	51
0.5	10	26	60
0.5	11	21	80
0.5	12	17	90
0.5	13	14	100

Çizelge 3.14. 1mm uzunluğunda bozuk bölgesi bulunan, 0.583m/s hızındaki polyester 3Nm Chenille ipliğinin zaman sinyalinin 44100 Hz örnekleme frekansı ile örneklenmesi ve Fourier genliklerinin elde edilmesi (birinci örnek).

$a_y (mm)$	k	$A_k (mV)$	$f_k (Hz)$
1	1	60.66	3
1	2	117.4	10
1	3	106.5	16
1	4	109.2	20
1	5	92.05	25
1	6	86.12	29
1	7	96.2	40
1	8	105.1	48
1	9	396.1	51
1	10	72.87	60
1	11	73.3	80
1	12	73.46	90
1	13	67.42	100

Çizelge 3.15. 1mm uzunluğunda bozuk bölgesi bulunan, 0.583m/s hızındaki polyester 3Nm Chenille ipliğinin zaman sinyalinin 44100 Hz örnekleme frekansı ile örneklenmesi ve Fourier genliklerinin elde edilmesi (ikinci örnek).

$a_y (mm)$	k	$A_k (mV)$	$f_k (Hz)$
1	1	64	3
1	2	120	10
1	3	109.3	16
1	4	114.7	20
1	5	86.7	25
1	6	77.4	29
1	7	115	41
1	8	127.2	48
1	9	398.7	50
1	10	74	60
1	11	81	80
1	12	77	90
1	13	65.8	100

Çizelge 3.16. 1mm uzunluğunda bozuk bölgesi bulunan, 0.583m/s hızındaki polyester 3Nm Chenille ipliğinin zaman sinyalinin 44100 Hz örnekleme frekansı ile örnekleme ve Fourier genliklerinin elde edilmesi (üçüncü örnek).

$a_y (mm)$	k	$A_k (mV)$	$f_k (Hz)$
1	1	79	3
1	2	130	10
1	3	140	13
1	4	137	19
1	5	95	25
1	6	130	33
1	7	117	42
1	8	142	48
1	9	413	50
1	10	88	60
1	11	88	80
1	12	75.3	90
1	13	71	100

Çizelge 3.17. 2mm uzunluğunda bozuk bölgesi bulunan, 0.583m/s hızındaki polyester 3Nm Chenille ipliğinin zaman sinyalinin 44100 Hz örnekleme frekansı ile örnekleme ve Fourier genliklerinin elde edilmesi (birinci örnek).

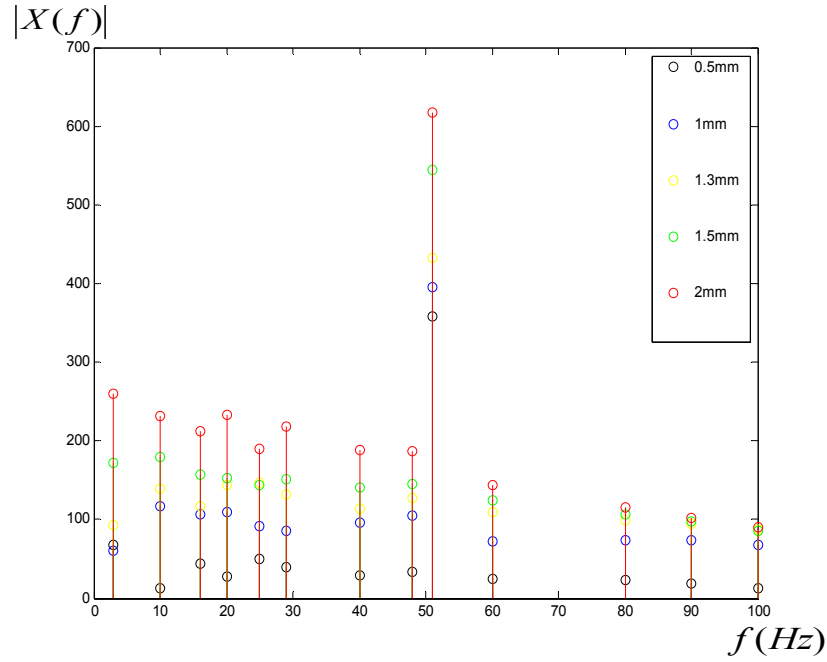
$a_y (mm)$	k	$A_k (mV)$	$f_k (Hz)$
2	1	259.5	3
2	2	232	10
2	3	212	16
2	4	232.44	20
2	5	189.2	25
2	6	218.3	29
2	7	188.7	40
2	8	187	48
2	9	617.86	51
2	10	143.1	60
2	11	114.89	80
2	12	102.6	90
2	13	90.59	100

Çizelge 3.18. 2mm uzunluğunda bozuk bölgesi bulunan, 0.583m/s hızındaki polyester 3Nm Chenille ipliğinin zaman sinyalinin 44100 Hz örnekleme frekansı ile örnekleme ve Fourier genliklerinin elde edilmesi (ikinci örnek).

a_y (mm)	k	A_k (mV)	f_k (Hz)
2	1	260	3
2	2	234	10
2	3	209	16
2	4	230.7	20
2	5	179.6	24
2	6	217.8	29
2	7	189.6	40
2	8	183.6	48
2	9	621.2	51
2	10	144.1	60
2	11	118	80
2	12	99.7	90
2	13	88.61	100

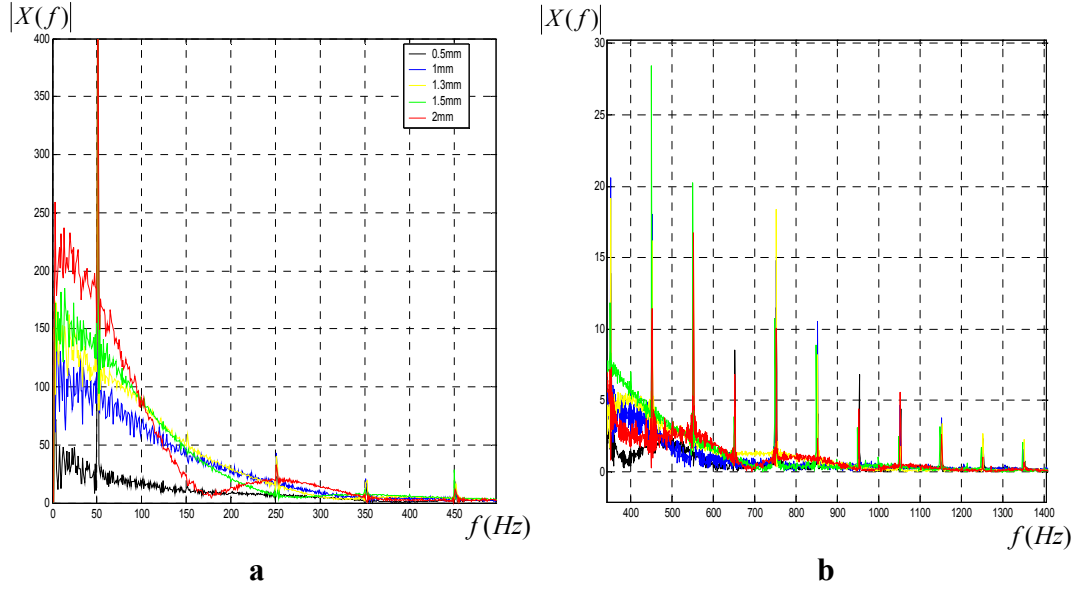
Çizelge 3.19. 2mm uzunluğunda bozuk bölgesi bulunan, 0.583m/s hızındaki polyester 3Nm Chenille ipliğinin zaman sinyalinin 44100 Hz örnekleme frekansı ile örnekleme ve Fourier genliklerinin elde edilmesi (üçüncü örnek).

a_y (mm)	k	A_k (mV)	f_k (Hz)
2	1	256.1	3
2	2	2228.7	10
2	3	219	16
2	4	244	20
2	5	191	24
2	6	211	29
2	7	196	40
2	8	196.3	48
2	9	621.8	51
2	10	148	60
2	11	117.4	80
2	12	99.7	90
2	13	87.4	100



Şekil 3.71. 0.5mm, 1mm, 1.3mm, 1.5mm ve 2mm uzunluğunda bozuk bölgesi olan ipliğin zaman sinyalinin Fourier Dönüşümü frekans bileşenlerinin frekans eksenindeki yerleri (işaretleme rengine göre iplikteki bozuk bölgenin uzunluğu, siyah için $a_y = 0.5mm$, mavi için $a_y = 1mm$, sarı için $a_y = 1.3mm$, yeşil için $a_y = 1.5mm$ ve kırmızı için $a_y = 2mm$ 'dir).

Bozukluk uzunluğunun artması, 0-100Hz frekans bileşenlerinin genliklerinin yükselmesine neden olmaktadır. Frekansının 51Hz olduğu bileşenlerin, $a_y = 0.5mm$ için 358.83, $a_y = 1mm$ için 396.1, $a_y = 1.3mm$ için 433, $a_y = 1.5mm$ için 545 ve $a_y = 2mm$ için 617.86 olan genliklerinin, ipliğin bozukluk uzunluğuna göre lineer değiştiği belirlenmiştir. Şekil 3.72'de 05mm-2mm arasında değişen bozukluk uzunlukları için, düşük frekans ve yüksek frekans Fourier Dönüşümü (HFD) bileşenlerinin genliklerinin karşılaştırıldığı grafik gösterilmiştir.



Şekil 3.72. a) 0.5mm, 1mm, 1.3mm, 1.5mm ve 2mm uzunluğunda bozuk bölgesi olan ipliğin zaman sinyalinin Fourier Dönüşümü düşük frekans bileşenlerinin frekans eksenindeki yerleri, **b)** 0.5mm, 1mm, 1.3mm, 1.5mm ve 2mm uzunluğunda bozuk bölgesi olan ipliğin zaman sinyalinin Fourier Dönüşümü yüksek frekans bileşenlerinin frekans eksenindeki yerleri (siyah renkli bileşenler için $a_y=0.5\text{mm}$, mavi renkli bileşenler için $a_y=1\text{mm}$, sarı renkli bileşenler için $a_y=1.3\text{mm}$, yeşil renkli bileşenler için $a_y=1.5\text{mm}$ ve kırmızı renkli bileşenler için $a_y=2\text{mm}$ 'dir).

3.10. Spektrogramların İplik Bozuklukları ile İlişkisinin İncelenmesi

İplik yapısı farklı uzunlukta liflerin birleşiminden meydana gelmektedir. Lif dağılımının Fourier Dönüşümü incelendiğinde, ipliğin yapısında periyodik olarak tekrarlanan kütle değişiminin olması durumunda frekans bileşenlerinin bu frekans değeri için genliği yükselmektedir (Anonim 1989). Frekans ekseninde belirlenen bu değer, periyodik gerçekleşen kütleli değişimin tekrarlanma frekansını ifade etmektedir (Anonim 1989). Spektrogram, zaman sinyalinde olduğu gibi, kumaş veya ipliğin iki veya daha fazla baskın periyodik kütleli değişiminin belirlenmesinde kullanılmaktadır (Kim 1998). İpliğin V_y hızında sağılması durumunda frekans ile dalga boyu arasında (Anonim 1989),

$$\lambda = V_y / f \quad (3.49)$$

bağıntısı bulunmaktadır. Periyodik tekrarlanan kütleli değişim frekansının dalga boyuna dönüştürülmesiyle periyodik hatanın birim uzunluk başına gerçekleşme sayısı elde edilmektedir.

Fourier incelemesine göre dalga boyu spektrumu, K' sabit, l lif uzunluğu, λ iplik düzgünsüzlüğünün dalga boyu olmak üzere aşağıda verilen bağıntı ile açıklanmaktadır (Hong ve ark. 2002).

$$S(\log \lambda) = \left| K' \frac{\sin \frac{\pi l}{\lambda}}{\sqrt{\frac{\pi l}{\lambda}}} \right| \quad (3.50)$$

Fourier Dönüşümü elde edildiğinde frekans eksenindeki bir nokta tüm zaman sinyaline ait bilgiyi simgelemektedir ve zaman faktörü frekans bileşenlerine dönüştürüldüğünden, Fourier Dönüşümü sinyalin zaman davranışı hakkında bilgi verici nitelikte değildir. Durağan (stasyoner) olmayan işaretler için Fourier Dönüşümü işaretin zaman davranışını belirtmediğinden, Fourier Dönüşümü yerine Kısa Süreli Fourier Dönüşümü (Pencerelenmiş Fourier Dönüşümü) olarak adlandırılan zaman sinyalini belirli uzunlukta pencerelere bölerek frekans bileşenlerini zaman bilgisi ile beraber elde etme yöntemi kullanılabilir (Phillips 2003). Kısa süreli Fourier Dönüşümü (KSFD), hesaplama zamanını azaltan ve yeniden düzenlenmiş Ayrık Fourier Dönüşümü olarak kullanılabilir (Chan ve Pang 2000). Fourier serisi katsayılarının belirlenmesiyle N uzunluğunda bir dizinin hesaplama süresi $N \log_2 N$ olmaktadır (Chan ve Pang 2000).

Süresi T olan pencereleme fonksiyonu;

$$g(t) = \begin{cases} 1; & |t| \leq T/2 \\ 0; & |t| > T/2 \end{cases} \quad (3.51)$$

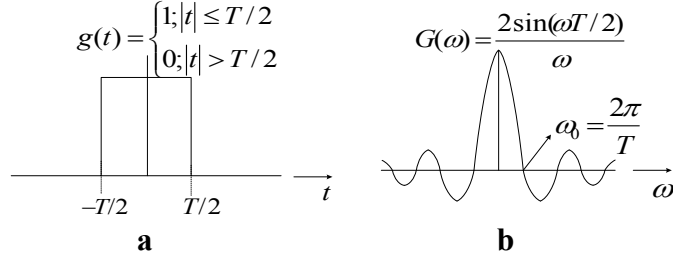
şeklinde tanımlandığında belirlenen zaman penceresi için $x(t)$ sinyalinin Fourier Dönüşümü (Vliet 2005);

$$\hat{X}(\omega) = \int_{-T/2}^{+T/2} x(t) e^{-j\omega t} dt = \int_{-\infty}^{+\infty} g(t) x(t) e^{-j\omega t} dt \quad (3.52)$$

olmaktadır. Fourier Dönüşümünün katlama özelliğinden;

$$\hat{X}(\omega) = \frac{1}{2\pi} X(\omega) * G(\omega) \quad (3.53)$$

yazılabilir. Şekil 3.73'de pencere fonksiyonunun zaman ifadesi ve Fourier Dönüşümünün frekans ifadesi gösterilmiştir.



Şekil 3.73. Kısa Süreli Fourier Dönüşümünde zaman sinyalinin pencereleme fonksiyonunun a) zaman ifadesi, b) frekans spektrumu.

İplik sinyalinin sinüs değişimli olduğu kabul edildiğinde,

$$x(t) = \sin \omega_0 t \quad (3.54)$$

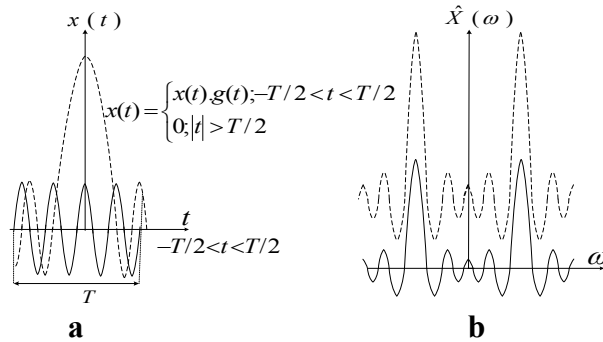
şeklinde olan zaman ifadesi, $g(t)$ fonksiyonu ile pencerelendiğinde, frekans bileşenleri;

$$\hat{X}(\omega) = \frac{1}{2\pi} [\pi(\delta(\omega + \omega_0) - \pi(\delta(\omega - \omega_0))] * G(\omega) = \frac{1}{2} G(\omega + \omega_0) - \frac{1}{2} G(\omega - \omega_0) \quad (3.55)$$

ve

$$\hat{X}(\omega) = \frac{\sin([\omega + \omega_0]T/2)}{\omega + \omega_0} - \frac{\sin([\omega - \omega_0]T/2)}{\omega - \omega_0} \quad (3.56)$$

şeklinde olmaktadır. Şekil 3.74'de, bozuk bölgesi olmayan ve bozuk bölgesi olan iplik sinyalinin, Kısa Süreli Fourier Dönüşümü ile elde edilen frekans bileşenlerinin sembolik gösterimi verilmiştir.



Şekil 3.74. Pencerelemiş iplik sinyalinin a) zaman sinyali, b) Kısa Süreli Fourier Dönüşümü frekans bileşenleri (düz çizgi bozuk bölgesi olmayan ipliğin, kesikli çizgi bozuk bölgesi olan ipliğin zaman sinyali ve frekans bileşenlerini göstermektedir).

İplik sinyalinin, bozukluğun gerçekleştiği ana göre frekans bileşenlerinin elde edilebilmesi için, Pencerelemiş Fourier Dönüşümü kullanılmış ve bozukluğun başlangıç ve bitiş anı ile bozukluğun uzunluğu iki boyutlu ve üç boyutlu spektrogramlar ile belirlenmiştir. Zaman sinyalinin Pencerelemiş Fourier Dönüşümü (Phillips 2003):

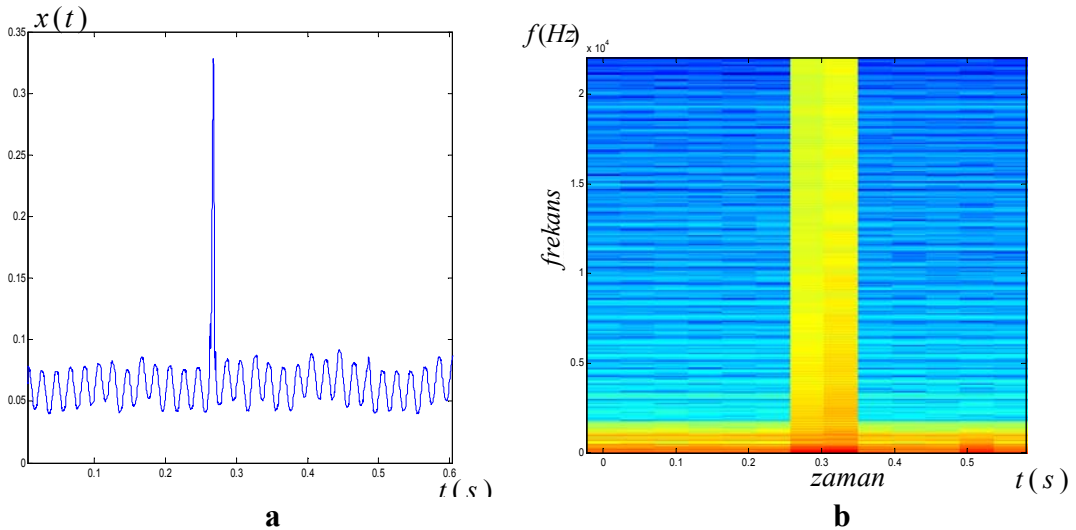
$$KSFD[x(t)] = X(\eta, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)g(t - \eta)e^{-j\omega t} dt \quad (3.57)$$

şeklindedir. $\eta=1,2,\dots,M$ olmak üzere, $g(t-\eta)$, genliği bir olan ve zaman sinyalini M adet dilime ayıran kare darbe işaretini göstermektedir. Pencerelemiş Fourier Dönüşümü genliklerinin belirlediği spektrogram (Phillips 2003):

$$spektrogram[x(t)] = |X(\eta, \omega)| \quad (3.58)$$

şeklindedir.

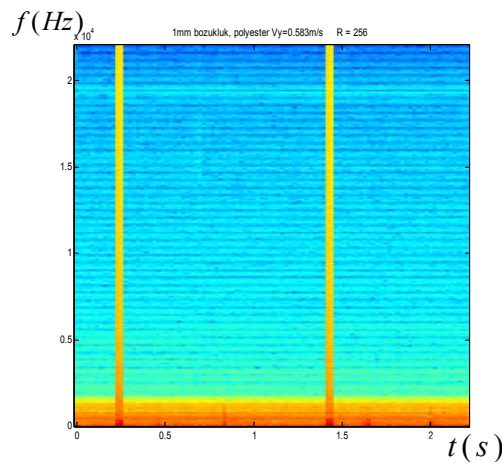
0.5mm uzunluğunda bozuk bölgesi olan bir ipliğin bozukluğunun, $t=0.3s$ anında optik algılayıcı tarafından belirlendiği dikkate alınarak 0-0.6s süreleri arasındaki sinyalin Pencerelemiş Fourier Dönüşümü ile elde edilmiş frekans bileşeni genliklerinin değişimi ve ipliğin zaman sinyali Şekil 3.75'de verilmiştir.



Şekil 3.75. a) 0.5mm uzunluğunda iplik bozukluğunun zaman sinyali, **b)** iki boyutlu spektrogramı.

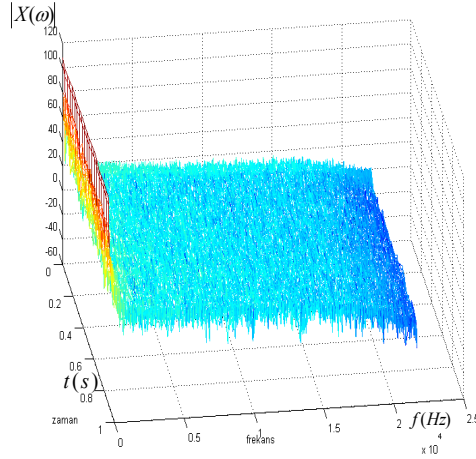
Optik algılayıcı sinyallerinin, Kısa Süreli Fourier Dönüşümleri elde edildiğinde ipliğin akış hızıyla, liflerin uzunluk değişimlerinin genlik seviyelerine dönüştürüldüğü

spektrogramlar iplik yapısındaki değişimleri göstermektedir. $V_y=0.583\text{m/s}$ akış hızındaki polyester 3Nm iplikte modellenmiş $a_y=1\text{mm}$ uzunluğundaki bozukluğun iki defa optik algılayıcı ile belirlendiği periyodik zaman sinyalinin, frekans bileşenleri genliklerine dönüştürüldüğü spektrogram Şekil 3.76'da verilmiştir. Burada Fourier Dönüşümü genlikleri desibel olarak çizilmiştir. Bozukluk oluştuğu anda, bütün frekans eksenini boyunca bileşenler ortaya çıkmaktadır ve koyu renkli bölgelerde genlik yükselmektedir. Yüksek genlikli bileşenler düşük frekanslarda görülen koyu renk bölge ile düşük genlikli frekans bileşenleri ise yüksek frekanslarda görülen açık renk bölgeler ile gösterilmiştir. Bu durum, Hızlı Fourier Dönüşümü ile elde edilmiş olan düşük frekanslarda görülen yüksek genlikli ve yüksek frekanslarda görülen düşük genlikli frekans bileşenleri ile spektrogramlar ile elde edilen frekans bileşenlerinin uyumlu olduğunu göstermektedir. Spektrogramdan, ilk bozukluğun $t = 0.25\text{s}$ anında optik algılayıcı tarafından belirlendiği görülmektedir. İpliğin $T_y = 1.17\text{s}$ periyodu için, ikinci kez algılayıcı tarafından belirlenen iplik bozukluğunun $t = 1.42\text{s}$ anında gerçekleştiği görülmektedir. Spektrogram ile iplikte oluşan bozukluğun boyutu ve ortaya çıkma sıklığı elde edilmektedir. 1mm uzunluğunda bozukluğun frekans bileşenlerinin, 0.5mm uzunluğunda bozukluğun frekans bileşenlerine göre daha koyu renkte gözükmesi bozukluğun uzunluğunun daha büyük olduğunu göstermektedir. Spektrogramda yer alan bileşenlerin genliği desibel olarak elde edilmiştir.



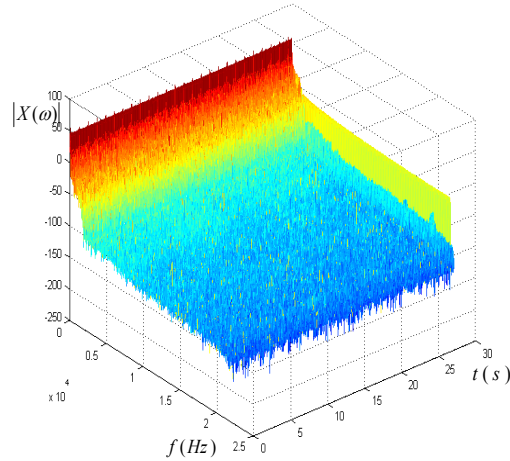
Şekil 3.76. 1mm uzunluğunda bozuk bölgesi olan ipliğin spektrogramı ($V_y = 0.583\text{m/s}$, $a_y = 1\text{mm}$, polyester Chenille ipliği).

Şekil 3.77’de bozuk bölgesi olmayan 0.583m/s hızındaki polyester Chenille ipliğine ait bir saniye süreli zaman sinyalinin frekans bileşenlerinin üç boyutlu spektrogramı gösterilmiştir.



Şekil 3.77. Bozuk bölgesi olmayan ipliğin bir saniye süreli zaman sinyalinin üç boyutlu spektrogramı ($V_y = 0.583m/s$ polyester Chenille ipliği).

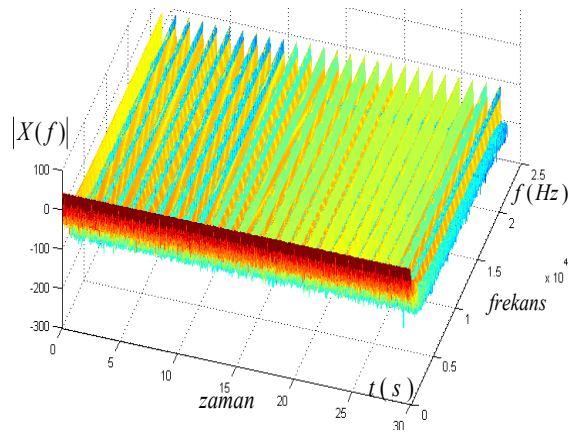
Şekil 3.78’de bozuk bölgesi olmayan ipliğin 30 saniye süreli zaman sinyalinin frekans bileşenlerinin üç boyutlu spektrogramı gösterilmiştir. Düşük frekanslarda görülen koyu renkli (sarı ve kırmızı) bölgeler, yüksek genlikli frekans bileşenlerinin oluştuğuna işaret etmektedir.



Şekil 3.78. Bozuk bölgesi olmayan ipliğin liflerinin 30 saniye süreli zaman sinyalinin üç boyutlu spektrogramı ($V_y = 0.583m/s$ polyester Chenille ipliği).

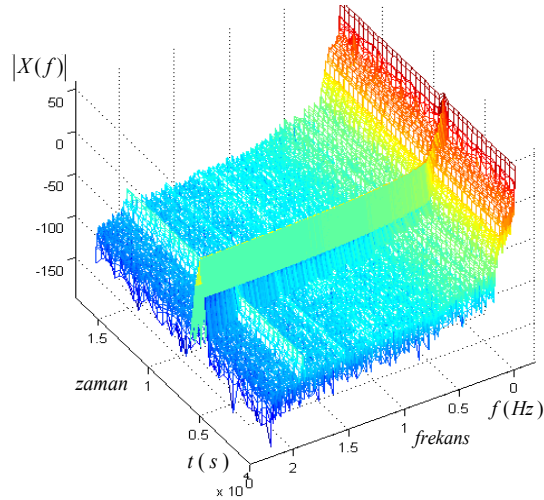
Şekil 3.79’da 1mm uzunluğunda bozukluğu olan ipliğin, periyodik bozukluk darbe sinyallerinin bulunduğu 30s süreli zaman sinyalinin, üç boyutlu spektrogramı gösterilmiştir. Şekil 3.80’de, 1.2mm uzunluğunda bozukluğu olan ipliğin bozuk

bölümüne ait zaman sinyalinin üç boyutlu spektrogramı elde edilmiştir. Belirli anlarda ve çok kısa süreli oluşan bozukluk darbe sinyallerinin, bütün frekans eksenini boyunca görülen frekans bileşenleri ortaya çıkardığı görülmektedir. Hızlı Fourier Dönüşümünde olduğu gibi Pencerelemiş Fourier Dönüşümünde de, bozukluğun henüz görülmediği zaman sinyalinin frekans bileşenlerinin, bozukluk oluştuğunda ortaya çıkan frekans bileşenlerinin genliğinden daha az olduğu görülmektedir.



Şekil 3.79. 1mm uzunluğunda bozukluğu olan ipliğin, periyodik bozukluk darbe sinyallerinin bulunduğu 30s süreli zaman sinyalinin, frekans bileşenlerinin üç boyutlu spektrogramı. ($V_y = 0.583m/s$ polyester Chenille ipliği).

Şekil 3.79’da, 1mm uzunluğunda bozuk bölgesi olan 68cm uzunluğunda polyester Chenille ipliği, optik algılama sisteminde 0.583m/s hızında hareket etmektedir. İpliğin zaman sinyali 30s süresi boyunca bilgisayara aktarılmıştır. İpliğin bozuk bölgesi, algılayıcı tarafından 1.1584s zaman aralıkları ile belirlenmektedir. Zaman sinyali, 10ms aralıklarla pencerelere bölünerek Kısa Süreli Fourier Dönüşümü (KSFD) genlikleri, bozukluğun ortaya çıktığı an ile bozukluk ile oluşan frekans bileşenlerinin dağılımını belirten spektrogram olarak MATLAB programı kullanılarak elde edilmiştir.



Şekil 3.80. 1.2mm uzunluğunda bozukluğu olan ipliğin bozuk bölümünün zaman sinyalinin frekans bileşenlerinin üç boyutlu spektrogramı ($V_y=0.583\text{m/s}$ polyester Chenille ipliği).

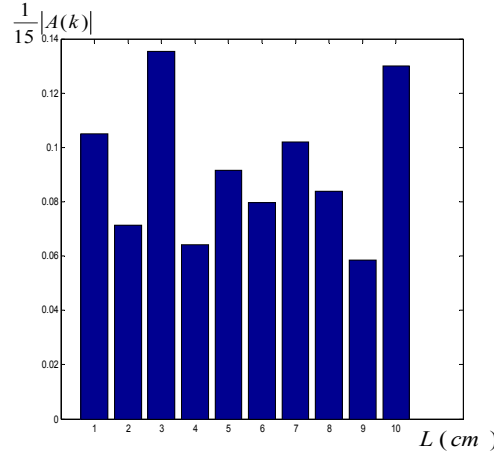
Fourier Dönüşümü, spektrogramların hesaplanmasını sağlamaktadır (Jun ve Korobov 2005). Spektrogramın genel ifadesi aşağıdaki bağıntı ile ifade edilir (Jun ve Korobov 2005):

$$Y_n = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} c_n dt \quad (3.59)$$

(3.59) Bağıntısında, c_n n. kanalda bulunan iplik sinyalinin Fourier serisi katsayısı, Y_n Fourier serisi katsayısının ortalaması, N spektrogramda yer alan kanal sayısı ve t_1 ile t_2 süreleri kanal sayısını belirleyen iplik sinyalinin bölüdüğü pencere uzunluğunu ifade etmektedir (Jun ve Korobov 2005). Y_n 'in frekansı, birim uzunluktaki dalga sayısı olan $f = 1/\lambda$ ile ifade edilmektedir (Jun ve Korobov 2005). Bir kural olarak dalga boyu $2^{1/5}$ adımlarla dizilen geometrik bir seri oluşturmaktadır ve spektrogramlarda yer alan barın yüksekliği, standart sapmayı ifade eden periyodik osilasyonla değişmektedir (Jun ve Korobov 2005).

İpliğin zaman sinyalinin 0.1471s uzunluğundaki bölümü on eşit parçaya bölünerek her bir parçanın Fourier Dönüşümü genlikleri elde edilmiştir. Bağıntı (3.59)'dan yararlanarak Fourier Dönüşümü genliklerinin integrali, grafik olarak gösterilerek 10cm uzunlukta bozuk bölgesi olmayan akrilik 3Nm Chenille ipliği için,

Şekil 3.81’de verilen spektrogram elde edilmiştir. Spektrogramda, 1cm aralıklarla ipliğin çapındaki değişimler görülmektedir.



Şekil 3.81. Bozuk bölgesi olmayan 3Nm akrilik Chenille ipliğinin, 10cm uzunluğuna ait Kısa Süreli Fourier Dönüşümü genlikleri ile elde edilen spektrogramı.

3.11. Optik Algılama Sistemi ile İpliklerin Üretim Özelliklerinin Belirlenmesi

İplik düzensizlikleri, her 8mm uzunlukta ipliğin kütlesinin belirlendiği kapasitif ölçüm cihazları ile ölçülmektedir (Pinto ve ark. 2002). İplik düzgünlüğü, ipliğin birim uzunluk başına kütlesindeki değişimleri ifade etmektedir ve tamamıyla düzgün bir ipliğin liflerinin fiziksel özelliklerinin uniform olmasına gerek vardır (Sparavigna 2004). İplik bozuklukları genellikle kapasitif ölçüm cihazları ile elektriksel sinyaller dönüştürülerek belirlenmektedir. Tekstil sektöründe, Uster üçüncü nesil kapasitif iplik düzgünlüğü ölçüm sistemleri bunlardan en tanınanlarından birisidir. Kapasitif iplik düzgünlüğü ölçüm cihazları, paralel plakalar arasından ipliğin geçtiği ve dielektrik sabitinin değişimine göre sinyalin üretildiği sistemlerdir. Kapasite, ipliğin şekil ve liflerin dielektrik özelliklerinin yanında ipliğin yapısında bulunan nem miktarı ile de değişmektedir (Sparavigna 2004). Kapasitenin ifadesi (Carvalho 2004),

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d} \quad (3.60)$$

olmaktadır. Burada $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} (F/m)$, ϵ_r bağıl dielektrik sabiti, S paralel plakaların alanı ve d plakalar arasındaki uzaklıktır. Plakalar arasına iplik

yerleştirildiğinde (3.60) ifadesi ipliğin kütlesine göre kapasitenin değişimini göstermektedir (Carvalho 2004).

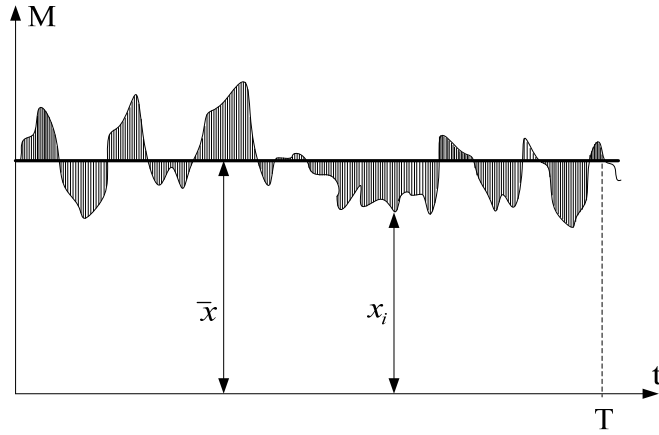
İplikteki düzgünlük oranı yani ortalama sapma yüzde olarak elektriksel sinyale göre Bağntı (3.61)'deki gibi ifade edilir (Pinto ve ark. 2002).

$$\%U = \frac{100}{\bar{x}T} \int_0^T |x_i - \bar{x}| dt \quad (3.61)$$

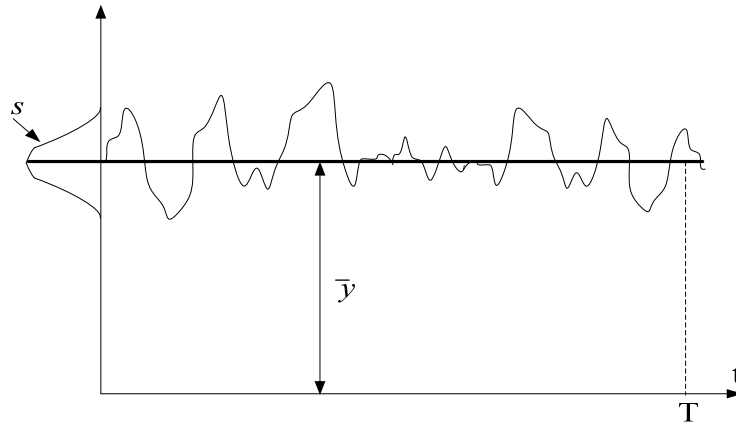
Burada x_i kütlenin anlık değeri, \bar{x} ortalama değerini, T ölçüm süresini ifade etmektedir. U düzgünlük miktarı, kütle değişimi yoğunluklarının ortalama değerden sapma miktarıdır. Ölçüm süresinden ve homojen dağılımlı parçacıklara sahip malzemelerde uzunluktan bağımsızdır. Homojen dağılımlı liflerde kütle değişimleri yaklaşık olarak normal dağılım şeklinde değişirler. Normal dağılım eğrisinde ele alınan bir noktanın ortalama değere uzaklığı ile belirlenen standart sapma kütle değişimlerinin boyutu ile belirlenir ve Bağntı (3.62)'deki gibi ifade edilir (Pinto ve ark. 2002),

$$CV = \frac{100}{\bar{x}} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (x_i - \bar{x})^2 dt} \quad (3.62)$$

Şekil 3.82 ve 3.83'de düzgünlük katsayısı ($\%U$) ve varyasyon katsayısının ($\%CV$), ortalama değer ve anlık değer ile ilişkisini gösteren zaman işareti gösterilmiştir. Kapasitif algılayıcıların elektriksel işareti, ipliğin kütleli değişimlerini gösterdiğinden, $\%U$ ve $\%CV$ katsayıları kütleli değişimin istatistiksel veriler ile elde edildiği ve USTER tarafından ipliğin üretim özelliklerini belirleyen parametreler olarak belirlenmiştir. Ölçülen varyasyon katsayısı olan CV_{ef} 'in (i 'nci ölçümde belirlenen) varyasyon katsayısının sınırını belirleyen limit varyasyon katsayısı olan CV_{lim} 'e oranı bir değerine yaklaştıkça, ipliğin yapısının daha düzgün olduğu söylenebilmektedir (Günay 2005).



Şekil 3.82. İpliğin düzgünlüğünün grafik olarak belirleneceği sinyalin değişimi (Pinto ve ark. 2002).



Şekil 3.83. İpliğin varyasyon katsayısının normal dağılıma uyan kütle değişim sinyaline göre grafik olarak ifade edilmesi (Pinto ve ark. 2002).

Normal dağılıma uyan lif karakterindeki iplik sinyalleri için varyasyon katsayısı ve düzgünlük katsayısı arasında aşağıdaki bağıntı bulunmaktadır (Anonim 1989, Penava ve Oreskovic 1997, Kim 1998).

$$\frac{CV}{U} = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \cong 1.25 \quad (3.63)$$

İpliğin düzgünlük katsayıları ve varyasyon katsayısı kapasitif algıyacıların ipliğin kütsel değişimlerini belirlemesiyle oluşan elektriksel sinyallere ait bağıntılardır. Optik sistemler ipliğin çapındaki değişimleri belirleyen sinyaller üretirken kapasitif sistemlerde sinyaller kütle değişimlerini ifade etmektedir. Sparavigna'nın bildirdiğine göre, Jasper (1997) kütsel varyasyon katsayılarını çap varyasyon katsayısı cinsinden aşağıdaki bağıntı ile ifade etmiştir (Sparavigna 2004),

$$CV_m = \frac{1}{2} \frac{CV_d \sqrt{4 + 2CV_d^2}}{CV_d^2 + 1} \quad (3.64)$$

(3.64) Bağıntısında CV_m kütlelesel değişimlerin, CV_d ise çap değişimlerinin varyasyon katsayısını belirlemektedir.

Normal dağılıma uyan lif karakteri için liflerin dağılımı σ standart sapma olmak üzere (Anonim 1999),

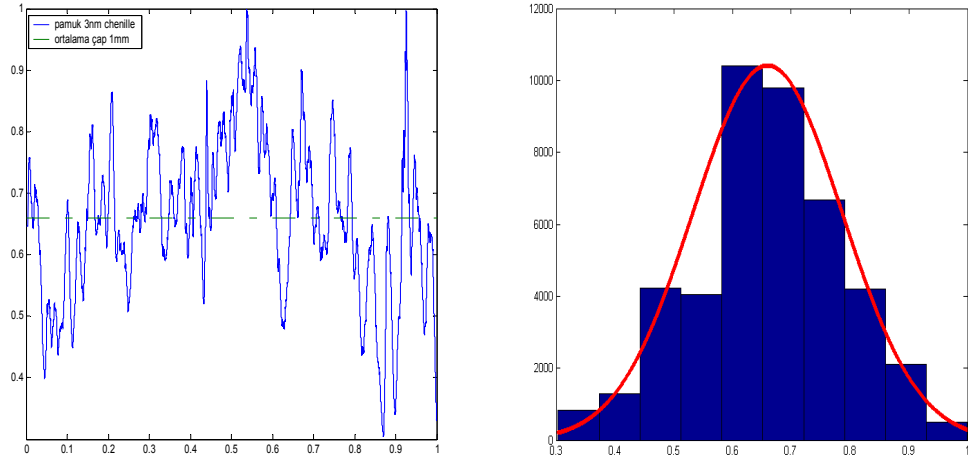
$$Y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(x-\bar{x})^2/\sigma^2} \quad (3.65)$$

şeklinde verilir.

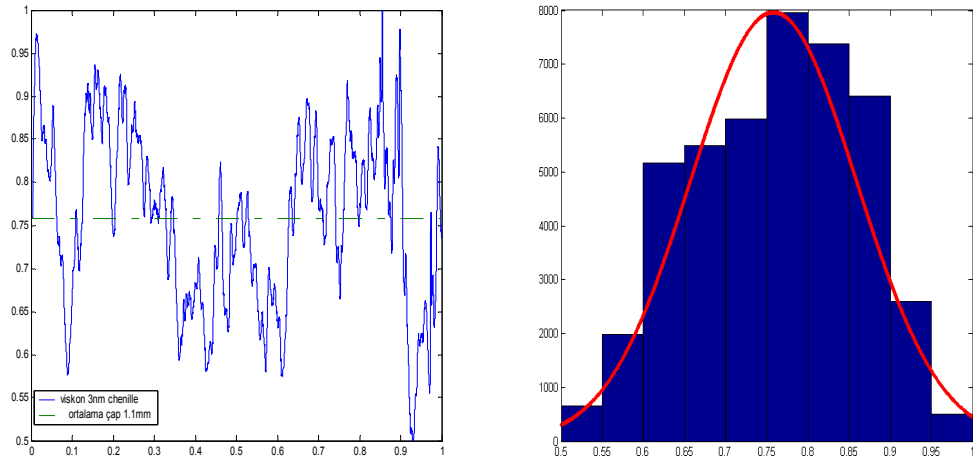
Optoelektronik algılayıcı ile değişik malzemelerden üretilmiş Chenille ipliklerinin düzgünlük katsayıları ve varyasyon katsayıları belirlenmiştir. Fotosinyalin normal dağılım eğrileri elde edilerek histogramlar elde edilmiştir. Hammaddesi farklı her iplik için on ayrı numunenin inceleme uzunluğu, optik algılama deney setinde motor, iplik kılavuzu ve fotodiyot açıklığının sabit konumları nedeniyle standart olan 68cm olarak seçilmiştir. Çizelge 3.20’de ipliklerin %U ve %CV katsayıları verilmiştir. Şekil 3.84-3.90’da histogramlar görülmektedir.

Çizelge 3.20. İpliklerin %CV, %U katsayıları ve çaplarının değişimi (*a* ile işaretlenmiş ipliğin lif dağılımı normal dağılıma uymamaktadır, *b* ile işaretlenmiş ipliklerin ortalama çapı fotodiyot algılayıcı yüzeyinin kenar uzunluğundan büyük olduğundan, çap değişimi, %CV ve %U katsayıları $S_{PD}=5.7mm^2$ olan BPV21F(L) Vishay fotodiyot ile ölçülmüştür).

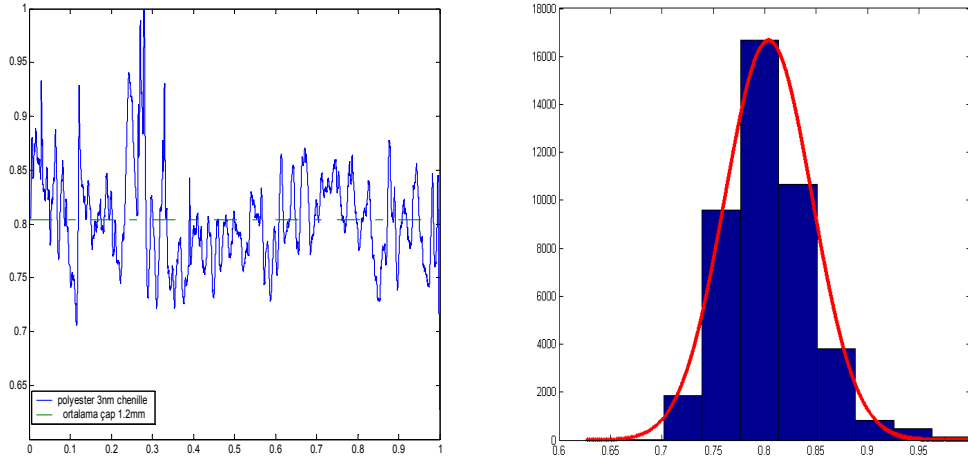
İplik Türü	Nm	%U	%CV _d	CV/U	Ortalama Çap (mm)	Maksimum/ Minimum çap (mm)
PAMUK	3	15.1082	19.2704	1.267	1.0	1.15/0.85
VİSKON	3	11.1608	13.3236	1.1938	1.1	1.222/0.988
POLYESTER	3	4.0646	5.2922	1.3020	1.2	1.2049/1.159
AKRİLİK(b)	3	14.7702	18.1311	1.2275	2.3	2.639/2.152
YÜN (a)	3	8.0377	12.2503	1.5241	0.8	0.867/0.719
AKRİLİK(b)	4.2	11.1043	14.0872	1.2686	1.5	1.666/1.389
POLYESTER	9	7.5836	9.6264	1.2694	0.9	0.968/0.824



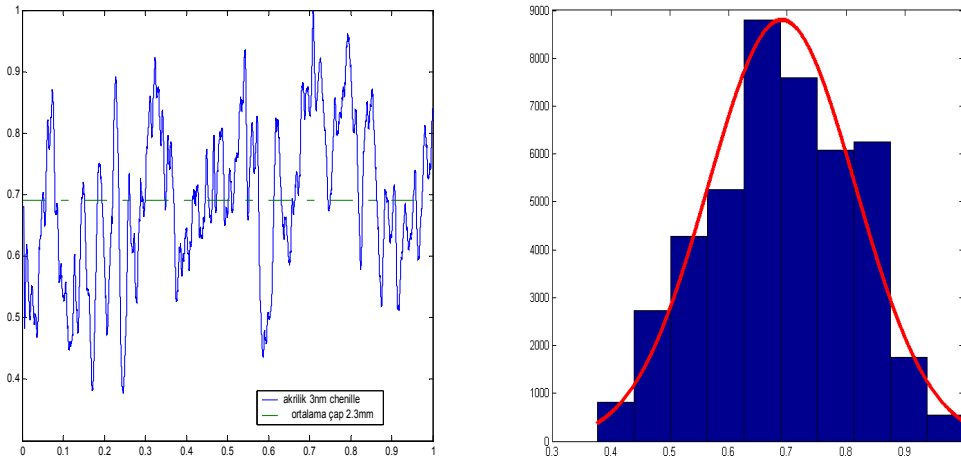
Şekil 3.84. Numara metrik kütlesi 3 olan pamuk Chenille ipliğinin çapına göre genliği değişen fotosinyalin bir saniye süresince grafiği, $\sigma = 32.9651$ standart sapması olan normal dağılıma uyan lif karakterine ait çap değişimlerinin gerilim değerlerine dönüştürüldüğü normal dağılım eğrisi, ipliğin çapına göre aldığı gerilim değerlerinin histogramı.



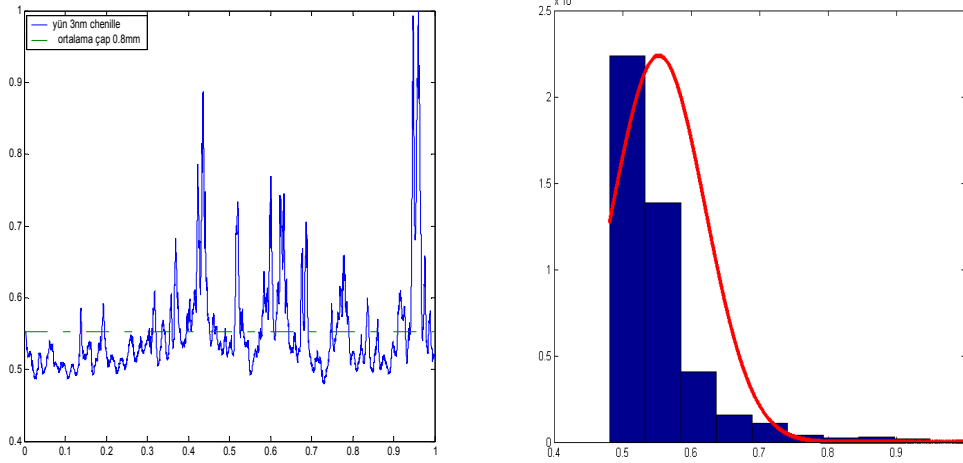
Şekil 3.85. Numara metrik kütlesi 3 olan viskon Chenille ipliğinin çapına göre genliği değişen fotosinyalin bir saniye süresince grafiği, $\sigma = 16.1599$ standart sapması olan normal dağılıma uyan lif karakterine ait çap değişimlerinin gerilim değerlerine dönüştürüldüğü normal dağılım eğrisi, ipliğin çapına göre aldığı gerilim değerlerinin histogramı.



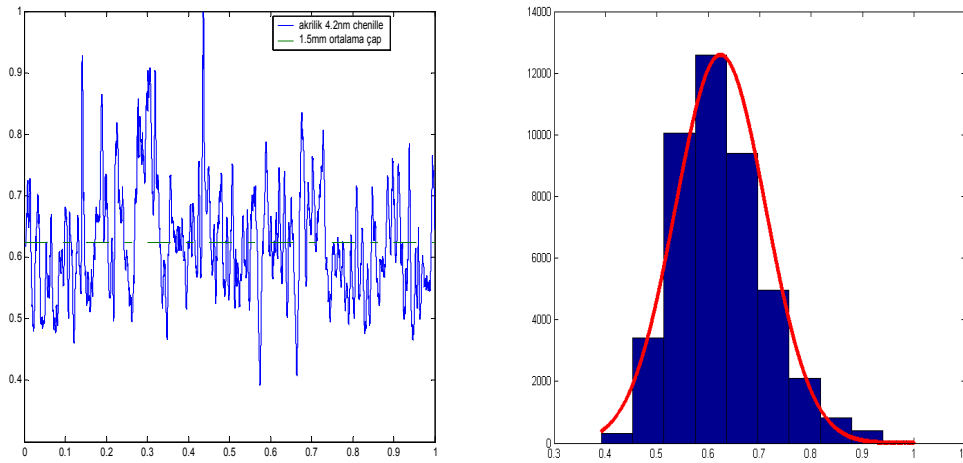
Şekil 3.86. Numara metrik kütlesi 3 olan polyester Chenille ipliğinin çapına göre genliği değişen fotosinyalin bir saniye süresince grafiği, $\sigma = 4.6786$ standart sapması olan normal dağılıma uyan lif karakterine ait çap değişimlerinin gerilim değerlerine dönüştürüldüğü normal dağılım eğrisi, ipliğın çapına göre aldığı gerilim değerlerinin histogramı.



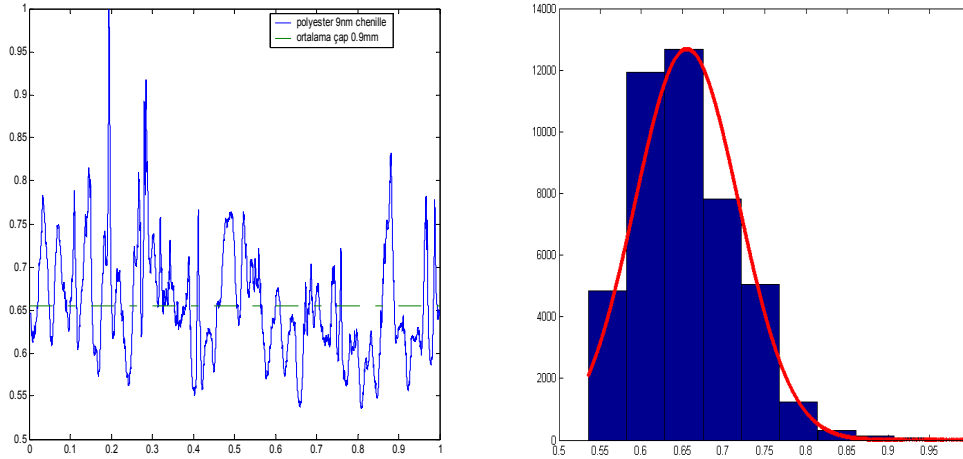
Şekil 3.87. Numara metrik kütlesi 3 olan akrilik Chenille ipliğinin çapına göre genliği değişen fotosinyalin bir saniye süresince grafiği, $\sigma = 17.5336$ standart sapması olan normal dağılıma uyan lif karakterine ait çap değişimlerinin gerilim değerlerine dönüştürüldüğü normal dağılım eğrisi, ipliğın çapına göre aldığı gerilim değerlerinin histogramı.



Şekil 3.88. Numara metrik kütlesi 3 olan yün Chenille ipliğinin çapına göre genliği değişen fotosinyalin bir saniye süresince grafiği, normal dağılıma uymayan lif karakterine ait çap değişimlerinin gerilim değerlerinin histogramı.



Şekil 3.89. Numara metrik kütlesi 4.2 olan akrilik Chenille ipliğinin çapına göre genliği değişen fotosinyalin bir saniye süresince grafiği, $\sigma = 19.219$ standart sapması olan normal dağılıma uyan lif karakterine ait çap değişimlerinin gerilim değerlerine dönüştürüldüğü normal dağılım eğrisi, ipliğın çapına göre aldığı gerilim değerlerinin histogramı.



Şekil 3.90. Numara metrik kütlesi 9 olan polyester Chenille ipliğinin çapına göre genliği değişen fotosinyalin bir saniye süresince grafiği, $\sigma = 16.389$ standart sapması olan normal dağılıma uyan lif karakterine ait çap değişimlerinin gerilim değerlerine dönüştürüldüğü normal dağılım eğrisi, ipliğin çapına göre aldığı gerilim değerlerinin histogramı.

3.12. Otokorelasyon Katsayılarının İplik Bozuklukları ile İlişkisinin İncelenmesi

İplik sinyalinin durağan (stasyoner) olduğu kabul edilerek otokorelasyon katsayıları incelenmiştir. Durağan bir işaretin, zamandan bağımsız olarak ortalama değeri değişmemektedir (Barkat 2005). Eleman sayısı N olan durağan bir işaretin herhangi bir anda ölçülen değeri ortalamasına eşit olmalıdır (Barkat 2005). Bu durum, N elemanlı bir dizinin herhangi bir anda ölçülen değeri $x(n)$ olmak üzere;

$$x(n) = \sum_{n=1}^N x(n) / N \quad (3.66)$$

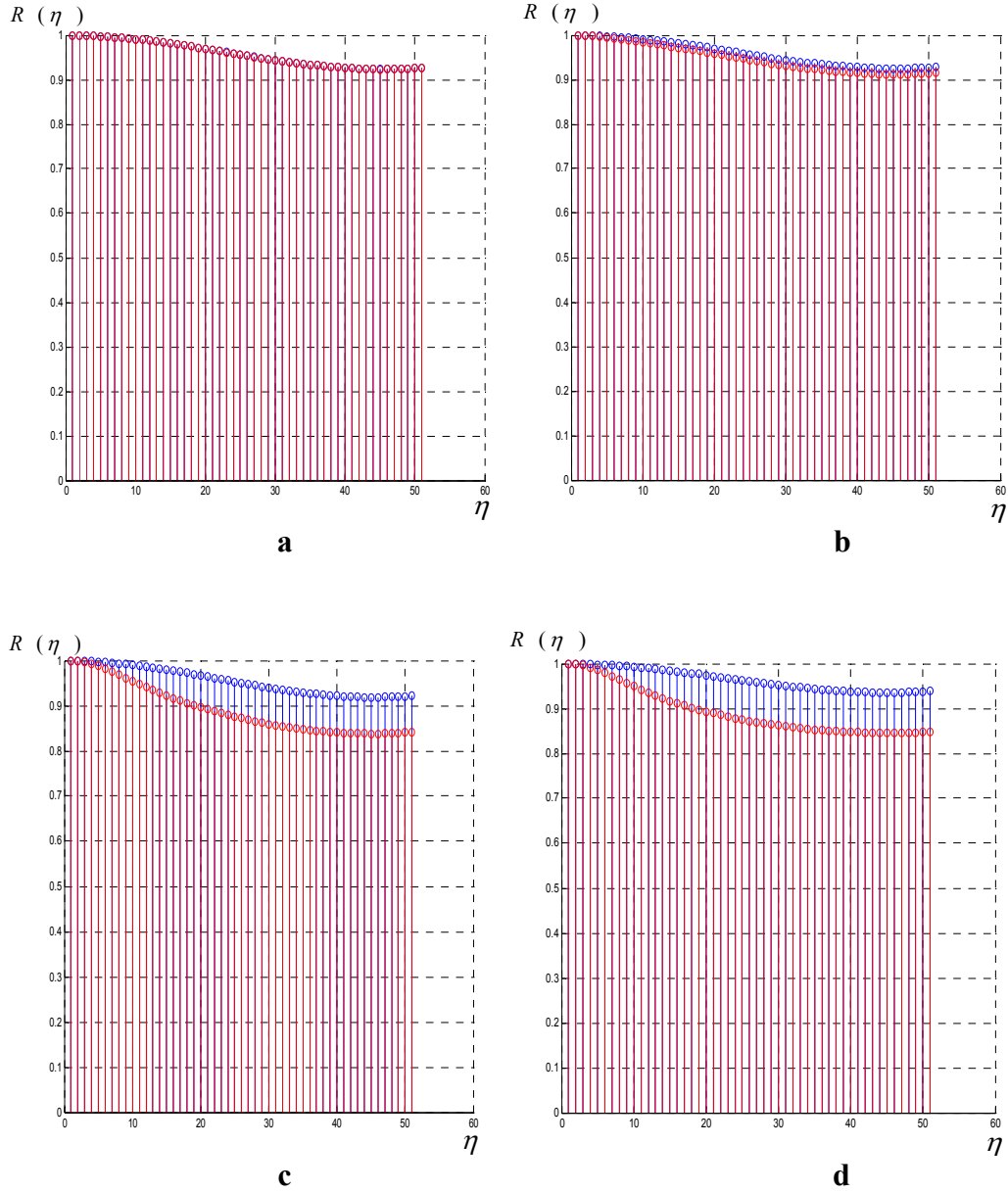
şartının sağlanması ile mümkündür

Uzunluğu N olan bir sinyalin, zamanda η süreyle kaydırılmasıyla elde edilen Otokorelasyon Katsayısının bağıntısı (Barkat 2005);

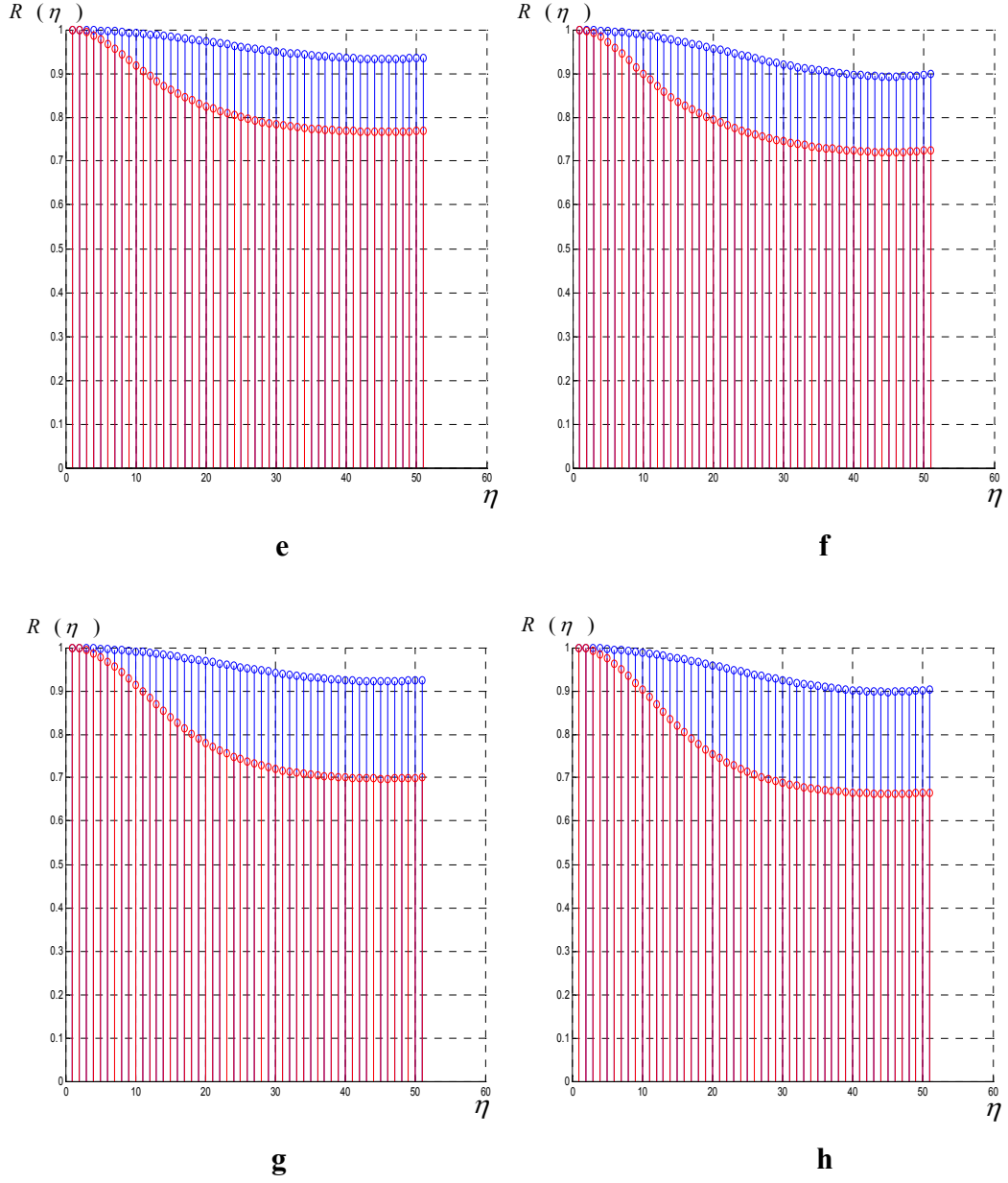
$$R[x(n), x(n + \eta)] = R(\eta) = E[x(n).x(n + \eta)] = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x(n).x(n + \eta) \quad (3.67)$$

şeklindedir ve $x(n)$ fonksiyonu sadece η ile değişirken ortalama değerinin her zaman aynı kalması $x(n)$ fonksiyonunun durağan olduğunu göstermektedir (Barkat 2005).

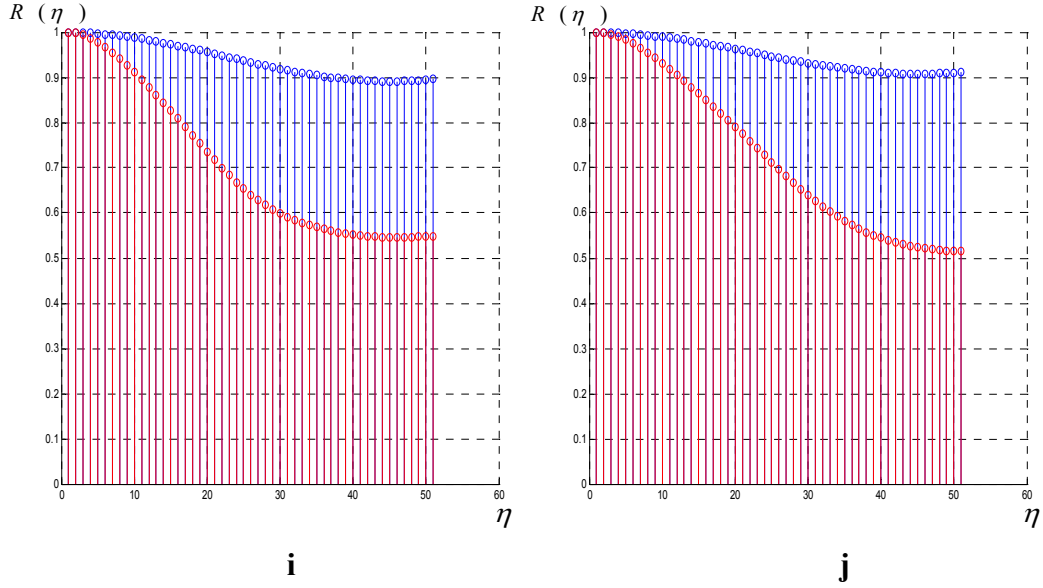
İplik sinyalinin durağan olduğu kabul edilerek otokorelasyon katsayılarının bozukluk uzunluğu ile değişimi incelenmiştir. Uzunluğu 0.3mm ile 2.2mm arasında değişen bozukluklar modellenerek otokorelasyon katsayılarının bozuk bölgesi olmayan ipliğin otokorelasyon katsayıları ile karşılaştırması yapılmıştır. Şekil 3.91-3.93'de bozukluk uzunluğu farklı seçilen ipliklerin otokorelasyon katsayıları ile bozuk bölgesi olmayan ipliklerin otokorelasyon katsayılarının karşılaştırıldığı grafikler verilmiştir. Mavi renkli grafik bozuk olmayan ipliğin ve kırmızı renkli grafik bozuk bölgesi olan ipliğin otokorelasyon katsayılarını göstermektedir.



Şekil 3.91. a) $a_y=0.3\text{mm}$, b) $a_y=0.5\text{mm}$, c) $a_y=0.7\text{mm}$, d) $a_y=0.8\text{mm}$ uzunlukta bozukluklar için korelasyon katsayılarının η ile değişimi (kırmızı grafikler), korelasyon katsayılarının bozuk bölgesi olmayan iplik için η ile değişimi (mavi grafikler).



Şekil 3.92. **e)** $a_y=0.9\text{mm}$, **f)** $a_y=1\text{mm}$, **g)** $a_y=1.3\text{mm}$, **h)** $a_y=1.5\text{mm}$ uzunlukta bozukluklar için korelasyon katsayılarının η ile değişimi (kırmızı grafikler), korelasyon katsayılarının bozuk bölgesi olmayan iplik için η ile değişimi (mavi grafikler).



Şekil 3.93. **i)** $a_y=2\text{mm}$, **j)** $a_y=2.2\text{mm}$ uzunlukta bozukluklar için korelasyon katsayılarının η ile değişimi (kırmızı grafikler), korelasyon katsayılarının bozuk bölgesi olmayan iplik için η ile değişimi (mavi grafikler).

Her bir bozukluk uzunluğu için beş ayrı iplikte bozukluklar modellenmiş ve her örneğin 30s süreli iplik sinyali, örnekleme frekansı 44100Hz seçilerek ipliğin hızının $V_y=0.583\text{m/s}$ olduğu şartlarda bilgisayara aktarılmıştır. İplik sinyalinin oluşturduğu dizinin uzunluğu $N = t \cdot f_s = 1323000$ ve iplik sinyalinin otokorelasyon katsayılarını hesaplamak için seçilen gecikme süresi saniye cinsinden $t_d = n \cdot 30 / N$ şeklindedir. η değerlerinin iplik sinyalinin n ve t parametrelerine göre değişimi;

$$\begin{cases} \eta = 1,2,3,4,\dots,50,51 \\ n = 1,10,20,30,40,\dots,500 \\ t_d(\mu\text{s}) = 22.67,226,453,907,\dots,11300 \end{cases} \quad (3.68)$$

şeklindedir. Korelasyon katsayıları, bozuk bölgesi olan ve bozuk bölgesi olmayan ipliğin $T=30\text{s}$ süreli algılayıcı işaretinin, $t_l=1\text{s}$ uzunluğunda parçalara bölünen ve ipliğin bir periyodunu geçmeyen kısımları için karşılaştırılmalı olarak elde edilmiştir. Değişik uzunlukta bozuklukların modellendiği örnekler incelenerek Otokorelasyon Katsayılarının ortalaması hesaplanmış ve iplikteki bozukluğun uzunluğuna göre Çizelge 3.21 ile Çizelge 3.22’de verilen, otokorelasyon katsayılarının gecikme süresi ile değişimini gösteren istatistiksel veriler elde edilmiştir.

Çizelge 3.21. Otokorelasyon katsayılarının iplikteki bozukluk uzunluğuna göre değişimi ($\eta=1-25$).

a_y mm	0	0.3	0.5	0.7	0.9	1	1.3	1.5	2	2.2
η	$R(\eta)$	$R(\eta)$	$R(\eta)$	$R(\eta)$	$R(\eta)$	$R(\eta)$	$R(\eta)$	$R(\eta)$	$R(\eta)$	$R(\eta)$
1	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
2	0.9997	0.9997	0.9996	0.9989	0.9982	0.9977	0.9982	0.9980	0.9982	0.9986
3	0.9990	0.9990	0.9990	0.9963	0.9937	0.9920	0.9938	0.9928	0.9936	0.9732
4	0.9983	0.9982	0.9979	0.9924	0.9868	0.9832	0.9870	0.9850	0.9866	0.9600
5	0.9975	0.9974	0.9967	0.9874	0.9779	0.9721	0.9782	0.9749	0.9775	0.9591
6	0.9966	0.9964	0.9953	0.9816	0.9675	0.9592	0.9678	0.9629	0.9666	0.9509
7	0.9955	0.9953	0.9936	0.9752	0.9558	0.9449	0.9560	0.9493	0.9543	0.9524
8	0.9942	0.9940	0.9919	0.9685	0.9434	0.9299	0.9431	0.9345	0.9408	0.9348
9	0.9927	0.9926	0.9899	0.9615	0.9306	0.9146	0.9293	0.9187	0.9262	0.9214
10	0.9912	0.9910	0.9879	0.9545	0.9179	0.8996	0.9148	0.9024	0.9109	0.9014
11	0.9896	0.9894	0.9859	0.9476	0.9056	0.8852	0.8997	0.8856	0.8949	0.8887
12	0.9879	0.9877	0.9837	0.9408	0.8938	0.8714	0.8845	0.8687	0.8784	0.8657
13	0.9860	0.9858	0.9815	0.9342	0.8826	0.8586	0.8692	0.8519	0.8615	0.8422
14	0.9838	0.9837	0.9792	0.9278	0.8722	0.8467	0.8543	0.8355	0.8442	0.8383
15	0.9816	0.9815	0.9768	0.9218	0.8626	0.8358	0.8399	0.8197	0.8266	0.8141
16	0.9794	0.9792	0.9744	0.9161	0.8537	0.8260	0.8262	0.8048	0.8087	0.8007
17	0.9771	0.9770	0.9720	0.9107	0.8457	0.8171	0.8134	0.7908	0.7905	0.7851
18	0.9748	0.9747	0.9694	0.9056	0.8384	0.8089	0.8015	0.7778	0.7721	0.7773
19	0.9723	0.9722	0.9668	0.9008	0.8317	0.8012	0.7905	0.7658	0.7536	0.7752
20	0.9697	0.9695	0.9641	0.8963	0.8255	0.7940	0.7804	0.7548	0.7352	0.7900
21	0.9670	0.9668	0.9614	0.8921	0.8197	0.7873	0.7712	0.7448	0.7173	0.7446
22	0.9644	0.9642	0.9587	0.8879	0.8142	0.7811	0.7630	0.7358	0.6999	0.7092
23	0.9617	0.9615	0.9559	0.8839	0.8092	0.7753	0.7556	0.7277	0.6835	0.6936
24	0.9591	0.9588	0.9531	0.8800	0.8045	0.7699	0.7489	0.7203	0.6679	0.6881
25	0.9565	0.9562	0.9503	0.8761	0.8001	0.7648	0.7428	0.7136	0.6535	0.6126

Çizelge 3.22. Otokorelasyon katsayılarının iplikteki bozukluk uzunluğuna göre değişimi ($\eta=26-50$).

a_y mm	0	0.3	0.5	0.7	0.9	1	1.3	1.5	2	2.2
η	$R(\eta)$	$R(\eta)$	$R(\eta)$	$R(\eta)$	$R(\eta)$	$R(\eta)$	$R(\eta)$	$R(\eta)$	$R(\eta)$	$R(\eta)$
26	0.9538	0.9535	0.9475	0.8724	0.7960	0.7600	0.7373	0.7074	0.6402	0.6372
27	0.9511	0.9508	0.9448	0.8687	0.7924	0.7556	0.7323	0.7017	0.6281	0.6121
28	0.9486	0.9483	0.9422	0.8653	0.7892	0.7516	0.7278	0.6966	0.6172	0.6074
29	0.9463	0.9459	0.9397	0.8620	0.7862	0.7480	0.7237	0.6921	0.6075	0.6032
30	0.9441	0.9437	0.9373	0.8591	0.7836	0.7447	0.7201	0.6880	0.5988	0.5895
31	0.9418	0.9415	0.9351	0.8563	0.7812	0.7417	0.7169	0.6844	0.5912	0.5865
32	0.9396	0.9392	0.9329	0.8539	0.7791	0.7389	0.7140	0.6811	0.5843	0.5741
33	0.9375	0.9371	0.9309	0.8516	0.7772	0.7362	0.7113	0.6781	0.5783	0.5725
34	0.9356	0.9352	0.9291	0.8495	0.7755	0.7338	0.7090	0.6756	0.5729	0.5619
35	0.9339	0.9335	0.9273	0.8477	0.7741	0.7317	0.7069	0.6734	0.5681	0.5520
36	0.9323	0.9319	0.9257	0.8460	0.7728	0.7298	0.7052	0.6714	0.5639	0.5530
37	0.9308	0.9304	0.9242	0.8445	0.7716	0.7280	0.7036	0.6697	0.5603	0.5549
38	0.9294	0.9290	0.9228	0.8431	0.7705	0.7265	0.7024	0.6682	0.5571	0.5474
39	0.9281	0.9277	0.9216	0.8419	0.7696	0.7251	0.7013	0.6670	0.5545	0.5408
40	0.9270	0.9266	0.9206	0.8409	0.7688	0.7239	0.7004	0.6659	0.5522	0.5448
41	0.9261	0.9257	0.9197	0.8401	0.7682	0.7229	0.6996	0.6650	0.5504	0.5395
42	0.9253	0.9250	0.9190	0.8394	0.7676	0.7221	0.6990	0.6642	0.5489	0.5349
43	0.9246	0.9242	0.9184	0.8388	0.7670	0.7213	0.6984	0.6636	0.5476	0.5307
44	0.9239	0.9236	0.9179	0.8384	0.7666	0.7206	0.6980	0.6630	0.5467	0.5270
45	0.9236	0.9233	0.9177	0.8382	0.7664	0.7204	0.6978	0.6628	0.5462	0.5240
46	0.9237	0.9234	0.9179	0.8383	0.7666	0.7206	0.6979	0.6629	0.5461	0.5215
47	0.9241	0.9239	0.9182	0.8386	0.7670	0.7211	0.6982	0.6633	0.5463	0.5196
48	0.9247	0.9245	0.9187	0.8391	0.7675	0.7218	0.6987	0.6638	0.5467	0.5180
49	0.9253	0.9251	0.9194	0.8397	0.7680	0.7226	0.6992	0.6644	0.5473	0.5166
50	0.9261	0.9259	0.9202	0.8404	0.7686	0.7235	0.6998	0.6650	0.5480	0.5156

Otokorelasyon katsayıları, bozukluk uzunluğuna göre farklı değerler almaktadır ve otokorelasyon katsayılarına göre belirlenen eşik seviye ile ipliğin otokorelasyon katsayılarının karşılaştırılması durumunda bozukluğun oluşup oluşmadığı denetlenebilmektedir. Elde edilen istatistiksel veriler incelendiğinde a_y ve $R(\eta)$ arasında aşağıda verilen ilişki belirlenmiştir.

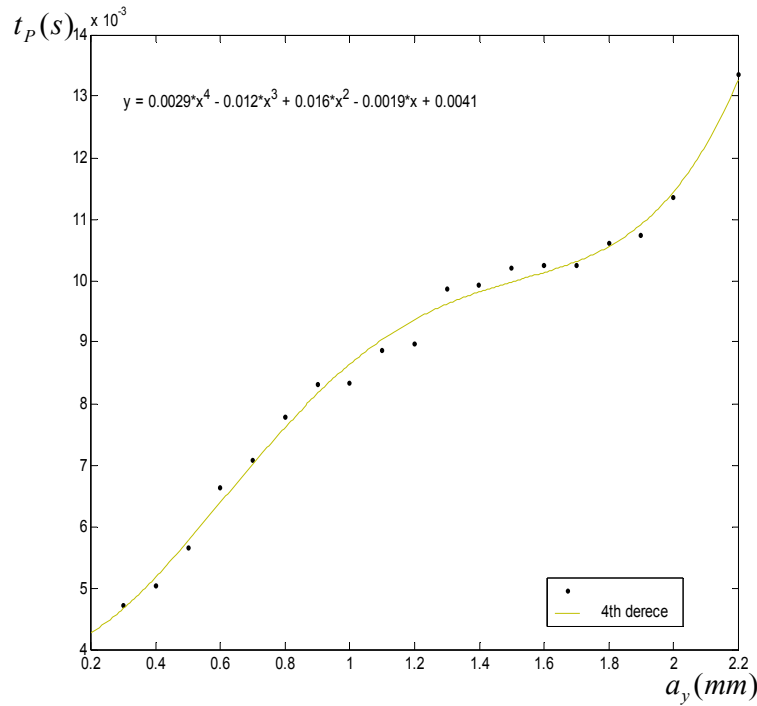
Çizelge 3.23. Otokorelasyon katsayısına göre iplikteki bozukluğun uzunluğunun belirlenmesi.

$t_d (ms)$	η	$R(\eta)$	$a_y (mm)$
10.2	45	-	0.3
10.2	45	$0.9119 < R(\eta) < 0.9246$	0.5
10.2	45	$0.8451 < R(\eta) < 0.9119$	0.7
10.2	45	$0.8382 < R(\eta) < 0.8451$	0.8
10.2	45	$0.7664 < R(\eta) < 0.8382$	0.9
10.2	45	$0.7204 < R(\eta) < 0.7664$	1.0
10.2	45	$0.6978 < R(\eta) < 0.7204$	1.3
10.2	45	$0.6628 < R(\eta) < 0.6978$	1.5
10.2	45	$0.5462 < R(\eta) < 0.6628$	2
10.2	45	$0.524 < R(\eta) < 0.5462$	2.2

3.13. Optik İşaretin Analizi ve Optik İşarete Göre Bozuklukların Sınıflandırılması

Bu bölümde, iplikte bozukluklar modellenerek algılayıcıda elde edilen iplik zaman sinyallerinin süresi, genliği ve enerjisi incelenmiştir. Elde edilen verilerin ipliğin bozukluk uzunluğuna göre değişmesi nedeniyle, iplikte bozukluk oluştuğunda algılayıcı sinyalinden bozukluğun uzunluğunun beklenen değeri tahmin edilebilmektedir. İplikte kumpasla ölçülerek modellenmiş 0.3mm-2.2mm uzunluğunda bozukluklar oluşturulmuştur. Her bir bozukluk uzunluğundan 15 ayrı model hazırlanarak algılayıcı

sinyalinden elde edilen verilerin ortalaması alınmıştır. İpliğin hızı sabit kalırken belirli uzunlukta bozuk bölgesi olan bir iplik örneğinden elde edilen zaman sinyalleri bilgisayara aktarılarak bozukluk ile oluşan zaman sinyalleri istatistiksel verilere dönüştürülmüştür. Algılayıcı sinyalinin genliği 1/15 oranında normalize edilmiştir. Bu durumda, bozukluğun uzunluğuna göre, ipliğin bozuk bölgesi ile oluşan darbe sinyali sürelerinin değişiminin belirlendiği grafik Şekil 3.94'de gösterilmiştir.

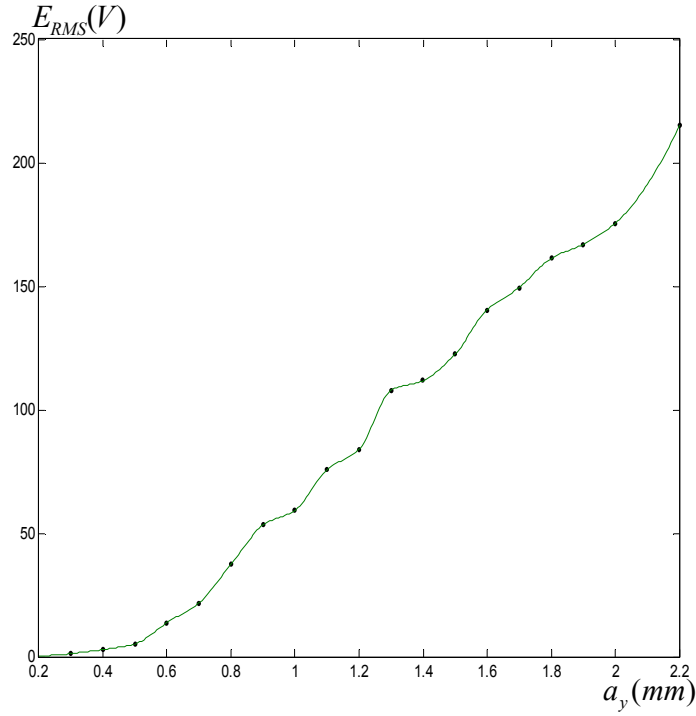


Şekil 3.94. İpliğin bozukluk uzunluklarına göre algılayıcı sinyalinden elde edilen iplik bozukluğu darbe sinyallerinin sürelerinin değişimi ($V_y = 0.57444$ m/s).

İpliğin sabit bir hızda hareket etmesi algılayıcı sinyalinde, ipliğin bozuk bölgesi nedeniyle periyodik darbe sinyallerinin oluşmasına neden olmaktadır. İplik bozukluğu darbe sinyallerinin enerjisi bozukluk uzunluğu ile artmaktadır ve $n_0(i)$ ile $n_1(i)$ süreleri arasında bozukluk ile oluşan i 'inci darbe sinyalinin enerjisi;

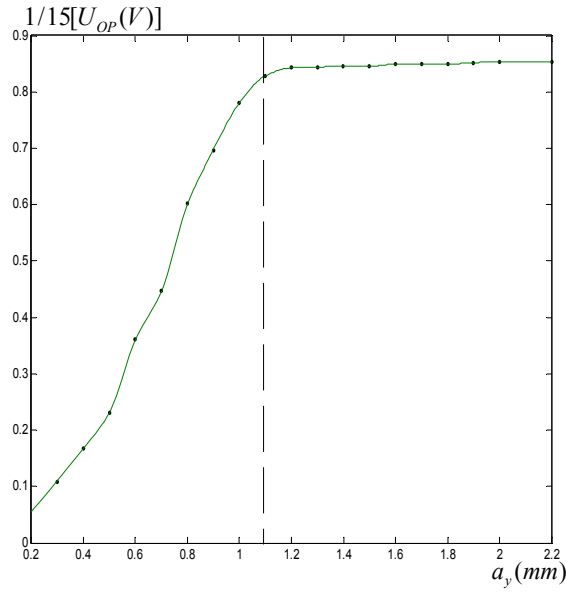
$$E_P = E_{RMS} = \sqrt{\sum_{n=n_0(i)}^{n_1(i)} U^2_{OP}(n)} \quad (3.69)$$

bağıntısı ile hesaplanmıştır. Bu durumda ipliğin bozukluk uzunluğuna göre algılayıcı sinyalinden elde edilen iplik bozukluğu darbe sinyalinin enerjilerinin değişimi Şekil 3.95'de verilen grafikte gösterildiği şekilde belirlenmiştir.



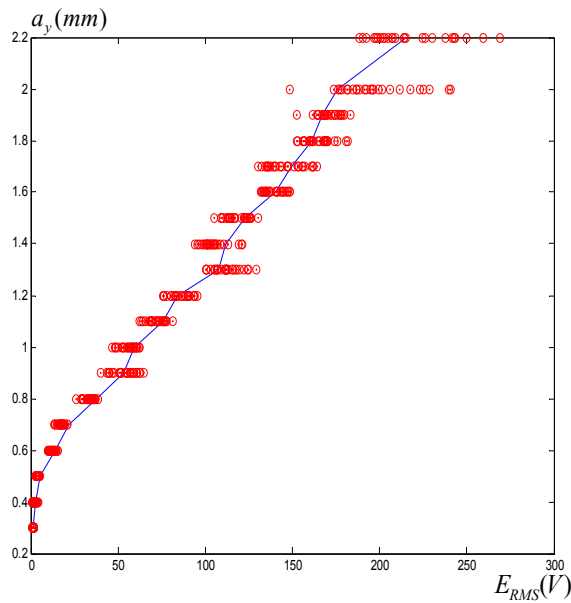
Şekil 3.95. İpliğin bozukluk uzunluklarına göre algılayıcı sinyalinden elde edilen iplik bozukluğu darbe sinyallerinin enerjilerinin değişimi ($V_y = 0.57444$ m/s).

Faz çevirmeyen işlemsel kuvvetlendirici çıkışından elde edilen algılayıcı sinyalinin genliği ipliğin bozukluk uzunluğuna göre değişmektedir. İpliğin bozukluk uzunluğunun $0mm < a_y < 1mm$ olduğu aralıkta U_{OP} işaretinin genliği bozukluk uzunluğuyla lineer değişmektedir. İpliğin bozukluk uzunluğunun $a_y > 1mm$ olduğu durum için işlemsel kuvvetlendirici çıkış gerilimi besleme gerilimi ile sınırlı olduğundan, U_{OP} işaretinin genliği sabit kalırken, fotodiyot çıkışından elde edilen U_{PD} işaretinin genliği iplik bozukluk uzunluğuyla lineer değişmeye devam etmektedir. Şekil 3.96'da işlemsel kuvvetlendirici çıkışından elde edilen algılayıcı sinyalinde yer alan iplik bozukluğu darbe sinyallerinin genliğinin iplik bozukluk uzunluğuna göre değişimi verilmiştir.



Şekil 3.96. İpliğin bozukluk uzunluklarına göre algılayıcı sinyalden elde edilen iplik bozukluğu darbe işaretinin genliklerinin değişimi ($V_y = 0.57444$ m/s).

Şekil 3.97'de, değişik uzunlukta bozuk bölgesi olan ipliklerin, zaman sinyalinden elde edilen darbe işaretlerinin enerjilerinin, istatistiksel veriler ile elde edilmiş iplik bozukluğunun uzunluğu-darbe işaretinin enerjisi eğrisi üzerindeki konumları gösterilmiştir.



Şekil 3.97. İpliğin bozuk bölgesiyle oluşan darbe işaretlerinin enerjilerinin, istatistiksel veriler ile elde edilmiş iplik bozukluğunun uzunluğu-darbe işaretinin enerjisi eğrisi üzerindeki konumları ($V_y = 0.57444$ m/s).

İpliğin bozukluk uzunlukları modellenerek algılayıcı sinyalinde elde edilen istatistiksel veriler ile karşılaştırılan ölçümler yapılmıştır. Çizelge 3.24’de, algılayıcı sinyalinin genliği, süresi ve enerjisi ile bozukluk uzunluğunun tahmin edilmesini sağlayan MATLAB programı sonuçları ile ipliğin bozukluğunun gerçek uzunluğunun kumpasla ölçülerek karşılaştırıldığı deneme sonuçları verilmiştir. Bozukluk uzunluğu, %92 doğrulukla algılayıcı sinyalinin verileri ile tahmin edilmektedir. Algılayıcının karakteristik eğrileri ($SNR-a_y$, $U_{OP}-a_y$, t_p-a_y , $E-a_y$), 0.8mm uzunluğunda bozuk bölgesi olan ipliğin test edilmesi ve bozukluk bölgesinin verilerinin, algılayıcının karakteristik eğrileri üzerindeki yerinin belirlenerek bozukluk uzunluğunun beklenen değerinin tahmin edilmesi için örnek olarak verildiği Ekler kısmında (Ek-12 bölümünde) verilmiştir.

Çizelge 3.24. İplik bozukluğunun ölçülen ve tahmin edilen uzunlukları.

a_y (mm) Ölçülen	a_y (mm) Tahmin Edilen	Δa_y
0.3	0.3	-
0.4	0.4	-
2	2	-
0.5	0.5	-
0.7	0.7	-
1.1	1.1	-
1.2	1.2	-
0.9	0.9	-
1.9	1.9	-
1.7	1.7	-
1.3	1.4	0.1
1	1	-
0.8	0.8	-
1.3	1.3	-
1.4	1.5	0.1
1.6	1.6	-
0.6	0.6	-
1.4	1.4	-
1.3	1.3	-

4. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

İplik düzgünlüğü, birçok farklı metotla incelenmektedir. Günümüzde, güvenilirliği yüksek ve üretim şartlarına uyumlu hale getirilmiş optik ve kapasitif algılayıcılar bu amaç için tekstil sektöründeki yerlerini almışlardır. Işık miktarındaki artışa göre bir fotosel ile ipliğin çapının düzgünlüğünün ölçülmesi ilk yöntemlerden birisidir ve fotosel ölçümleri, tellerin çapının kullanılmasıyla kalibre edilmektedir (Özkaya ve ark. 2005). *2mm* Çözünürlükle iplik çapını inceleyen Zweigle G580 ve *1mm* çözünürlükle iplik çapı ölçen Premier 7000 gibi optik algılayıcılar bu prensip için geliştirilmişlerdir (Özkaya ve ark. 2005). İplik çapının görüntü büyüten mikroskop veya görüntü büyüten lensler ile gölgesinin bir ekran üzerinden belirlendiği doğrudan ölçüm yöntemleri monoton yapısı nedeniyle ilgi görmemektedir (Özkaya ve ark. 2005). Tsai ve Chu'nun (1995 a, 1995 b) homojen olmayan ışın yoğunluğunu gidermek adına alan dengeleme metodu ile ipliğin yerleştirildiği açıklığı, ışınların şiddetinin yüksek olduğu bölgelerde azaltan, ışınların şiddetinin düşük olduğu bölgede arttıran model, optik ölçüm metodunun homojen olmayan ışın yoğunluğu dezavantajını ortadan kaldırmaktadır. CCD kamera görüntülerinin sayısal verilere dönüştürüldüğü ölçüm metodunda, uygulanan işaret işleme metotları karmaşık ve zaman alıcıdır. Hat tarama hızının ipliğin üretim hızına göre düşük kalması nedeniyle düşük tarama frekanslarında elde edilen görüntünün bulanıklaşması, iplik çapının olduğundan az ölçülmesine neden olmaktadır. Radyo dalgalarından etkilenen ve düşük SNR değerleri nedeniyle filtreleme tekniklerine gerek duyulan kapasitif algılayıcıların kütesel değişimleri gösteren sonuçlarına karşılık optik ölçüm, çaptaki değişimlerin ölçülebilmesini sağlamaktadır.

Bu çalışmada, Chenille ipliklerinin bozukluklarını algılayan bir optoelektronik algılayıcı sistem geliştirilmiştir. İpliklerin düzgünlüğü ve tüylüğü ile ilgili yapılan literatür çalışmaları, ideal ürün beklentisine cevap vermeyi hedeflemekte ve üretim özellikleri belirleme metotlarını zenginleştirmektedir. Kumaş ve dokuma ürünlerinde görünüm ve yapısal özelliklerine göre sınıflandırılan bozukluklar, iplik hakkında yapılan araştırmalarda, ipliğin kalınlığındaki değişimlerin neden olduğu düzgünlük faktörü ve iplik ile üretilen tekstil dokumalarının yüzey özelliklerini belirleyen tüylülük özelliklerinin incelenmesi şeklinde yaygınlaşmıştır. Bu çalışmada ise, özel bir sınıfta olan ve havlı yapısıyla diğer tekstil ipliklerinden ayrılan Chenille ipliğinde

görülebilecek bozukluklar, şekline ve uzunluğuna göre sınıflandırılarak algılayıcı işaretinin incelenmesi ile bozuklukların şekil ve uzunluklarına göre hangi sınıfta yer aldığı belirlenebilmesi araştırılmıştır. Bozuklukların şekil ve uzunluğuna göre yer aldığı sınıf, ipliğin algılayıcı işaretinin analizi ile belirlenebilmekle beraber, Fourier Dönüşümü (HFD, KSFD) düşük frekans bileşenlerinin genliği ve Otokorelasyon Katsayılarının Chenille ipliğindeki bozuklukların belirlenmesi ve sınıflandırılabilmesine uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Algılayıcı, ipliğin bozuk bölgesini belirleyerek ipliği bozukluğun başladığı bölümün öncesinde yer alan bir noktadan kesmektedir. İpliğin kesildiği noktanın bozuk bölgeye olan uzaklığı, makasın optoelektronik algılayıcı sistemdeki konumunun değiştirilmesiyle ayarlanabilmektedir. Optoelektronik algılayıcı, Chenille ipliğinin, üretim sonrası çapraz bobinlere aktarılması işlemini modellemek üzere, iplik hızının ayarlanabildiği işlem içi kalite kontrol sistemi olarak kullanıma uygun şekilde geliştirilmiştir. Çalışmada incelenen Chenille iplikleri $0.35m/s$ hızında üretilmiştir. Algılayıcı, iplik hızının üretim hızı ortalamalarından daha yüksek değerlerinde, $0.3mm$ boyutlu bozuklukları belirlemekte ve makasa kesme işareti gönderebilmektedir. $5m/s$ 'ye Kadar yükseltelen hızlarda, $1mm$ uzunluğunda bozuk bölgesi olan iplik ile algılayıcı işaretinde süresi $1ms$ 'nin altına düşen darbe işaretleri elde edilmiş ve bozuk bölgeler belirlenerek makas ile kesme işareti elde edilebilmiştir. Bozukluk algılama duyarlılığının yüksek olması, algılayıcının ipliğin yüksek üretim hızlarında üretim makinesine entegre edilmesiyle zaman kaybı olmaksızın makine hatalarından kaynaklanan bozuklukların tespit edilmesi ve giderilmesine olanak sağlamaktadır. Algılayıcı sistem ile ipliğin bobinlere sarılması sırasında bilgisayara aktarılan optik işaretin analizi yapılarak iplikte oluşan bozukluğun şekli ve uzunluğu hakkında bilgi elde edilebilmektedir. Çalışmada, Chenille ipliği bozukluklarını algılayan ve bu bölümleri iplikten kesen optoelektronik algılayıcı sistem geliştirilmesinin yanısıra, varyasyon katsayıları, düzgünlük katsayıları tespit edilerek lif dağılımının histogramları elde edilmiş, bozuklukların, Fourier Dönüşümü ve Otokorelasyon Katsayıları ile sınıflandırılması yapılmıştır.

Literatürde bozukluklar, tekstil kumaşları için Fourier Dönüşümünün kullanıldığı Dalgacık Dönüşümü ve Sayısal Filtreleme Tekniği gibi gelenekselleşmiş metotlarla incelenmektedir. Kumaşlar için geliştirilmiş bu tür yöntemlerde kameralar kullanılmaktadır. Durand ve arkadaşlarının (1999), kumaştan yansıyan ışınları,

fotodiyot ile elde ederek Fourier Dönüşümü ile yüzeyin tekrarlı yapısının frekans spektrumundaki periyodik genliklerini elde ettikleri çalışmada olduğu gibi, birçok tekstil malzemelerinin bozukluk algılama çalışmasında, yüzeyin periyodik değişimli dağılımından yararlanılmaktadır. İpliğin yüzeyinin tekrarlı bir yapıya sahip olmaması ve iplik işaretinin ani değişimlerinin zamandaki yerinin Fourier Dönüşümü ile belirlenememesi, ipliğin frekans spektrumu incelemesini zorlaştırmaktadır. Bozuk bölgesi olmayan ve bozuk bölgesi olan iplik örnekleri ile elde edilen algılayıcı işaretinin frekans bileşenlerinin frekans eksenindeki konumu ve genliği ile bozukluğun belirlenebilmesi incelenmiştir. Hızlı Fourier Dönüşümü ile elde edilen spektrum genlikleri tablolar halinde düzenlenerek düşük frekans bölgesinde bozukluğun belirlenebildiği gözlemlenmiştir. Bozuk bölgesi olmayan ve bozuk bölgesi olan ipliğin frekans bileşenleri karşılaştırıldığında, düşük frekanslı bileşenlerin genliklerinin bozukluk uzunluğuyla orantılı şekilde değiştiği sonucuna ulaşılmıştır. Chan ve Pang'ın (2000), bozuk bölgesi olan ve bozuk bölgesi olmayan kumaşların kamera görüntülerinin ışık yoğunluğu ile değişen çıkış işaretlerinin Hızlı Fourier Dönüşümü frekans bileşenlerinin genliklerini karşılaştırarak yaptıkları bozukluk incelemesi, bu çalışmada Chenille ipliklerinin farklı uzunluklarda bozuk bölgeleri ile bozuk olmayan ipliklerin optoelektronik algılayıcı işaretinin frekans bileşenleri için incelenmiştir. Frekans spektrumu incelemesi sonuç vermekle beraber, bozuk olmayan iplik ve değişik uzunluklarda modellenmiş bozuk bölgesi bulunan ipliklerin algılayıcı işaretlerinin, Hızlı Fourier Dönüşümü genliklerinin karşılaştırmalı olarak incelemesinin zaman alıcı olması ve güçlüğü nedeniyle, iplik işaretinin Kısa Süreli Fourier Dönüşümü (Pencerelenmiş Fourier Dönüşümü) ile incelemesi yapılarak iplik yüzeyindeki değişimler Kısa Süreli Fourier Dönüşümü genliklerinin desibel olarak grafiklerinin elde edildiği iki boyutlu ve üç boyutlu spektrogramlar ile belirlenmiştir. Elde edilen spektrogramlar, Hızlı Fourier Dönüşümü ile belirlenemeyen ipliğin bozuk bölgesinin gözlemlendiği zaman bilgisini (bozukluğun iplik üzerindeki konumu bilgisini) taşımaktadır ve Hızlı Fourier Dönüşümünün aksine, ipliğin bozuk bölgesi ile ortaya çıkan ve düşük frekanslardan yüksek frekanslara doğru genliği azalan bileşenleri, spektrogramdaki renk dağılımına göre logaritmik olarak kolayca belirlenecek şekilde göstermektedir. Hızlı Fourier Dönüşümünde frekans bileşenlerinin genliğinin, ipliğin bozuk bölgesinin olması ve

olmaması durumuna göre karşılaştırılması için, spektrumun çeşitli frekans bölgeleri için dikkat gerektiren incelemesi, spektrogramlar ile kısa sürede elde edilebilmektedir.

Spektrogramlar, periyodik bozuklukların görülme sıklığının ipliğin uzunluğu cinsinden elde edildiği bir yöntem olarak ipliğin tekrarlı üretim hatalarının belirlenmesinde kullanılmaktadır. İplik üretiminde makine hatasının neden olduğu tekrarlı bozuk bölgeler zaman işaretinin incelenmesi sırasında gözden kaçarken Fourier Dönüşümü frekans bileşenlerinin tekrarlı yapıyı gösteren dağılımı ile belirlenebilmektedir. Bu çalışmada, iplikteki bozukluğun uzunluğu 0.5-2.2mm arasında değiştirilerek elde edilen algılayıcı işaretinin Hızlı Fourier Dönüşümü genliklerinin incelenmesi yapılmıştır. Bozukluk uzunluğunun artması, düşük frekans bileşenlerinin genliğinin artmasına neden olmaktadır. Frekans bileşenlerinin genliğinin düşük frekans bölgesi olan, 3-100Hz frekansları arasında bozukluğun uzunluğu ile lineer değiştiği belirlenmiştir. Chan ve Pang'ın Fourier Dönüşümünün DC bileşenlerine yakın bölgede belirledikleri frekans bileşenleri, bozuk olmayan ve bozuk bölgesi olan iplik için daha geniş frekans aralığında ve değişik uzunluklarda bozukluklar için Hızlı Fourier Dönüşümü genliklerinin değişimine göre incelenmiş ve ipliğin bozukluk uzunluğu ile frekans bileşenlerinin genliği arasında lineer bağıntının gözlemlendiği frekans belirlenmiştir.

Bozukluk sınıflandırmaları, kumaşlar için, iplik kaçmaları, dalgalanmalar, kalın ve ince kısımlar, iplik boncuklanmaları, atkı ipliğinin kirli ve yağlı görünmesine neden olan iplik hataları, kumaş kenarına kadar devam eden tekrarlı düzensiz dokunmuş bölgeler, yabancı lifler şeklinde incelenmektedir (Anagnostopoulos ve ark. 2000). Chenille ipliğinde çeşitli şekillerde bozukluklar modellenerek bozukluğun şekline göre algılayıcı işaretinin incelenmesi ilk olarak Musayev (2004) tarafından yapılmıştır. Bunun dışında, Chenille ipliği için geliştirilmiş olan bozukluk sınıflandırması çalışması literatürde yer almamaktadır. Bu çalışmada iplikte görülebilecek bozukluklar şekil ve uzunluğuna göre modellenerek algılayıcı işaretinin incelenmesi yapılmıştır. Malzeme kalitesizliği, makinenin ayar ve mekanik hataları, hav liflerini oluşturan bıçağın körelmesi ve insan hataları iplik üzerinde şekli ve uzunluğu değişen bozuklukların görülmesine neden olmaktadır. Bu çalışmada Chenille ipliğinde görülen bozukluklar uzunluğuna ve şekline göre incelenmiştir. Uzunluğuna göre 0.3-2.2mm aralığında sınıflandırılan bozukluklar, şekil ve görünümüne göre; kilit ipliğinin görüldüğü

simetrik bozukluk, üst yarı bölümden hav kaybının neden olduğu bozukluk, üst ve alt yarı bölümden hav kaybının neden olduğu bozukluk olarak sınıflandırılmıştır. Zaman işareti ile belirlenen bozukluğun uzunluğu, bozukluğun uzunluğunun beklenen değerinin tahmin edileceği iki ayrı yöntem ile incelenmiştir. Hızlı Fourier Dönüşümü frekans bileşenleri incelendiğinde, frekansı 51Hz olan bileşenlerin, $a_y = 0.5mm$ için 358.83, $a_y = 1mm$ için 396.1, $a_y = 1.3mm$ için 433, $a_y = 1.5mm$ için 545 ve $a_y = 2mm$ için 617.86 olan genliklerinin, Chenille ipliğinin bozukluk uzunluğuna göre lineer değiştiği belirlenmiştir. Otokorelasyon katsayılarının belirlenmesi ile $t_d = 10.2ms$ için iplikteki bozukluğun uzunluğunun beklenen değeri,

$$0.9119 < R(\eta) < 0.9246 \text{ aralığında } a_y = 0.5mm ,$$

$$0.8451 < R(\eta) < 0.9119 \text{ aralığında } a_y = 0.7mm ,$$

$$0.8382 < R(\eta) < 0.8451 \text{ aralığında } a_y = 0.8mm ,$$

$$0.7664 < R(\eta) < 0.8382 \text{ aralığında } a_y = 0.9mm ,$$

$$0.7204 < R(\eta) < 0.7664 \text{ aralığında } a_y = 1mm ,$$

$$0.6978 < R(\eta) < 0.7204 \text{ aralığında } a_y = 1.3mm ,$$

$$0.6628 < R(\eta) < 0.6978 \text{ aralığında } a_y = 1.5mm ,$$

$$0.5462 < R(\eta) < 0.6628 \text{ aralığında } a_y = 2mm \text{ ve}$$

$$0.524 < R(\eta) < 0.5462 \text{ aralığında } a_y = 2.2mm \text{ olarak belirlenmiştir.}$$

Numara metrik kütlelerine ve malzemesine bağlı olmaksızın, bütün Chenille iplik örnekleri için, incelenen diğer ışınlar göre dalga boyu en yüksek olan kızılötesi ışınların iplik yapısından geçme miktarının en fazla olduğu belirlenmiştir. Bu durumda sinyal-gürültü oranı bu dalga boyunda ışın verici kullanıldığında diğer ışın vericilere göre en düşük seviyede olacağından algılayıcının tasarımında kızılötesi ışın verici kullanılmamıştır. Malzemeleri aynı, kalınlıkları farklı ipliklerden ışın geçme miktarlarının, ipliğin hav sıklıkları özdeş olduğunda aynı olduğu belirlenmiştir. İpliğin ışın geçirme özelliğini belirleyen en önemli faktörün ipliğin üretildiği malzeme ve ipliğin hav sıklığı olduğu sonucuna varılmıştır. Polimerik malzemedan üretilen ipliklerden geçen ışınların şiddetinin, doğal malzemedan üretilen pamuk ve yün ipliklere göre daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır. Bu durumda algılayıcı işaretinde

sinyal-gürültü oranı bu tür iplikler için daha düşük seviyede olmaktadır. Çalışmada yer alan en kalın iplik olan 3Nm akrilik Chenille ipliğinden geçen ışın şiddetinin her dalga boyundaki ışınlar için diğer ipliklerden daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Farklı türden ipliklere ait algılayıcı işareti incelenerek, polyester ve akrilik ipliklerden ışınların daha fazla geçtiği ve bu malzemeden üretilmiş ipliklerde sinyal-gürültü oranının, pamuk ve yün ipliklerin sinyal-gürültü oranından daha düşük olduğu tespit edilmiştir. İpliklerin % U ve % CV katsayıları belirlenmiştir. Çalışmada yer alan yün ipliğinden elde edilen algılayıcı işaretinin incelenmesi ile ipliğin liflerinin normal dağılıma uymadığı ve iplik uzunluğu boyunca aniden görülen ve ortalama değerden sapması çok yüksek değerde olan lif uzunluğu değişimlerinin var olduğu tespit edilmiştir. Liflerinin dağılımının düzenli yapıda olmaması üretim hatası olarak belirlenmiştir. Düzgünlük katsayıları ve varyasyon katsayıları optik sinyale göre elde edilmiştir. Kütleli varyasyon katsayısı, optik sinyal ile elde edilen ve çap değişimlerini ifade eden % CV ifadesinden elde edilebilmektedir.

Optoelektronik algılayıcı, 0.3mm boyutlu bozuklukları algılayacak duyarlılıkta tasarlanmıştır. MATLAB programları ipliğin malzemesine bağlı olan gürültü işaretinin genliğini, ipliğin sağılma hızını ve iplikteki bozukluğun uzunluğunu belirlemektedir. İplikte değişik uzunlukta bozukluklar 0.1mm aralıklarla modellenerek algılayıcı işaretinden elde edilen istatistiksel veriler ile iplikteki bozukluğun uzunluğu arasında ilişki kurulmuştur. Algılayıcı işaretinden elde edilen ipliğin bozuk bölgesinin oluşturduğu darbe işaretinin genliği, süresi ve enerjisi ile bozukluk uzunluğunun tahmin edilmesini sağlayan MATLAB programı geliştirilmiştir. Program ile elde edilen sonuçlar ve ipliğin bozuk bölgesinin gerçek uzunluğunun kumpasla ölçülerek karşılaştırıldığı deneme sonuçları, bozukluk uzunluğunun %92 doğrulukla ve $\Delta a_y = 0.1mm$ duyarlılıkla tahmin edilebildiğini göstermektedir.

Kapasitif yöntemle iplik yüzeyi inceleme sistemleri iplikteki değişimleri kütleli olarak belirlemektedir ve belirleyebildikleri en küçük bozukluk uzunluğu 2mm'dir. (Allen ve ark. 1985). Çalışmada tasarlanan optik algılayıcı ile gözle fark edilmesi çok güç olan (0.3mm) bozukluklar, algılayıcının zaman işaretinin yanı sıra Hızlı Fourier Dönüşümü (HFD) ve Kısa Süreli Fourier Dönüşümü (KSFD) genlikleri ile belirlenebilmekte ve algılayıcı işaretinin referans gerilim seviyesi ile karşılaştırılmasıyla makasa kesme işareti gönderilerek iplikten uzaklaştırılmaktadır.

İpliğin, fotodiyotun algılama yüzeyinin kenar uzunluğunun belirlediği $1.5mm$ 'lik bölümler halinde incelenmesi, kapasitif algılayıcıların genel olarak $8mm$ 'lik bölümler halinde incelediği sistemlere göre optik algılayıcının daha duyarlı olmasını sağlamaktadır.

Kapasitif algılayıcılar, sıcaklık, nem gibi dış etkenler ile parazit sinyalleri ve radyo dalgalarından etkilenmektedir. Optik algılayıcı ile ipliğin çapına göre değişen zaman sinyali elde edilmektedir ve algılayıcı sinyali, kapasitif sistemlerde olduğu gibi dış etkenler ve parazit sinyallerinden etkilenmemektedir. Işın kaynaklarından etkilenmemesi için tasarlanan fotodiyot sabitleyici ile $1mm$ uzunluğunda bir bozukluk için, $30'$ dan yüksek sinyal-gürültü oranı elde edilmiştir. Kapasitif algılayıcılar ile elde edilen iplik sinyalinin sinyal-gürültü oranı düşüktür ve gürültü sinyalinin genliği yüksektir. İplik sinyalinin, birinci veya ikinci dereceden R-C filtresi ile filtrelenmesi ve kuvvetlendirilmesi gerekmektedir. Tasarlanan optik algılayıcıda, fotodiyot, başka ışın kaynaklarından etkilenmediğinden herhangi bir filtrelemeye gerek duyulmadan yüksek SNR değerleri elde edilebilmektedir.

Francini ve Longobardi'nin (1989) tekstüre ipliklerin tüylülüğünün ve düğümlü noktalarının belirlenmesi için, Bueno ve arkadaşlarının (1999) kumaş yüzeyinin tüylerinin metal bir silindirle yükseltilmesi durumunda Fourier Dönüşümü genliklerinin değişimini incelediği çalışmaların paralelinde, bu çalışmada, havlı yüzeyi ile tekstüre ipliklerden ayrılan ve fantezi iplik grubunda yer alan Chenille ipliğinin bozukluğunun frekans bileşenlerine etkisi incelenmiştir. Francini ve Longobardi'nin (1989), lensten geçen ışınları sinyal bölücü ile iki ayrı fotodiyot ile işarete dönüştürerek incelemesi, ipliğin ana gövdesinin ve ipliğin yüzeyinden dışarıya uzanan liflerin spektrumunun birbirinden ayrılmış şekilde belirlenmesini sağlamıştır. Anand ve ark.'nın (2005) aynı yöntemi kullanarak lensler ile polarize edilen ışınları fotodiyot ile işarete dönüştürmesi ve iplik gövdesinden dışarıya uzanan lifleri belirlemesi, ışın yoğunluğu ile tüylülüğün lineer interpolasyon ile grafiklere aktarılmasını sağlamıştır. Fantezi iplik sınıfında yer alan Chenille'in yapısında Anand ve ark.'nın (2005) çalışmalarında inceledikleri ring büküm ipliklerinde görülen santimetre boyutunda tüyler bulunmamaktadır. İplik yüzeyi, hav dizilimi ile diğer büküm ipliklerinden ayrılmaktadır ve iplik çapının $1/4-1/10'$ u kadar kalınlığı olan kilit ipliklerinin açığa çıktığı bozuk bölgelerin algılayıcı işaretindeki değişimleri, diğer iplikler için yapılan kalınlık ölçümlerinden ayrılmaktadır. Diğer ring

eğirme ipliklerinin optik veya kapasitif metotla incelenmesi, ipliğin kalınlığının ortalama kalınlıktan maksimum sapma miktarını, ince ve kalın bölgeler için yüzde olarak ifade eden verilere dönüştürüldüğü çalışmalarda yer almaktadır. İpliğin ince bölümleri ve kalın bölümlerinin, Penava ve Orešković'in (1995) çalışmasında $-%40-+%50$, Pinto ve ark.'nın (2002) çalışmasında $-%50-+%200$ sınırları arasında olduğu belirtilmiştir. Diğer ring eğirme ipliklerinden havlı yüzeyi ve iki parçalı yapısı (kilit iplikleri ve hav iplikleri) ile ayrılan Chenille ipliğinde ise, kilit iplikleri ipliğin genel kalınlığından çok daha küçük kalınlıklarda olmaktadır. Hav ipliklerinin büküm noktasında birbirine sarılmış kilit ipliklerinin boşluklarından kurtulması ile kilit iplikleri açığa çıktığında, ipliğin kalınlığı $0.1-0.4mm$ boyutlarına düşmektedir. Çalışmada incelenen ipliklerde iki adet kilit ipliği bulunmaktadır ve kilit ipliklerinin ortaya çıktığı bozukluklarda ipliğin çapı $-%75-90$ azalmaktadır. Frekans spektrumu incelemesi sonucunda, ipliğin yapısında bozuk bölümün olması durumunda belirli bir bölgede yer alan frekans bileşenlerinin genliğinin, bozuk bölgesi olmayan iplik için belirlenen frekans bileşenleri genliğinden daha fazla olduğu gözlenmiştir. Bozuklukların uzunluğu arttıkça düşük frekans bileşenlerinin genliğinin yükseldiği ve $0-100Hz$ frekansları arasında yer alan bileşenlerin genliğinin, bozukluk uzunluğu arttıkça yükseldiği sonucuna ulaşılmıştır.

Üretim hızlarına göre, kamera ile hat tarama hızının çok düşük kalması, ipliğin izlenebilmesi için hat tarama frekansının düşürülmesini zorunlu hale getirmektedir. Görüntü verilerinin sayısallaştırılması ve takip edilen görüntü işleme aşamaları, zaman alıcı ve karmaşık algoritmaların uygulanmasını gerektirmektedir. Görüntü işleme yöntemlerine göre daha hızlı olması, optoelektronik metodun işlem içi kontrol yöntemi olarak üretim hızlarında kullanılabilmesini sağlamaktadır. Bu durum dikkate alınarak, iplik bozukluklarının incelemesinde, görüntü işleme yöntemine göre daha hızlı sonuç veren ve yeni bir algılayıcı sistemin geliştirildiği optoelektronik metot tercih edilmiştir.

Günümüz tekstil sektöründe, USTER III. nesil algılayıcılar gibi standartlaşmış ve güvenilir sistemlerin kullanım alanı bulması, kapasitif algılayıcılar ile iplik düzgünlüğünün kütleli değişimlere göre belirlenmesini sağlamaktadır. İplik yüzeyinin $8mm$ 'lik bölümler halinde incelendiği USTER III algılayıcı, düzgünlük ve varyasyon katsayısını belirlemektedir. Kapasite levhaları arasından sağılan ipliğin kütleli değişimlerinin, levhalar arasındaki ortamın dielektrik değişimleri şeklinde

elektriksel işarete dönüştürülmesi, ipliğin kütleli düzgünlüğü hakkında fikir vermektedir. Kapasitif algılayıcıların iplik düzgünlüğünü belirleme metodu olarak tercih edilmesi, ölçümde bazı kısıtlamalar getirmektedir. Bunlar,

- 1) İpliğin arasından geçtiği kapasite levhalarının düzlemsel şekilli olması, iplik akışını engellememesi ve aşınmalara neden olmaması için silindirik şekilli olmalıdır.
- 2) Asimetrik yapıda ipliklerin kapasitif algılayıcı ile incelenmesi, şekil (çap) değişimlerini göstermeyen elektriksel işaret nedeniyle yanlış sonuçların alınmasına neden olmaktadır.
- 3) İncelenen ipliğin çapı, kapasite levhası uzunluğundan daha küçük olmalıdır.
- 4) İpliğin kapasite levhaları arasında yatay hareket etmesi ölçüm sonuçlarını etkileyeceğinden bir kapasite üzerinden temas ederek sağılması gerekmektedir.
- 5) Radyo dalgaları ve parazit işaretlerinden etkilenen ölçüm sonuçları düşük SNR değerine sahiptir ve yavaş değişen gürültü işaretinin filtrelenmesi zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.
- 6) Ölçümler çap (kalınlık) hakkında fikir vermemektedir.
- 7) Ortamın nem ve sıcaklığı ile iplik yapısında biriken nem miktarı, ölçüm sonuçlarını olumsuz etkilemektedir.

Zweigle G-585, iplik kalınlığının ortalaması ile anlık değerinin optik metotla incelenebildiği güvenilir optik algılayıcılardan biri olarak kullanım alanı bulmaktadır. Kızılötesi bir ışın vericinin ışınlarının iplik yüzeyine yönlendirilmesi ve iplik yüzeyinin engellediği alan dışında kalan ışın lekelerinin bir algılayıcı ile işarete dönüştürüldüğü bu sistemde, iplik yüzeyi 2mm'lik bölümler halinde incelenmektedir. Optik algılayıcı, referans değer ile ipliğin anlık çapını karşılaştırarak çap değişimlerini kaydetmektedir. Referans değer ölçümün ilk 100m'sinde belirlendiği algılayıcının kontrol hızı 1-6m/s arasında ayarlanabilmektedir.

Chenille ipliklerinin bozukluklarının belirlenmesi amacıyla geliştirilmiş yeni optoelektronik algılayıcı, yüksek dalga boyundaki ışınların ipliğin yapısından geçmesi durumunda, kalınlık ölçümlerinin DC genlik nedeniyle değişmemesi ve küçük uzunlukta bozuk bölgelerin oluşturduğu işaretin genliğinin söz konusu gürültü işareti tarafından bastırılmaması için yüksek dönüştürme oranı sağlayan 626nm dalga boyundaki ışın verici için tasarlanmıştır. Zweigle algılayıcıda kullanılan yüksek dalga boyundaki ışın verici yerine, ışınları görülebilen ve iplik yüzeyine yönlendirilmesi daha

kolay olan $626nm$ dalga boyundaki ışın verici ve iplik yüzeyinin $1.5mm$ 'lik bölümler halinde incelenmesini sağlayan fotoalıcının ışına duyarlı yüzeyinin düşük boyutları tercih edilmiştir. Algılayıcı işaretinin bilgisayara aktarılması için kullanılan Goldwave programında örnekleme frekansı, $44100Hz$ seviyesinde seçilerek yüksek çözünürlüklü işaretin elde edilmesi ve düşük fotoalıcı algılama yüzeyi boyutları ile iplik yüzeyi olabildiğince küçük bölümler halinde taranmıştır. Çözünürlüğü yüksek işaret, kalınlık ölçümü ile ipliğin üretim özelliklerini ifade eden $\%U$ ve $\%CV$ katsayılarının daha duyarlıklı hesaplanmasını sağlamıştır. $1-5m/s$ hızları arasında yapılan ölçümlerde, gözle fark edilmeyen $0.3mm$ uzunluğundaki bozuklukların belirlenebildiği algılayıcı işaretinde yer alan ve ipliğin bozuk bölgesi ile oluşan darbe işaretinin, genlik, karesel ortalama ve süresi ile bozukluğun uzunluğu arasında ilişki oluşturulabilmesi için, $a_y=0.3-2.2mm$ arasında olan bozukluklar modellenerek her bir bozukluk için 200'den fazla darbe işareti incelenmiş ve sonuçların ortalaması alınmıştır. Algılayıcı karakteristiğini ifade eden eğrilerin elde edilmesi, incelenen herhangi bir ipliğin bozuk bölgesinin uzunluğunun belirlenmesi için kullanılarak uzunluğu ve şekline göre bozuklukların sınıflandırması yapılmıştır. Algılayıcının diğer bir avantajı, düşük maliyet ile gerçekleştirilebilmesi ve algılayıcı işaretinin, herhangi bir elektronik veri elde etme kartına ihtiyaç duyulmadan bilgisayara aktarılarak sayısal değerlere dönüştürülebilmesidir. Bu amaçla, ses işaretlerinin kayıt işleminde kullanılan Goldwave programı ile örnekleme frekansına göre çözünürlüğü ayarlanabilen algılayıcı işaretlerinin bilgisayara aktarılması sağlanmıştır.

Tsai ve Chu'nun (1995 a), homojen olmayan ışınların optik algılama sistemini etkilemesi nedeniyle iplik kalınlığının ölçümünde hataların oluştuğunu belirttikleri çalışmalarında, ışınları yatay pozisyonlu dar bir yarığa aktarmışlar, alan dengeleme metodu ile gerekli interpolasyonları kurarak elde ettikleri yeni yarık şekline göre, yarığın her noktasında ölçülen ışın şiddetinin aynı olmasını sağlamışlardır. Işın vericinin ışın lekesine olan uzaklığına göre ışınların homojenliğinin değişmesi nedeniyle, algılayıcı geliştirilmeden önce, çeşitli dalga boyundaki ışın vericilerin ışınlarının homojen olduğu H_l uzaklıkları belirlenmiştir. Işın lekesinin fotodiyot algılayıcı yüzeyindeki dağılımının homojen olduğu uygun fotodiyot-LED uzaklığı elde edilmiştir. Işınların dağılımına göre ışın lekesinin en içte görülen dairesel ışın lekesinin boyutlarının fotodiyot algılama yüzeyi boyutlarından daha büyük olduğu L uzaklığı

seçilerek fotodiyot algılama yüzeyinin homojen ışın lekesi düzleminde yerleşmesi sağlanmıştır. Fotodiyot algılama yüzeyine düşen ışın lekesinin homojen olması ile birlikte, yüksek sinyal-gürültü oranının elde edilebilmesi ve fotodiyotun ışınların şiddeti nedeniyle doyuma girmemesi dikkate alınarak uygun L uzaklığı 2cm olarak belirlenmiştir. Bu durum, ışınların homojen olmaması durumunda uygulanması gereken Tsai ve Chu'nun (1995 a) belirttiği alan dengeleme işleminin uygulanmasına gerek kalmadan ışın lekesi içerisinde yer alan her noktada bulunan ışınların fotodiyot işareti genliğinin özdeş olmasını sağlamıştır. $L=2\text{cm}$ için, $a_y=1\text{mm}$ uzunluğunda bir bozukluk incelendiğinde, ipliğin fotodiyota olan uzaklığının $h>6.667\text{mm}$ seçilmesi, $0<h<6.667\text{mm}$ bölgesi için elde edilen fotodiyot işareti genliğinden daha yüksek fotodiyot işareti genliğinin elde edilmesini sağlamaktadır. $h>6.667\text{mm}$ Bölgesinde ipliğin gerçek bozukluk uzunluğu ile fotodiyot işaretinde yer alan darbenin süresi ile belirlenen bozukluk uzunluğu arasındaki fark arttığından, iplik ile fotodiyot arasındaki h uzaklığı, sıfır olarak belirlenmiştir. İpliğin hareketinin oluşturduğu titreşimlerin fotodiyotun konumunu değiştirmemesi amacıyla $h=2\text{mm}$ seçilmiştir.

Tezin Bilime Katkısı

1) Bozukluk algılama metotları ve bu metotlarda kullanılan cihazlar incelenerek sınıflandırılmıştır. Tahribatsız bozukluk algılama işlemi, görsel, kapasitif ve optik metotlarla gerçekleştirilebilmektedir. Görsel metotla bozukluk algılamanın düşük verimli olması ve sübjektif hatalara neden olması, bozukluk algılama işlemini gerçekleştirecek cihazların otomasyonunu ön plana çıkarmaktadır. Kapasitif metotlar, bozukluğa olan düşük duyarlılıkları ve dış etkilerden yüksek oranda etkilenmeleri nedeniyle gelişime açık özellik gösterememektedirler. Optik metotlar, kameralı ve bilgisayar destekli farklı inceleme yöntemlerinin kullanıldığı geniş bir alanda hızla gelişim göstermektedirler. Kameraların kullanıldığı sistemler daha çok kumaşların bozukluklarının incelemesinde kullanılmaktadır ve hat tarama frekansının ipliğin hızına göre düşük kalması, iplik bozukluklarının algılanması için kullanımlarını güçleştirmektedir. Hızla gelişmekte olan bozukluk algılama metotlarından birisi de

optoelektronik metotlardır ve basit yapıları, yüksek tepki hızları, küçük fiziksel boyutlarıyla çeşitli makinelere kolayca adapte edilebilmektedirler.

2) Yapılan araştırmalar sonucunda yarıiletken ışın vericili ve fotoalıcılı tahribatsız bozukluk algılayıcı geliştirilmesi öngörülmüştür. Algılayıcının geliştirilmesi, her adımda karşılaşılan problemlerin çözümünü gerektiren aşamaların takip edilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Belirtilen aşamalar, aşağıda sıralanmıştır.

a) Bozukluk incelemesi için seçilen objenin (Chenille ipliği) yapısı ve optik özellikleri incelenmiştir.

b) Bozukluklar iplik üzerindeki şekilleri ve uzunluklarına göre sınıflandırılmış ve her bir bozukluk için iplik yapısında modeller oluşturulmuştur. Bozukluk modellerinin şekil ve uzunluğuna göre değişen fotosinyaller elde edilerek bozuklukları algılayan sistemin duyarlılığı, ışın vericinin akımı ve ışın verici-LED uzaklığının uygun değerleri seçilerek artırılmıştır.

c) İpliğin yapısından geçen çeşitli dalga boyundaki ışınların ipliğin malzemesine ve dalga boyuna göre değişimi incelenmiştir. İpliğin yapısından geçerek SNR değerini azaltan ve algılayıcı işaretinde gürültü gerilimleri oluşturan ışınların, dalga boyu ve ışın şiddetine göre incelemesi yapılmıştır.

d) Teorik olarak LED ışınlarının algılama bölgesinden geçmesi ve fotoalıcıya ulaşmasını ifade eden denklemler elde edilmiş ve simülasyonları yapılmıştır.

e) Bozukluğun fotosinyale dönüştürülmesi probleminde önemli olan etkenler tespit edilmiştir. Söz konusu etkenler, ışın vericinin dalga boyu, ışın verici-iplik ile iplik-fotoalıcı uzaklıkları, ipliğin hızı, LED ışınlarının şiddeti olarak sıralanmış ve fotosinyalin bozukluğu gösterme derecesinin bu etkenler ile değişimi incelenmiştir.

f) Algılayıcının geliştirilebilmesi için sistem bileşenlerinin geometrik parametreleri (L, h, d, H, a_y), dinamik parametreleri (V_y) ve optik parametrelerinin ($\lambda, I_{LED}, \omega/2, a, S_{PD}, S_\lambda$, malzemesine göre iplik türü) değiştirilebildiği bir deney düzeneği tasarlanmıştır.

g) Farklı dalga boyunda ışın veren LED'lerin ışın lekeleri incelenmiştir. LED'in ışın lekesi düzlemine olan uzaklığına göre ışınların homojen olduğu bir tek dairesel görünümlü ışın lekesinin (çapı D_4 olan) gözlemlendiği H_1 uzaklığı ve ışın şiddetleri farklı olan iç içe üç dairenin gözlemlendiği (çapları içten dışa doğru D_1, D_2 ve D_3 olan) H_2 uzaklıkları her bir dalga boyundaki ışın verici için belirlenmiştir. Fotodiyot algılama

yüzeyi H_1 ve H_2 uzaklıkları için dalga boyu değişik LED'ler ile taranmış ve dairesel ışın lekesi düzlemindeki ışın şiddetlerinin maksimum ve minimum değerlerinin karşılaştırılması yapılarak ışın şiddetinin ışın lekesinin çapı boyunca değişimi elde edilmiştir. İplik yüzeyine yönlendirilen ışın lekesinin homojenliği sağlanarak ölçüm bölgesinde ışın şiddetinin her noktada özdeş olması sağlanmıştır. Optoelektronik algılayıcıda, Chenille ipliğinin bozukluklarını fotosinyale dönüştürme oranı en yüksek fotoalıcı olarak belirlenen fotodiyot ve bozukluğun oluşması durumunda fotodiyotun doyum durumuna girmeyeceği ve yüksek SNR değerlerinin elde edildiği LED seçilmiştir.

h) Algılayıcının geliştirilebilmesi için, ipliğin hareketsiz olduğu statik ölçüm ve ipliğin hareket halinde olduğu dinamik ölçüm yöntemleri ile elde edilen sonuçların belirlediği parametreler dikkate alınmıştır.

i) Elde edilen fotosinyal, zaman işareti incelemesi dışında frekans spektrumunun elde edildiği Hızlı Fourier Dönüşümü ve Kısa Süreli Fourier Dönüşümü bileşenleri ile incelenmiş ve bozuk bölgesi olmayan iplik ile çeşitli uzunluklarda bozuk bölgesi olan ipliğe ait frekans bileşenlerinin genlik ve frekansına göre karşılaştırılması yapılmıştır. Bozuk bölgesi olmayan ve yapısında bozuk bölgenin bulunduğu ipliğin frekans bileşenlerinin, havların kilit ipliği üzerindeki düzenli dağılımına bağlı olarak aynı frekanslarda ortaya çıktığı, bozuk bölgesi olan ipliğin frekans bileşenlerinin genliğinin düşük frekans bölgesinde ($3-100Hz$) bozukluk uzunluğuyla arttığı gözlemlenmiştir. Bozukluk uzunluğunun değişmesinin, $f=51Hz$ frekansında yer alan frekans bileşenlerinin yüksek genlikleri ile net olarak belirlenebildiği tespit edilmiş ve bu bileşenin genlikleri çeşitli uzunluklarda bozukluklar için incelenmiştir.

Fotosinyalin Otokorelasyon Katsayıları ile incelenmesi, Otokorelasyon Katsayıları ile bozukluk uzunluğunun beklenen değerinin tahmin edilmesini sağlamıştır.

j) Tahribatsız bozukluk algılayıcının şeması elde edilerek algılama işlemine katkısı olan optimizasyon ile devre elemanlarının değerleri seçilmiş ve bozukluk ile oluşan algılayıcı sinyalinin, ışınları bozukluğu gösteren sinyale dönüştürme derecesi kuvvetlendirilmiştir.

3) İplik düzgünlüğünü inceleyen kapasitif algılayıcılar sıcaklık, nem ve parazit sinyallerinden etkilenmektedir. Bu tür algılayıcılar, ipliğin kütleli değişimlerini sinyale dönüştürmektedir. İpliğin çapındaki varyasyonların tespit edildiği yeni bir

optoelektronik algılayıcı geliştirilmiştir. İplik üretim fabrikalarının üretim parametrelerinden biri olan bozukluk algılama ve bilgisayar kontrollü verilerin değerlendirmesini yapan uzman sistemler yerine üretim hatalarını yüksek SNR değerleri ile tespit edebilecek yüksek duyarlıklı yeni bir sistem geliştirilmiştir. Algılayıcı ile ipliğin kalınlığındaki değişimler $1/1000mm$ duyarlılıkla belirlenmektedir.

4) Bozukluklar ile oluşan ve algılayıcı işaretinde görülen darbe işaretinin genliği, süresi ve darbe işaretini oluşturan örneklerin sayısal değerlerinin karesel ortalaması (enerjisi) istatistiksel verilere dönüştürülerek iplikte oluşan bozukluğun uzunluğunun beklenen değerini belirleyen program geliştirilmiştir. Program ile elde edilen sonuçlar, ipliğin bozuk bölgesinin gerçek uzunluğu ile karşılaştırıldığında, bozukluk uzunluğunun %92 doğrulukla ve $\Delta a_y = 0.1mm$ duyarlılıkla tahmin edilebildiği gözlemlenmiştir.

5) Kumaşların kamera görüntülerinin sayısal verilere dönüştürülmesi ile Hızlı Fourier Dönüşümü bileşenlerinin genliğine göre bozukluklarının incelemesi, Chenille ipliğinin algılayıcı işaretine adapte edilerek spektrum genlikleri ve frekanslarının bozukluğun uzunluğu ile değişimi incelenmiştir. Bozukluğun frekans spektrumu incelemesi ile belirlenmesinin yanı sıra, uzunluklarının spektrum genlikleri ile tespit edilebilmesi, bozukluk sınıflandırmasının spektrum incelemesiyle yapılabilmesini sağlamıştır.

6) Zweigle firmasının iplik incelemesinde kullanılan algılayıcıların kızılötesi ışın vericileri yerine görünür ışın bölgesinde yer alan $626nm$ dalga boyundaki ışınlar tercih edilmiştir. Bu durum, algılayıcı işaretinde elde edilen SNR'ın çok yüksek değerlere ulaşmasını ve gözle fark edilmesi zor bozuklukların algılayıcı ile belirlenmesi ve sınıflandırılmasını sağlamaktadır.

7) İpliklerin düzgünlüğü ve tüylüğü ile ilgili yapılan literatür çalışmaları, ideal ürün beklentisine cevap vermeyi hedeflemekte ve üretim özellikleri belirleme metotlarını zenginleştirmektedir. Kumaş ve dokuma ürünlerinde görünüm ve yapısal özelliklerine göre sınıflandırılan bozukluklar, iplik hakkında yapılan araştırmalarda, ipliğin kalınlığındaki değişimlerin neden olduğu düzensizlik faktörü ve iplik ile üretilen tekstil dokumalarının yüzey özelliklerini belirleyen tüylülük parametrelerinin incelenmesi şeklinde yaygınlaşmıştır. Bu çalışmada ise, özel bir sınıfta olan ve havlı yapısıyla diğer tekstil ipliklerinden ayrılan Chenille ipliğinde görülebilecek bozukluklar şekline ve uzunluğuna göre sınıflandırılarak algılayıcı işaretinin incelenmesi ile bozuklukların şekil ve uzunluklarına göre hangi sınıfta yer aldığı belirlenebilmesi

araştırılmıştır. Bozuklukların şekil ve uzunluğuna göre yer aldığı sınıf, ipliğin algılayıcı işaretinin analizi ile belirlenebilmekle beraber, Fourier Dönüşümü bileşenlerinin genliği ve Otokorelasyon Katsayılarının Chenille ipliğindeki bozuklukların belirlenmesi ve sınıflandırılabilmesine uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Düşük frekans bölgesi içerisinde bulunan spektrum bileşenlerinin incelenmesi ve karşılaştırılmasıyla bozukluğun belirlenebildiği ve belirli frekans aralığında kalan spektrum bileşenlerinin genliğindeki değişimin incelenmesiyle bozukluk uzunluğunun tespit edilebildiği gözlemlenmiştir. $f=3-100Hz$ Frekansında yer alan frekans bileşenlerinin genliğinin, geliştirilen optoelektronik algılayıcı sistem ile Chenille ipliği bozukluğu uzunluklarının, $a_y \geq 0.5mm$ olduğu durumda bozukluk uzunluğu ile orantılı değiştiği tespit edilmiştir. Frekans ekseninde $f=51Hz$ 'de yer alan HFD katsayıları ile ipliğin bozukluk uzunluğunun belirlenebildiği gözlemlenmiştir. Aynı uzunlukta bozuk bölgesi olan iplik örneklerine ait algılayıcı işaretinin, değişik η gecikmeleri ile Otokorelasyon Katsayılarının incelenmesi sonucunda, $t_d=1.5ms$ öteleme değerinden itibaren, bozukluğun ve bozukluğun uzunluğunun $a_y \geq 0.5mm$ için Otokorelasyon Katsayıları ile belirlenebildiği ve sınıflandırılabilirdiği sonucuna ulaşılmıştır. Gerçek zamanlı incelemede ise algılayıcı $0.3mm$ uzunluğundaki bozuklukları belirleyebilmekte ve bu uzunlukta bozukluklar ile bozukluğun iplik üzerindeki şekli tahmin edilebilmektedir.

İplikte hav kaybı ne kadar fazla ise algılayıcı sistem ile elde edilen iplik zaman sinyalinde yer alan bozukluk darbe sinyalinin genliği ve süresi o oranda yüksek olmaktadır. Zaman sinyalinde yer alan ipliğin bozuk bölgesi nedeniyle oluşan darbe sinyalinin yüksek genlikli olması, iplikte, hav kaybının yüksek olduğu ve ipliğin kalınlığında yüksek oranda azalmanın oluştuğunu göstermektedir. Kilit ipliğinin açığa çıktığı bu tür bozukluklar, makinede büküm oranının doğru seçilmemesi, hav ipliklerinin kesiminin doğru zamanlamada yapılmaması, bıçağın körelmesi veya ucuz malzemenin göstergesi olabilmektedir.

Bozuk bölge ile oluşan darbe işaretinin süresinin yüksek ancak genliğinin düşük olması, havların uzunluğundaki azalmadan kaynaklanan asimetric veya simetric hav kaybının oluşturduğu bozukluklardan kaynaklanabilmektedir. Süresi kısa ancak genliği kilit ipliklerinin açığa çıktığı bozukluklar ile oluşan darbe işareti genliği seviyelerinde olan algılayıcı işaretleri, ipliğin kalınlığında boyutu küçük ancak göze çarpacak derecede yüksek oranda azalmanın ortaya çıktığı fikrini güçlendirmektedir.

KAYNAKLAR

ABDULRAHIM, R., K. S. CHAN 2003. Optical Tomography System for Process Measurement Using Light-Emitting Diodes as a Light Source. *Optical Engineering*, 43(5):1251-1257.

ALLEN, L. A., K. R. ATKINSON, P. R. LAMB, D. E. PLATE, M. W. PRINS 1985. Apparatus for Improved Measurement of Unevenness and Fault in Yarns. *Journal of the Textile Institute*, 3(2): 74-85.

AMINUDDIN, N., E. RIDDLE 2004. Comparison Between Zellweger Uster Tester II and Micro Sensor Inc.'s On-Line Density Tester, Cotton Incorporated ,2762.

ANAGNOSTOPOULOS, C., D. VERGADOS, E. KAYAFAS, V. LOUMOS, G. STASSINOPOULOS 2001. A computer Vision Approach for Textile Quality Control. John Wiley & Sons, *The Journal of Visualisation and Computer Animation*. 12:31-44.

ANAND, A., V. K. CHHANIWAL, C. S. NARAYANAMURTHY 2005. Hairiness Measurement of Textile Yarns Using Crossed Polarizers. *Review of Scientific Instruments*, (76): 076104-1: 076104-4.

Anonim, 1989, İplik Üretiminde Düzensüzlük. Sagem Eğitim Yayınları, Bursa, 1989, 64s.

Anonim, 2001. Complete Textile Glossary. Celanese Acetate LLC, New York, 209 p.

AXELSSON, L., N. KARLSSON 1996. Object Recognition Using a Laser Scanner and Fourier Transform. *Journal of Optical Engineering*, 36(6):1721–1726.

BARKAT, M. 2005. Signal Detection and Estimation, Artech House Pres, Boston, 692 p.

BENAVIDES, J. M., R. H. WEBB 2005. Optical Characterisation of Ultrabright LEDs. *Journal of the Optical Society of America*, 44(19):4000-4003.

BENNAMOUN, M., A. BODNAROVA 1998. Automatic Visual Inspection and Flaw Detection in Textile Materials: Past, Present and Future. *IEEE*, 78(3):4340-4343.

BHUVENESH C. G., R. D. ANANDJIWALA, D. M. HALL 2004. Textile Sizing. Marcel Dekker Inc., New York. 408 p.

BU, H., L. LI, X. HUANG, 2004. A Review of the Application of Computer Vision to the Inspection and Assessment of Textiles Apparent Properties. China, Hong-Kong, *Journal of Donghua University*, 21(3):148-152.

BUENO, M. A., B. DURAND, M. RENNER 1999. Optical Characterization of the State of Fabric Surfaces. *Journal of Optical Engineering*, 39(6):1697-1703.

- CARVALHO, F. R., M. S. SILVA, C. P. MORGADO. 1983. The Configuration of a Textile Yarn in the Frequency Space: A Method of Measurement of Hairiness, *Journal of the Textile Institute*, 83(4):161-167.
- CARVALHO, V., J. PINTO, J. MONTEIRO, R. M. VASCONCELOS, F. O. SOARES 2003. On-line Measurement of Yarn Evenness. *IEEE*, 8(3):1059-1064.
- CARVALHO, V., J. MONTEIRO, R. M. VASCONCELOS, F. O. SOARES 2004. Yarn Mass Analysis with 1 mm Capacitive Sensors. *IEEE*, 4(04):633-638.
- CARVALHO, V., J. PINTO, J. MONTEIRO, R. M. VASCONCELOS, F. O. SOARES 2004. Yarn Parameterisation Based on Mass Analysis. *Sensors and Actuators A*, 2004(115):540-548.
- CASTELLINI, C., F. FRANCINI, G. LONGOBARDI, B. TRIBILLI 1996. On-Line Textile Quality Control Using Optical Fourier Transform. *Optics and Lasers in Engineering*, 44(5):19-32.
- CHAN, C., G. PANG 1999. Fabric Defect Detection by Fourier Analysis. *IEEE*, 99(7):1743-1750.
- CHAN, C., G. PANG 2000. Fabric Defect Detection by Fourier Analysis. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 36(5):1267-1276.
- CHEOL, M. P., R. K. SOOK, S. H. JEONG 2003. Development of Real-Time System for Structural Analysis of Interlaced Yarns. *Journal of the Korean Fiber Society*, 40(2):106-115.
- CORMACK, G. D., J. N. McMULLIN 1990. Enhanced Resolution and De-Aliasing Techniques for Fast Fourier Transforms. *Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering*, Ottawa, Canada, 3-6 September 1990, Alberta Telecommunications Research Centre Publications, p. 1-3.
- ÇEVEN, E. K., Ö. ÖZDEMİR 2004. Influence of Chenille Yarn Manufacturing Parameters on Yarn and Upholstery Fabric Abrasion Resistance. *Textile Research Journal*, 74(6) :515-520.
- ÇEVEN, E. K., Ö. ÖZDEMİR 2006. A Study of the Basic Parameters Describing the Structure of Chenille Yarns. *Fibres&Textiles in Eastern Europe*, 14(2):24-28.
- ÇEVEN, E. K., Ö. ÖZDEMİR 2006. Evaluation of Chenille Yarn Abrasion Behavior with Abrasion Test and Image Analysis. *Textile Research Journal*, 76(4) :315-321.
- ÇEVEN, E. K., Ö. ÖZDEMİR 2006. Şenil İpliklerde Aşınma Probleminin İncelenmesi. *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(1) :127-134.

- DORRITY, J. L., G. VACHTSEVANOS, W. JASPER 1995. Real Time Fabric Defect Detection and Control in Weaving Processes. National Textile Center Annual Report. U.S.A., p. 143-152.
- DURAND, B., L. LIU 1997. Development of an Instrument for Measuring Yarn's Structure Parameters. SPIE 2921(11):382-387.
- ESCOFET, J., R. NAVARRO, M. S. MILLAN, J. PLADELLORENS 1996. Detection of Local Defects in Textile Webs Using Gabor Filters. SPIE Proceedings, 2785(3):163-170.
- FRANCINI, F., G. LONGOBARDI 1989. Quality Control of Textile Yarn by Optical Filtering Technique, Optics and Lasers in Engineering, 89(10):119-126.
- GONG, R. H., R. M. WRIGHT, 2002. Fancy Yarns and Their Manufacture Applications. Woodhead Publishing, London, 151p.
- GÜNAY, M. 2005. Characterization and Quantification of Woven Fabric Irregularities Using 2-D Anisotropy Measures. Ph. D. Thesis, University of Raleigh, p.1-152.
- HAJIMOWLANA, H. 1999. In-Camera Defect Detection with Applications to Web Inspection Systems. Ph. D. Thesis, University of Windsor, Ontario, 218 p.
- HARDY, C. A., 1943. Flux Calculations in Optical Systems. Journal of the Optical Society of America, 33(2):71-74.
- HONG, X., H. QIU, Y. LI, C. LI 2002. Online Test and Fault Diagnosis of Yarn Quality Using Wavelet Analysis and FFT. Journal of Dong Hua University, 19(2):99-103.
- HUH, Y., M. W. SUH 2003. Measuring Thickness Variations in Fiber Bundles with a Flying Laser Spot Scanning Method. Textile Research Journal, 73(9): 767-773.
- IDZIK, M. 2003. Effect of Operating a Control System on Linear Density Distribution of a Fibre Stream. Fibres&Textiles in Eastern Europe, 11(1):75-79.
- JACKSON M., M. ACAR, L. Y. SIONG, D. WHITBY 1995. A Vision Based Yarn Scanning System. Elsevier Science, Great Britain, Mechatronics, 5(2):133-146.
- JIAN, W., Y. LI 1988. Evaluation of Yarn Regularity Using Computer Vision. IEEE, 88(6), 854-856.
- JOOYONG, K., W. J. JASPER, M. W. SUH, J. L. WOO 2000. Effect of Measurement Principle and Measuring Field on Uniformity Measures of Spun Yarns. Textile Research Journal, 70(7):584-587.
- JUN, M., N. A. KOROBOV 2005. The Calculation Method for Spectrogram and Variance-Length Curve of Yarn Based on Multiresolution Analysis. Proceedings of the

Sixth International Conference on Parallel and Distributed Computing, Applications and Technologies. U.S.A., IEEE, 2(05).

KANG T. J., S. H. CHOI, S. M. KIM 2001. Automatic Structure Analysis and Objective Evaluation of Woven Fabric Using Image Analysis. *Textile Research Journal*, 71(3):261-270.

KARRIS, S. T. 2003. *Signals and Systems with MATLAB Applications*. Orchard Publications, California, 598 p.

KIM, J. 1998. On-Line Measurement and Characterization of Yarn and Fabric Qualities Using a Wavelet Stochastic Hybrid Method. Ph. D. Thesis, North Carolina State University, U.S.A, 174 p.

KIRTAY, E., A. KÖSE 1988. İplik İşletmelerinde Üretim Kalitesinin Kontrolünde Bilgisayar Kullanımı. *Tekstil ve Makine*, 2(10):13-21.

KISAOĞLU, Ö. 2004. Kumaş Kalite Kontrol Sistemleri. *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(2):233-241.

KUMAR, A., G. PANG 2002. Defect Detection in Textured Materials Using Gabor Filters. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 38(2):425-440.

LEACH, D. F., 1962 A Statistical Analyser for Random Waveforms and its Application to Yarn Mass Analysis. *Journal of Scientific Instruments*, 39(1):287-291.

LIU, J., I. YAMAMURA 2004. Discussing Reflecting Model of Yarn. Emerald Group Publishing, *International Journal of Clothing Science and Technology*, 18(2):129-141.

LIN, S., B. XU 2000. Evaluating Fabric Fuzziness Using Wavelet Transform. *Journal of Optical Engineering*, 39(9), 2397-2391.

MAHMOUDI, M. R., W. OXENHAM 2002. A New Electro-mechanical Method For Measuring Yarn Thickness. *Autex Research Journal*, Raleigh, North Carolina, 2(1).

MAKSYMILIAN, P. 1987. Optical Fourier Transforms of Birefringent Fibres. *Journal of Modern Optics*, 34(11):1451-1470.

MATTHEW, J. A., J. L. SMITH. 1953. New Methods for Detecting Yarn Faults During Winding. *Journal of the Textile Institute*, 53(44):77-89.

MCINTRYE, J.E. ve P.N. DANIELS. 1995. *Textile Terms and Definitions*. The Textile Terms and Definitions Committee, Biddles Limited, 10 th Edition, Manchester, U.K., p. 121-123.

MEADWELL, E. S. 2004. An Exploration of Fancy Yarn Creation. Masters Thesis, Graduate Faculty of North Carolina State University, Raleigh, USA. 183 s.

MILLAN, M. S., J. ESCOFET 2004. Fabric Inspection by Near-Infrared Machine Vision. *Optics Letters*, 29(13): 1440-1442.

MILLMAN, M., M. ACAR, M. R. JACKSON 2001. Computer Vision for Textured Yarn Interlace (nip) Measurements at High Speeds. Elsevier Science, *Mechatronics*, 2001(11):1025-1038.

MOGAHZY, Y. E., R. BROUGHTON, W. OXENHAM, B. S. GUPTA, M. E. YÜKSEKKAYA 1999. Development of Characterization Methodologies of Fiber Surface Characteristics: Surface/Process Analysis. National Textile Center Annual Report, p. 1-8.

MONTEIRO, J. L., C. A. COUTO 1995. Pulse Frequency Calculation and Estimation in Yarn Evenness Analysis. *IEEE*, 95(9):985-989.

MUKHOPADHYAY A., I. C. SHARMA, K. DASGUPTA 2002. Optical Analysis Classimat Faults. *Textile Research Journal*, 72(2):178-181.

MUSAYEV, E. 1999. Optoelektronik Devreler ve Sistemler. Birsen Yayınevi, İstanbul, 286 s.

MUSAYEV, E., İ. SÜLE 2002. Chenille İpliğinin Bozukluklarının Sınıflandırılması ve Optik İşaretlere Dönüştürülmesi. 10. Sinyal İşleme ve İletişim Kurultayı, Denizli, 16-18 Mayıs 2002, *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(5):127-134.

MUSAYEV, E. 2003. Açık Optik Kanallı Optoelektronik Işın Verici-Fotoalıcı Sisteminin Yeni Uygulamaları. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 8(1):1-9.

MUSAYEV, E. 2004. An Optoelectronic Defect Detection Method and System Insensitive to Yarn Speed. *Journal of Optics*, 6(204):721-724.

MUSAYEV, E. 2004. Led Işığının Homojenliğinin Araştırılması. ELECO 2004 Elektrik- Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, Bursa, 08-12 Aralık 2004.

NICODEMUS, F. E., H. J. KOSTKOWSKI, A. T. HATTENBURG 1976. Self-Study Manual on Optical Radiation Measurements: Part I- Concepts, Chapter 1-3. F, E. Nicodemus (Editor), Optical Physics Division Institute for Basic Standards National Bureau of Standards, Washington, 91p.

OHTA, K., Y. HATA, C. OHTA, A. KASUYA 2000. Measuring the Appearance Diameter of Yarns Using Visual Information. *Sen'i Gakkaishi*, 56(11):518-523.

ONIONS, W. J., M. YATES 1954. The Photoelectric Measurement of the Irregularity and the Hairiness of Worsted Yarn. *Journal of the Textile Institute*. 45(54): 873-885.

- OZKAYA Y. A., M. ACAR, M.R. JACKSON 2005. Digital Image Processing and Illumination Techniques for Yarn Characterization. *Journal of Electronic Imaging*, 14(2), 023001-1: 023001-13.
- PENAVA, Z., V. OREŠKOVIĆ 1997. Analysis of the Coincidence Between Thin Places and Breaking Points in a Yarn. *Journal of the Textile Institute*, 88(4):21-32.
- PINTO, J. G., J. MONTEIRO, R. M. VASCONCELOS, F. O. SOARES 2002. A New System for Direct Measurement of Yarn Mass with Imm Accuracy. *IEEE*, 9 (2):1158-1163.
- PORTILLA, C., E. P. SIMONCELLI 2000. A parametric Texture Model Based on Joint Statistics of Complex Wavelet Coefficients. 40(1):49-71.
- RALLÓ, M., Wavelet Based Techniques for Textile Inspection. *Laboratori de Processat d'Imatges, UPC, Terassa, Espana*, p.433-466.
- RYER, A. 1997. *Light Measurement Handbook*. Technical Publications Dept. International Light. U.S.A., 64 p.
- SARRAF, H., J. S. GODDARD 1996. On-Line Optical Measurement and Monitoring of Yarn Density in Woven Fabrics. *Proceeding SPIE Machine Vision Applications in Industrial Inspection*, U.S.A., May-June 1996, Oak Ridge National Laboratory Press, 2183(2):155-163.
- SCHWARZ, E. R., 1936. Optics and the Textile Industry. *Journal of the Optical Society of America*, 27(11):44-51.
- SHLYAKHTENKO, P. G. 2000. Diffraction Method of Monitoring the Bend of Threads in Textile Webs. *J. Opt. Technol.* 67 (12),1038-1042.
- SAXENA, A., J. L. DORRITY, Y. WANG 2003. Online Analysis of Textile Card Web Density. U.S.A, ASME International Mechanical Engineering Congress & Exposition, Washington D.C., 16- 21 Kasım 2003, ASME.
- SPARAVIGNA, A., E. BROGLIA, S. LUGLI 2004. Beyond Capacitive Systems with Optical Measurement For Yarn Evenness. *Mechatronics*, 14:1183-1196.
- STEPHAN, J. 2002. Efficient Sensor System for Online Contour Tracking in Textile Machinery. *Sensor Review*, 22(4):328-333.
- TESTORE, F., G. MINERO 1998. A Study of Fundemantal Parameters of Some Fancy yarns. *Journal of the Textile Institute*, 79(4):606
- TSAI, I. S., W. C. CHU 1995 a. A New Photoelectric Device for the Measurement of Yarn Diameter and Yarn Evenness PartI: Improvement of the Variance of Radiant Intensity by Using the Area-Compensation Method (ACM). *Journal of the Textile Institute*, 87(11):484-495.

TSAI, I. S., W. C. CHU 1995 b. A New Photoelectric Device for the Measurement of Yarn Diameter and Yarn Evenness PartII: Measurement of Yarn Diameter and the Effect of Shape Error Factor (SEF) on the Measurement of Yarn Evenness. Journal of the Textile Institute, 87(11):496-507.

UIGA, E. 1995. Optoelectronics. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 367 p.

VASSILIADIS S.G., C.G. PROVATIDIS 2004. Structural Characterization of Textile Fabrics Using Surface Roughness Data. International Journal of Clothing Science and Technology, 16(5):445-457.

VOBOROVA, J., A. GARG, B. NECKAR, S. IBRAHIM 2004. Yarn Properties Measurement: An Optical Approach. 2nd International Textile, Clothing and Design Conference. Dubrovnik, Hırvatistan. 3-6 October 2004, p.1-6.

XU, B., D. F. CUMINATO 1998. Evaluation of Fabric Smoothness Appearance Using A Laser Profilometer. Textile Research Journal, 68(12), 900-906.

YAMASHITA, S., S. KAWABATA 1969. Statistical Analysis of Short-Term Thickness Irregularity of Blended Yarn Caused by Drafting. Journal of the Textile Machinery Society of Japan, 22(7):152-159.

ZUECH, N. 2000. Understanding and Applying Machine Vision. Marcel Dekker Inc., New York, 405p.

<http://www.aanet.ru/isa/euroXchange>, Erişim Tarihi: 02.08.2005. Konu: Defect Identification Algorithm for Automatic Inspection of Texture Images.

<http://www.awta.com.au>, Erişim Tarihi: 22.02.2006. Konu: Fundamental Principles of Fibre Fineness Measurement, Part 7, Optical Diffraction.

<http://www.bupam.boun.edu.tr/research/textilenation.htm>, Erişim Tarihi: 01.01.2007 Konu: Defect Inspection Textile Products.

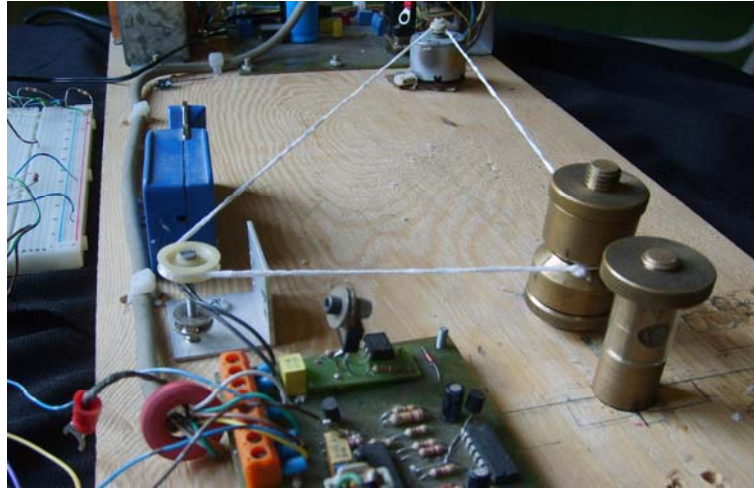
http://www.cs.ust.hk/~ajaykr/IAS_2000.pdf, Erişim Tarihi: 10.03.2007. Konu: Defect Detections in Textured Materials Using Gabor Filters.

<http://www.engmath.dal.cacoursesengm6610notesnode3.html>, Erişim Tarihi:10.10.2007 Konu: Time-Frequency Analysis.

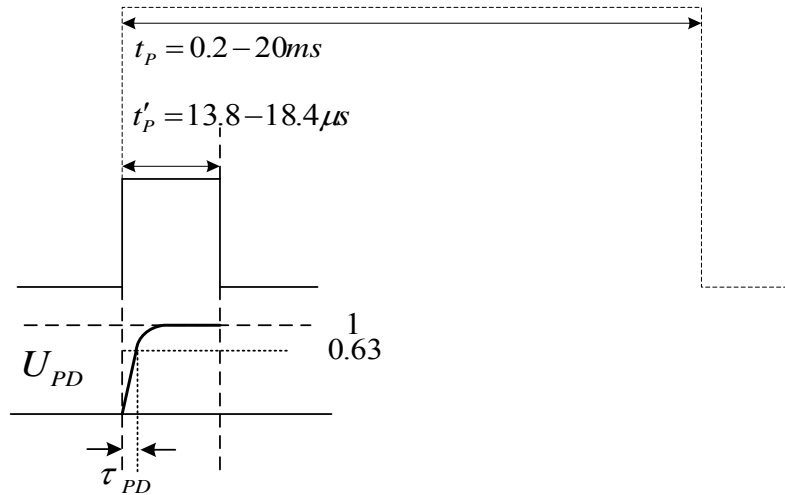
EKLER

Ek-1

Açıklama: a) Geliştirilen iplik bozukluklarını algılayan optik sistemin fotoğrafı, b) ipliğin bozuk bölgesinin oluşturduğu darbe sinyalinin süresinin fotodiyotun zaman sabiti ile karşılaştırılması, c) İpliğin bozuk bölgesi ile oluşan darbe sinyali.



a



b

Goldwave programı ile T süresince bilgisayara kaydedilen optik sinyal $f_s = 44100Hz$ örnekleme frekansı ile örneklenmiştir. Fotodiyotun yükselme süresinin, iplik bozukluğu ile oluşan darbe sinyallerini gecikme olmadan sinyale çevirecek derecede küçük olması gerekmektedir. Fotodiyotun zaman sabitinin, ipliğin bozuk

bölgesi nedeniyle ortaya çıkan darbe sinyallerinin teorik hesaplamalar ile elde edilen değerinin en az 3 veya 4 ($t_p \geq (3-4)\tau_{FA}$) katı olması fotodiyotun darbe sinyallerinin yükselmesine gecikmeden cevap vermesini sağlamaktadır.

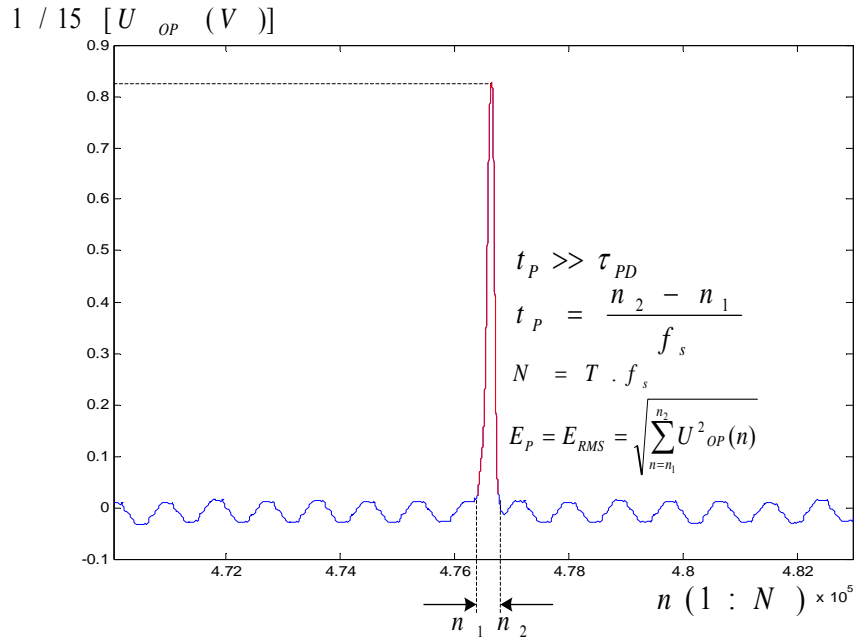
1. Fotodiyotun zaman sabiti, fotoiletken bağlantı şekli için $\tau_{PD} = 4.6\mu s$ ölçülmüştür.

2. Bu durumda ipliğin bozuk bölgesi ile oluşan darbe sinyallerinin süresi, $t'_p \geq (3-4)\tau_{PD} = 13.8-18.4\mu s$ bağlantısını sağlamalıdır.

3. $V_y = 0.58m/s$ ve $a_y=1mm$ için, $t_p=1.7241ms$ olarak hesaplanmıştır. Bu durumda $t_p / \tau_{PD} = 174.1$ olmaktadır.

4. $V_{y,max} = 5m/s$ ve $a_y=1mm$ için en düşük süreli darbe sinyali $t_{p,min}=0.2ms$ olarak hesaplanmıştır. Bu durumda $t_p / \tau_{PD} = 20$ olmaktadır.

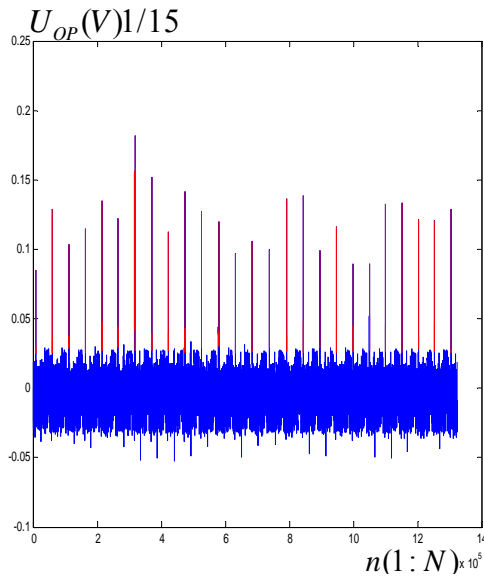
Sonuç: Fotodiyotun zaman sabitinin, ipliğin hızının her değeri için, ipliğin bozuk bölgesi ile oluşan darbe sinyallerinin süresinden çok düşük olması nedeniyle optik algılayıcı sinyalinde ipliğin bozuk bölgesi ile oluşan darbe sinyallerinin süresi, bozukluk uzunluğuna göre lineer değişmektedir ve fotodiyot tarafından gecikme olmaksızın fotosinyale dönüştürülmektedir.



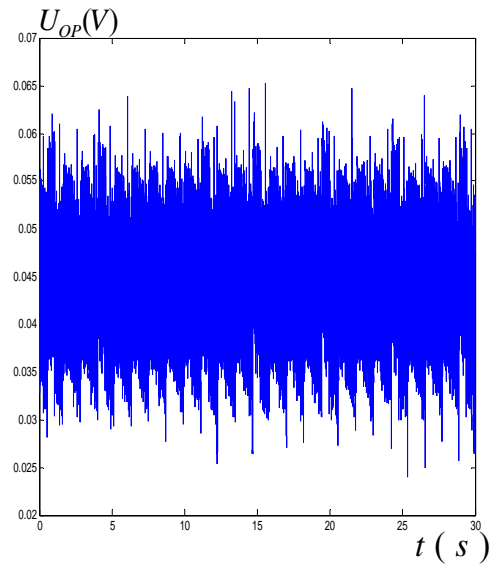
c

Ek-3

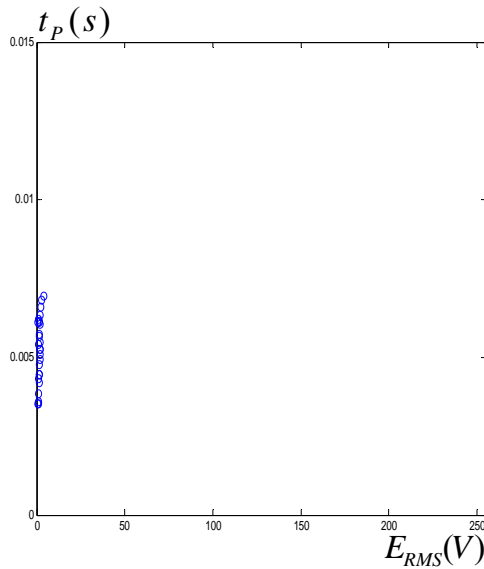
Açıklama: 0.3mm uzunluğunda bozuk bölgesi olan ipliğin, **a)** zaman sinyali, **b)** fon (gürültü) sinyali, **c)** bozukluk ile oluşan darbe işaretlerinin enerjilerinin ve sürelerinin dağılımı, **d)** bozukluk ile oluşan darbelerin enerjilerinin ortalamasının algılayıcının a_y -E eğrisi üzerindeki konumu, **e)** bozukluk darbe sinyallerinin sürelerinin ortalama değerinin algılayıcının t_p -SNR eğrisi üzerindeki konumu, **f)** bozukluk darbe sinyallerinin genliklerinin ortalama değerinin algılayıcının U_{OP} - a_y eğrisi üzerindeki konumu, **g)** bozukluk darbe sinyallerinin sürelerinin ortalama değerinin algılayıcının t_p -E eğrisi üzerindeki konumu, **h)** bozukluk darbe sinyallerinin enerjilerinin ortalama değerinin algılayıcının E-SNR eğrisi üzerindeki konumu, **i)** bozukluk darbe sinyallerinin genliklerinin ortalama değerinin algılayıcının U_{OP} -SNR eğrisi üzerindeki konumları.



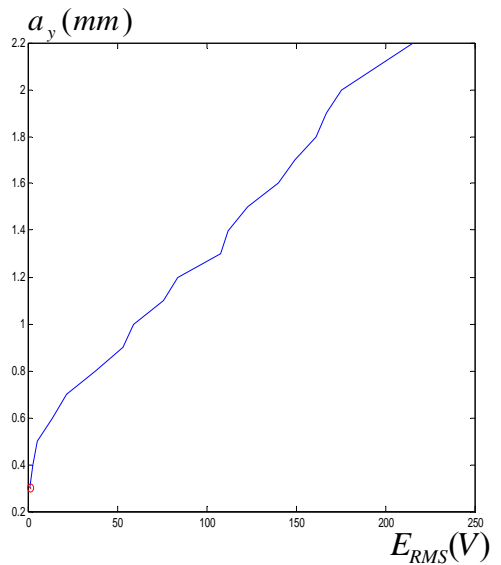
a



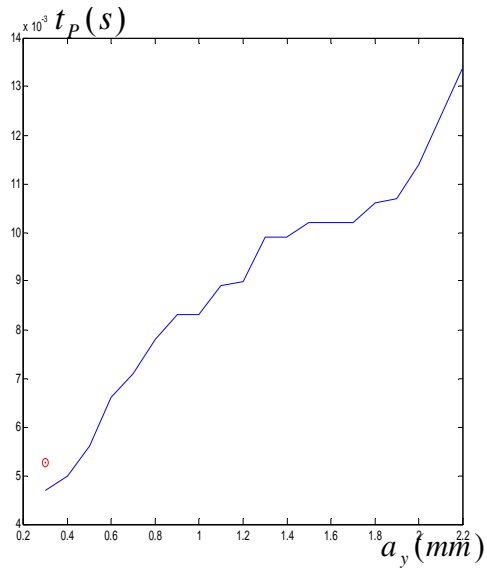
b



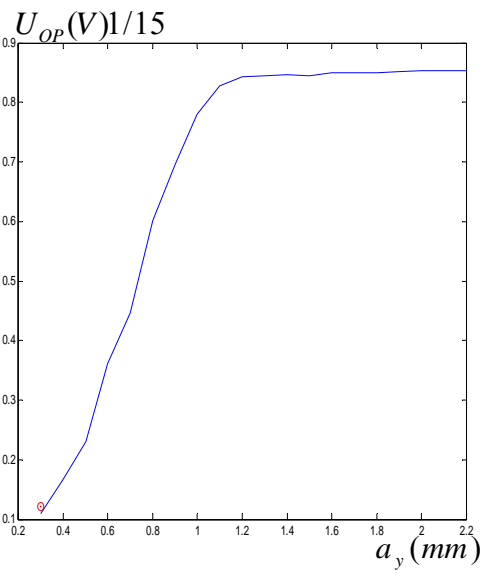
c



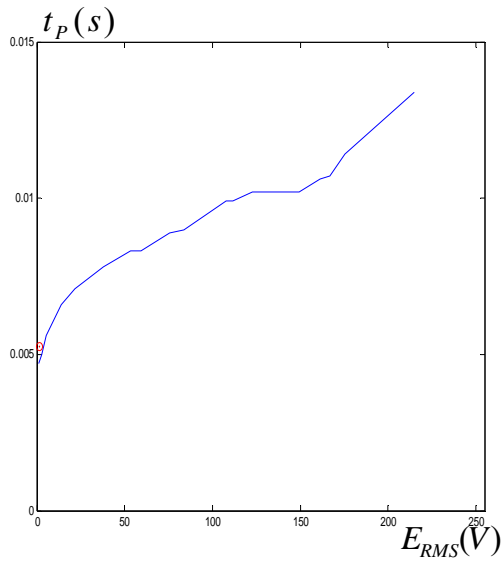
d



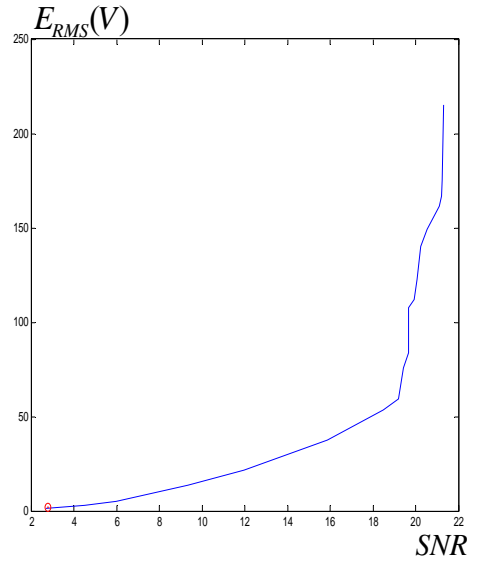
e



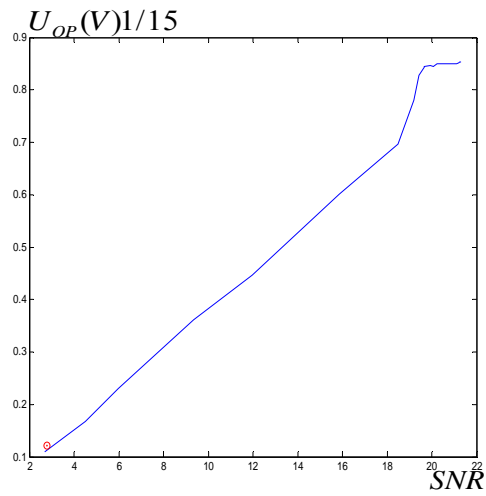
f



g



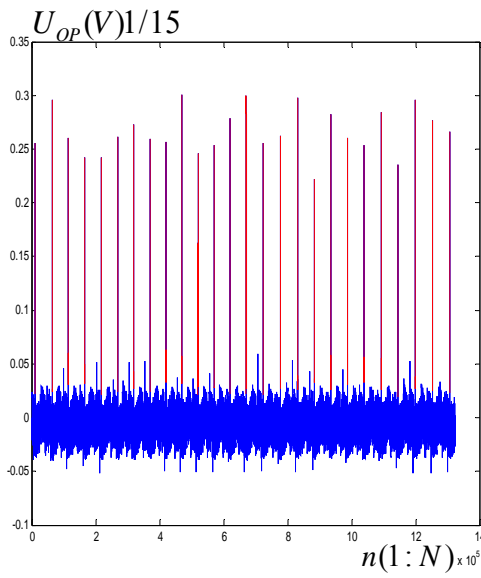
h



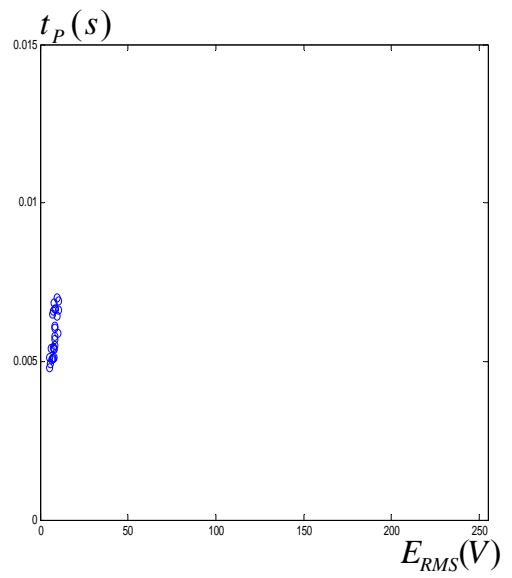
i

Ek-4

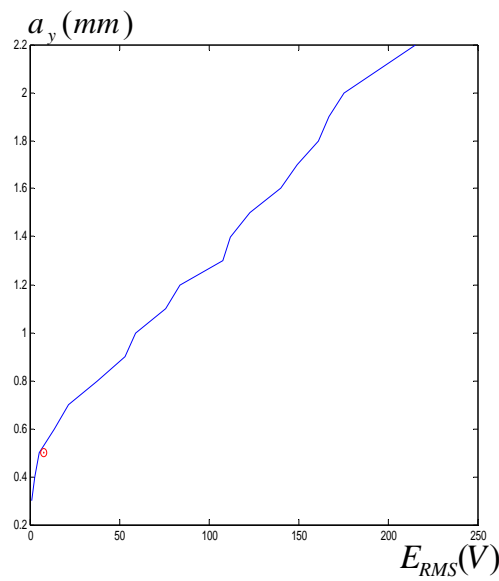
Açıklama: 0.5mm uzunluğunda bozuk bölgesi olan ipliğin, **a)** zaman sinyali, **b)** bozukluk ile oluşan darbe işaretlerinin enerjilerinin ve sürelerinin dağılımı, **c)** bozukluk ile oluşan darbelerin enerjilerinin ortalamasının algılayıcının a_y -E eğrisi üzerindeki konumu, **d)** bozukluk darbe sinyallerinin sürelerinin ortalama değerinin algılayıcının t_p -SNR eğrisi üzerindeki konumu, **e)** bozukluk darbe sinyallerinin genliklerinin ortalama değerinin algılayıcının U_{OP} - a_y eğrisi üzerindeki konumu, **f)** bozukluk darbe sinyallerinin sürelerinin ortalama değerinin algılayıcının t_p -E eğrisi üzerindeki konumu, **g)** bozukluk darbe sinyallerinin enerjilerinin ortalama değerinin algılayıcının E-SNR eğrisi üzerindeki konumu, **h)** bozukluk darbe sinyallerinin genliklerinin ortalama değerinin algılayıcının U_{OP} -SNR eğrisi üzerindeki konumları.



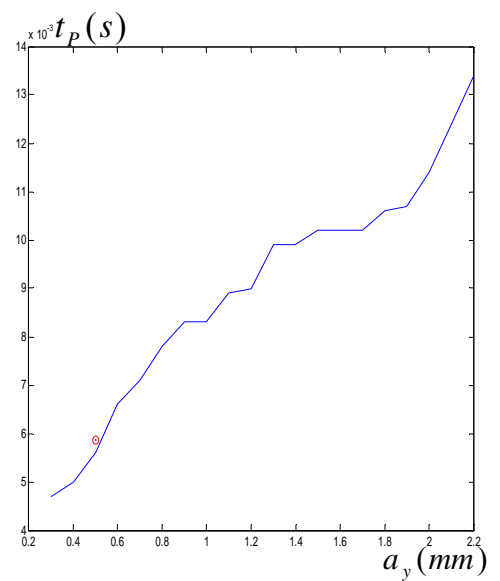
a



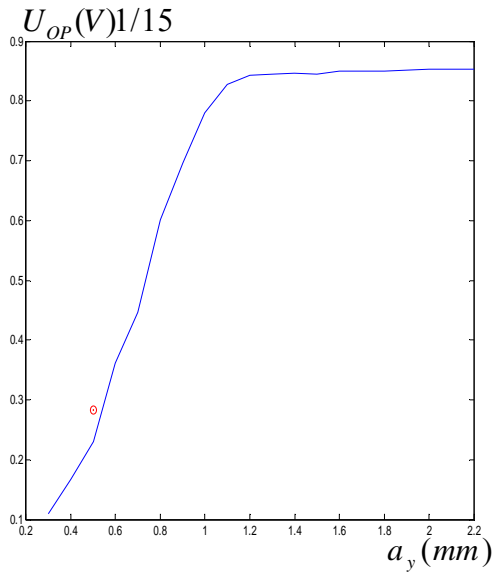
b



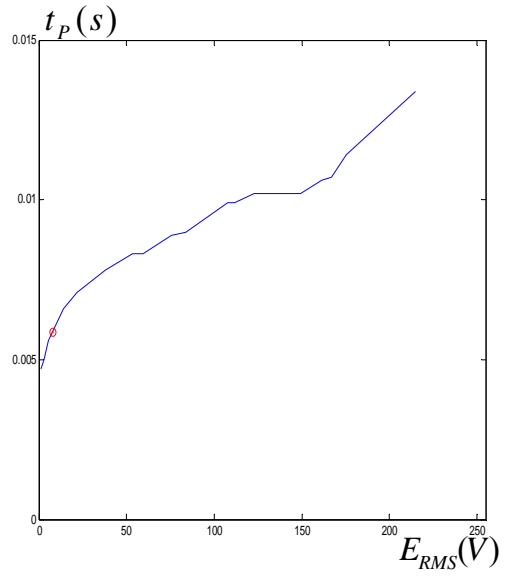
c



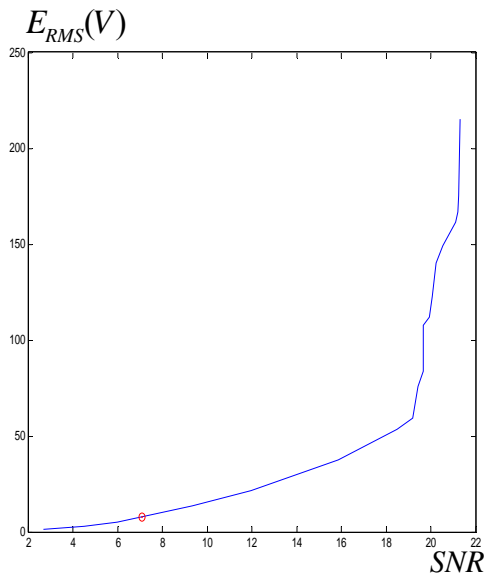
d



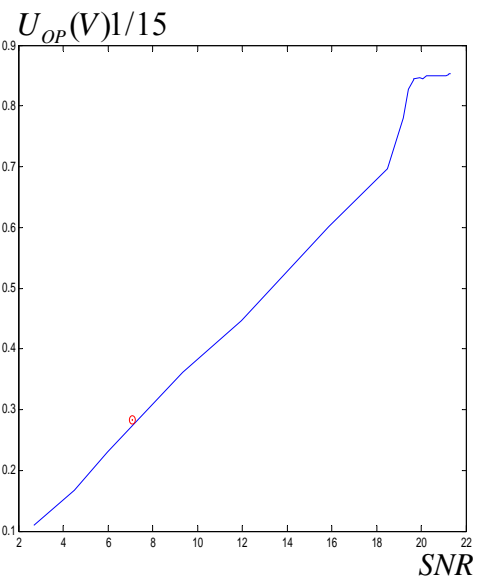
e



f



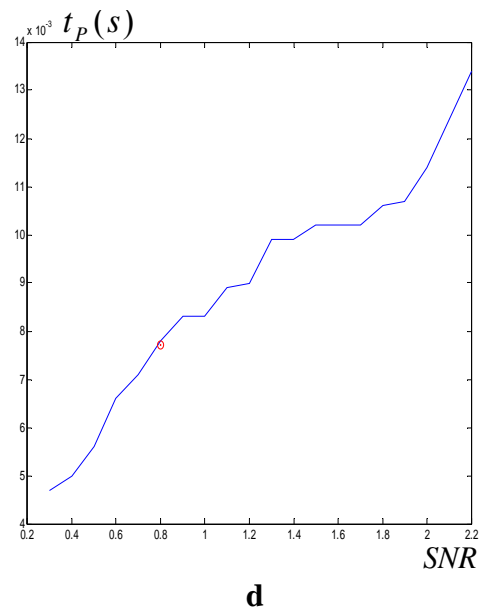
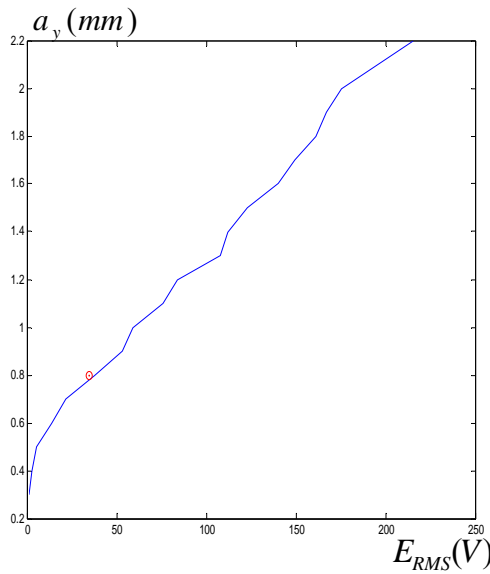
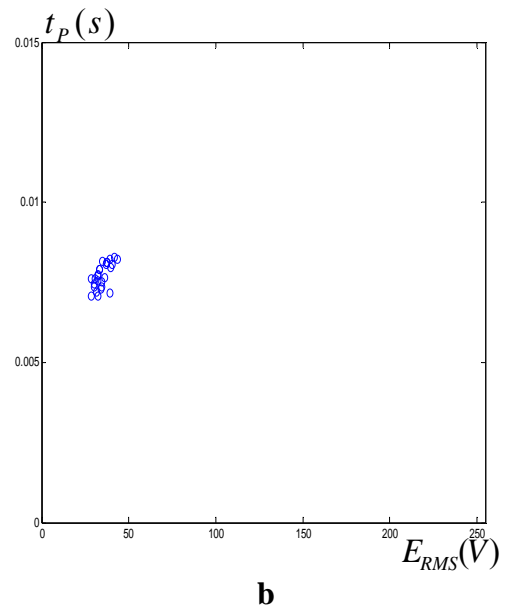
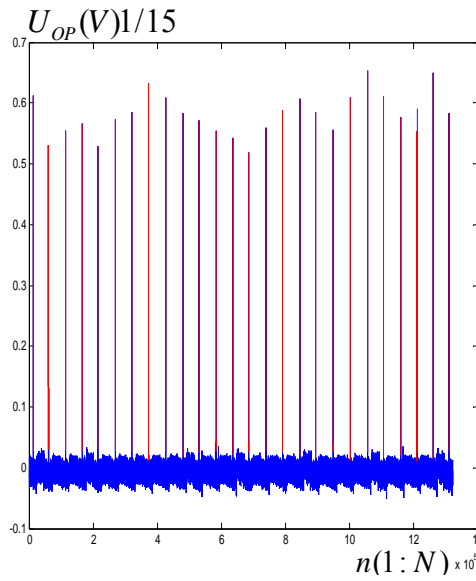
g

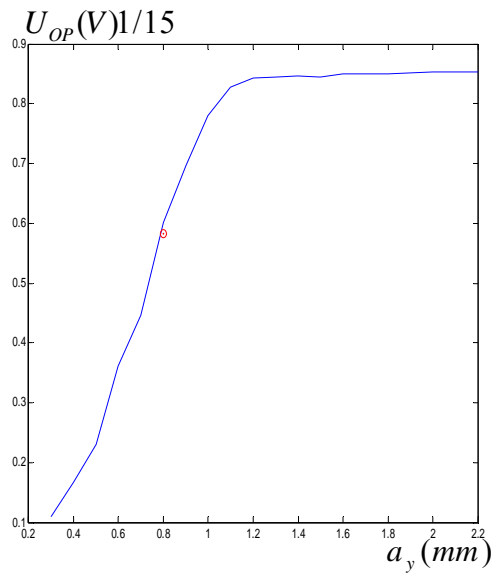


h

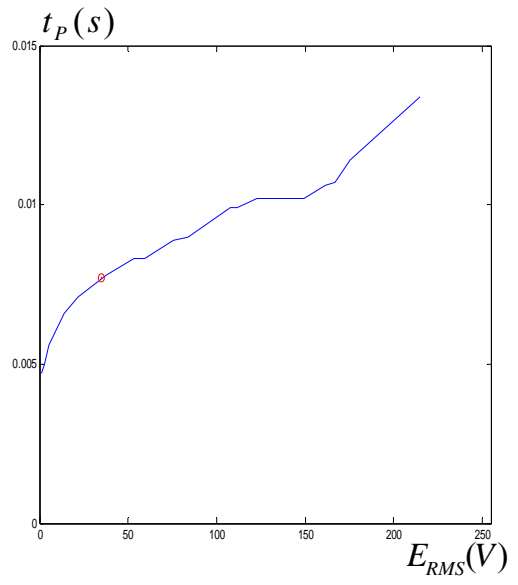
Ek-5

Açıklama: 0.8mm uzunluğunda bozuk bölgesi olan ipliğin, **a)** zaman sinyali, **b)** bozukluk ile oluşan darbe işaretlerinin enerjilerinin ve sürelerinin dağılımı, **c)** bozukluk ile oluşan darbelerin enerjilerinin ortalamasının algılayıcının a_y -E eğrisi üzerindeki konumu, **d)** bozukluk darbe sinyallerinin sürelerinin ortalama değerinin algılayıcının t_P -SNR eğrisi üzerindeki konumu, **e)** bozukluk darbe sinyallerinin genliklerinin ortalama değerinin algılayıcının U_{OP} - a_y eğrisi üzerindeki konumu, **f)** bozukluk darbe sinyallerinin sürelerinin ortalama değerinin algılayıcının t_P -E eğrisi üzerindeki konumu, **g)** bozukluk darbe sinyallerinin enerjilerinin ortalama değerinin algılayıcının E-SNR eğrisi üzerindeki konumu, **h)** bozukluk darbe sinyallerinin genliklerinin ortalama değerinin algılayıcının U_{OP} -SNR eğrisi üzerindeki konumları.

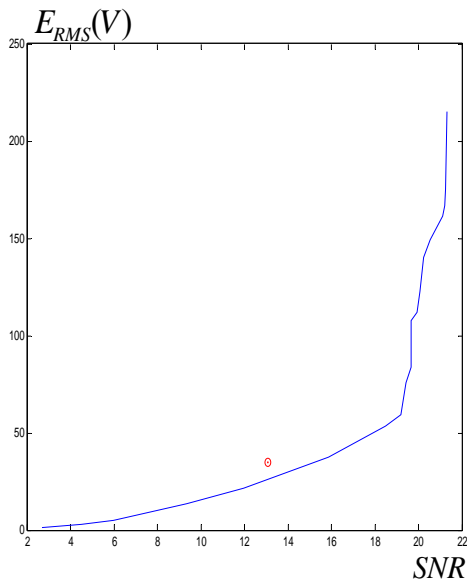




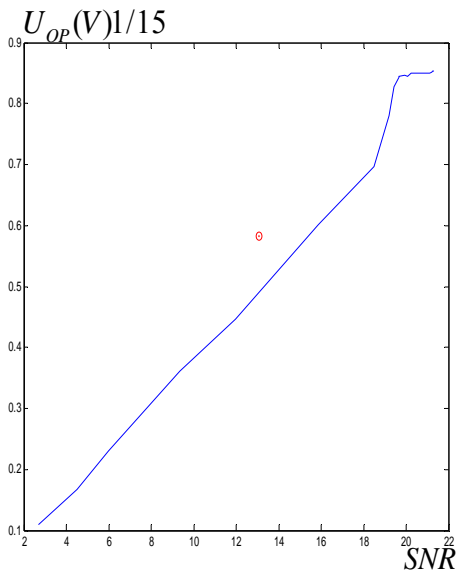
e



f



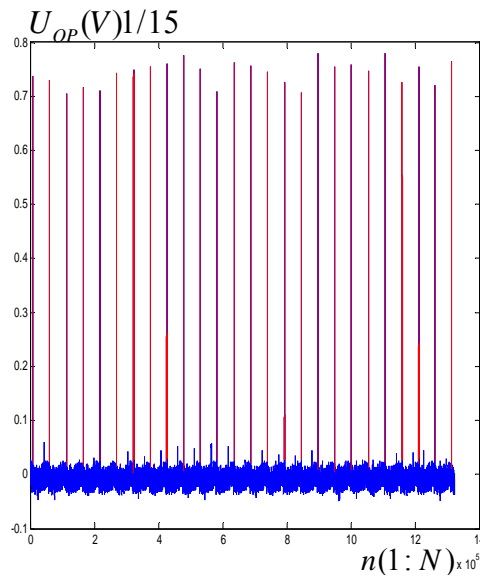
g



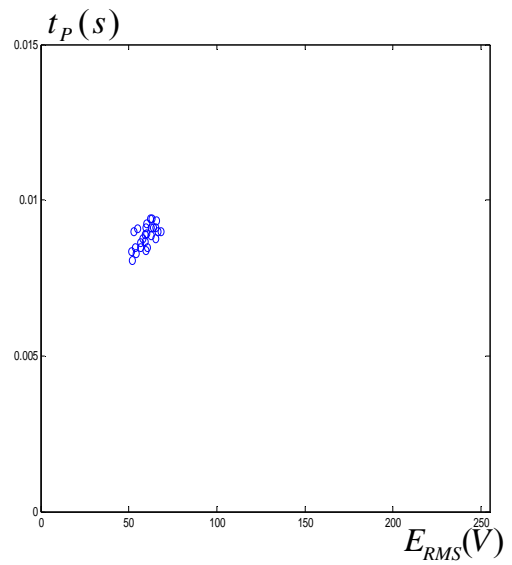
h

Ek-6

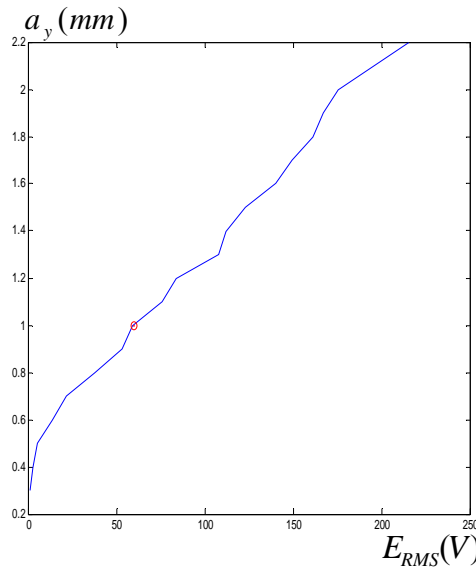
Açıklama: 1mm uzunluğunda bozuk bölgesi olan ipliğin, **a)** zaman sinyali, **b)** bozukluk ile oluşan darbe işaretlerinin enerjilerinin ve sürelerinin dağılımı, **c)** bozukluk ile oluşan darbelerin enerjilerinin ortalamasının algılayıcının a_y -E eğrisi üzerindeki konumu, **d)** bozukluk darbe sinyallerinin sürelerinin ortalama değerinin algılayıcının t_p -SNR eğrisi üzerindeki konumu, **e)** bozukluk darbe sinyallerinin genliklerinin ortalama değerinin algılayıcının U_{OP} - a_y eğrisi üzerindeki konumu, **f)** bozukluk darbe sinyallerinin sürelerinin ortalama değerinin algılayıcının t_p -E eğrisi üzerindeki konumu, **g)** bozukluk darbe sinyallerinin enerjilerinin ortalama değerinin algılayıcının E-SNR eğrisi üzerindeki konumu, **h)** bozukluk darbe sinyallerinin genliklerinin ortalama değerinin algılayıcının U_{OP} -SNR eğrisi üzerindeki konumları.



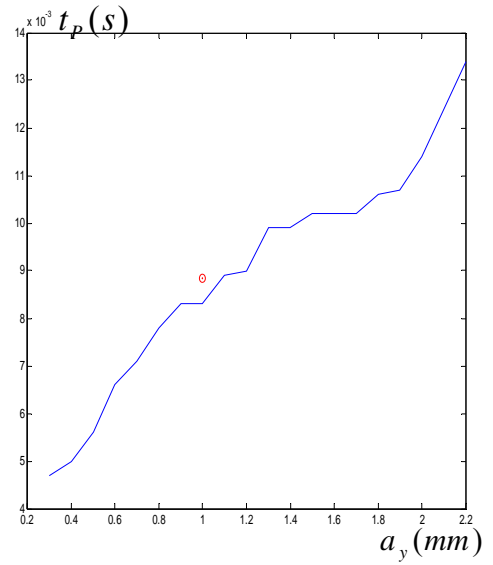
a



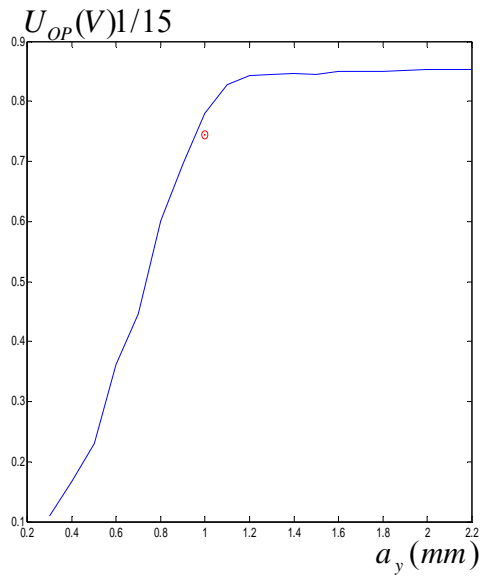
b



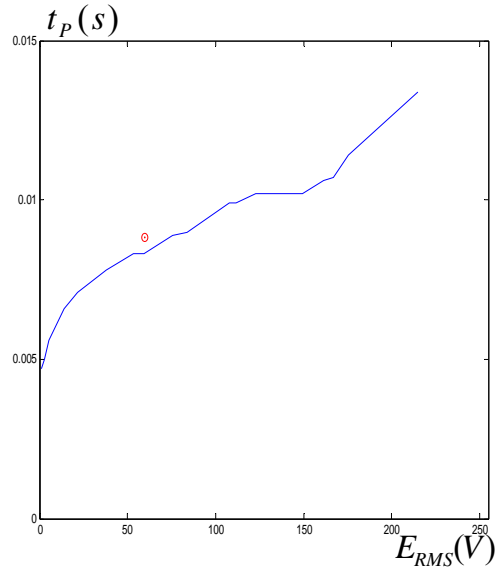
c



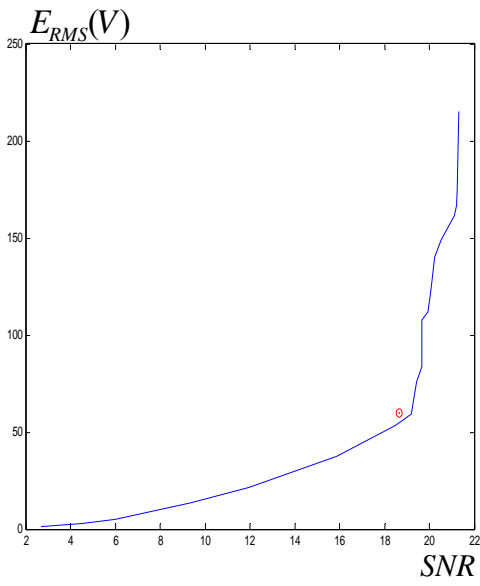
d



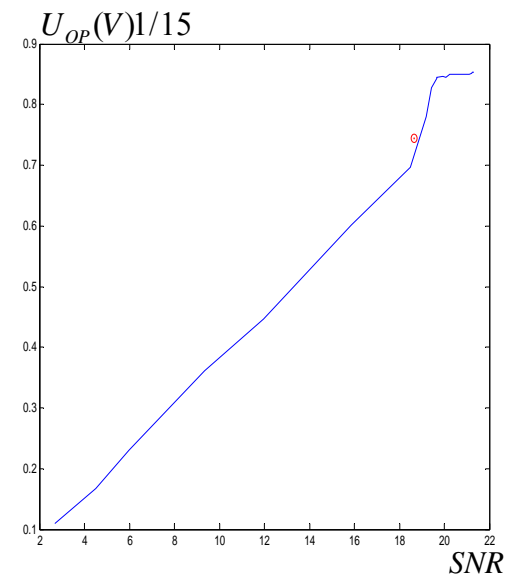
e



f



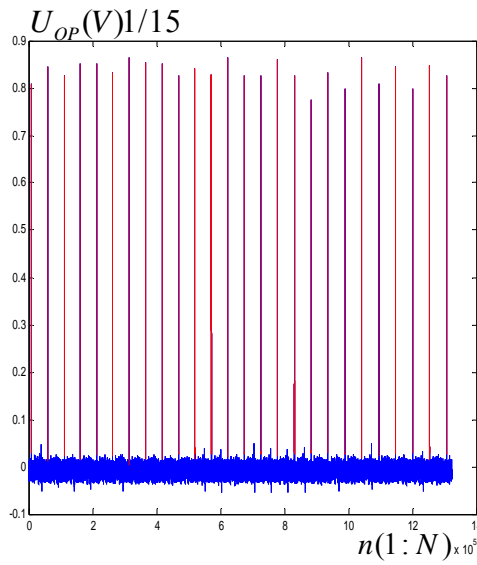
g



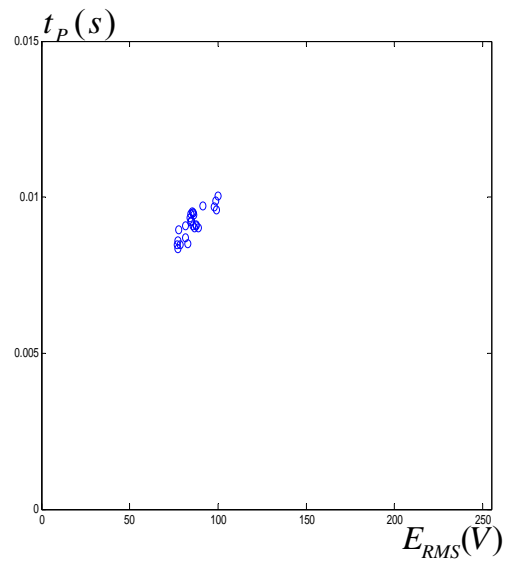
h

Ek-7

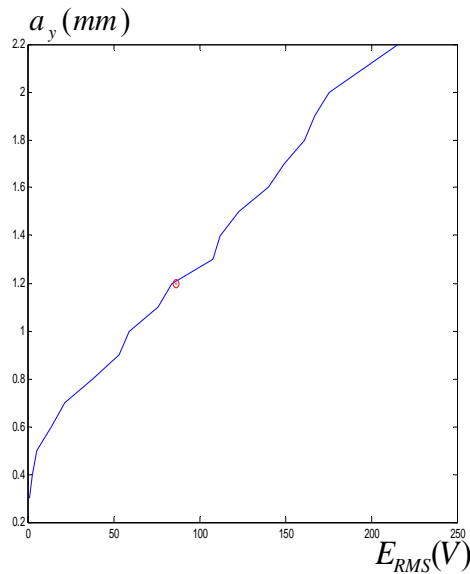
Açıklama: 1.2mm uzunluğunda bozuk bölgesi olan ipliğin, **a)** zaman sinyali, **b)** bozukluk ile oluşan darbe işaretlerinin enerjilerinin ve sürelerinin dağılımı, **c)** bozukluk ile oluşan darbelerin enerjilerinin ortalamasının algılayıcının a_y -E eğrisi üzerindeki konumu, **d)** bozukluk darbe sinyallerinin sürelerinin ortalama değerinin algılayıcının t_p -SNR eğrisi üzerindeki konumu, **e)** bozukluk darbe sinyallerinin genliklerinin ortalama değerinin algılayıcının U_{OP} - a_y eğrisi üzerindeki konumu, **f)** bozukluk darbe sinyallerinin sürelerinin ortalama değerinin algılayıcının t_p -E eğrisi üzerindeki konumu, **g)** bozukluk darbe sinyallerinin enerjilerinin ortalama değerinin algılayıcının E-SNR eğrisi üzerindeki konumu, **h)** bozukluk darbe sinyallerinin genliklerinin ortalama değerinin algılayıcının U_{OP} -SNR eğrisi üzerindeki konumları.



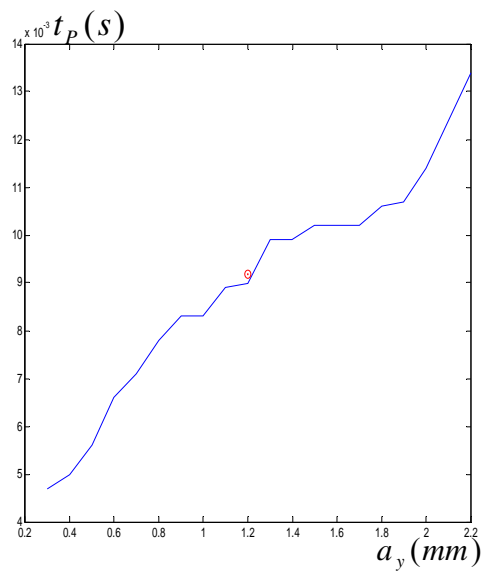
a



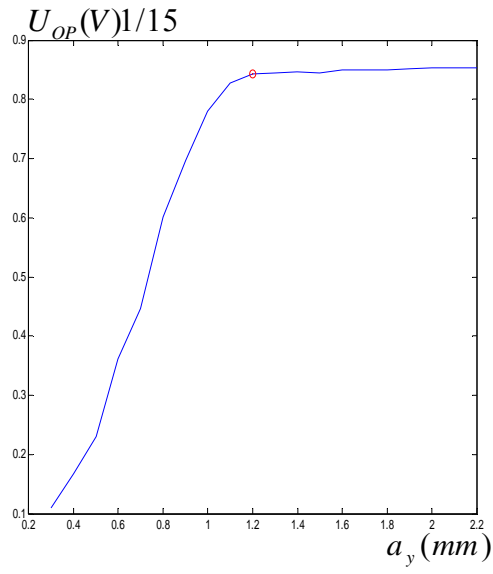
b



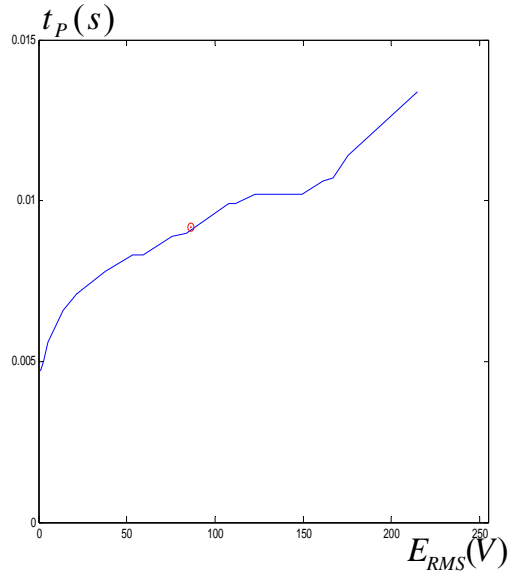
c



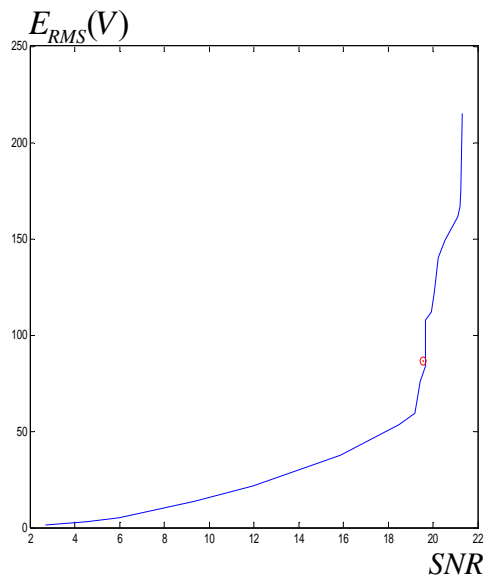
d



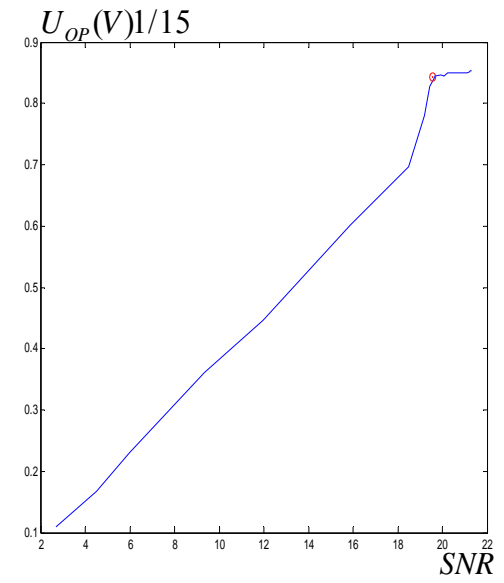
e



f



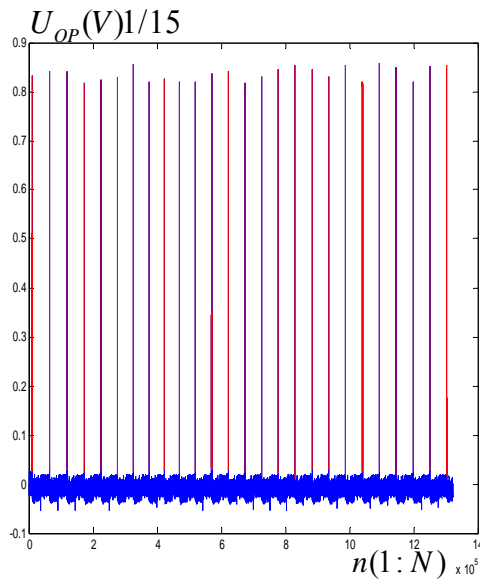
g



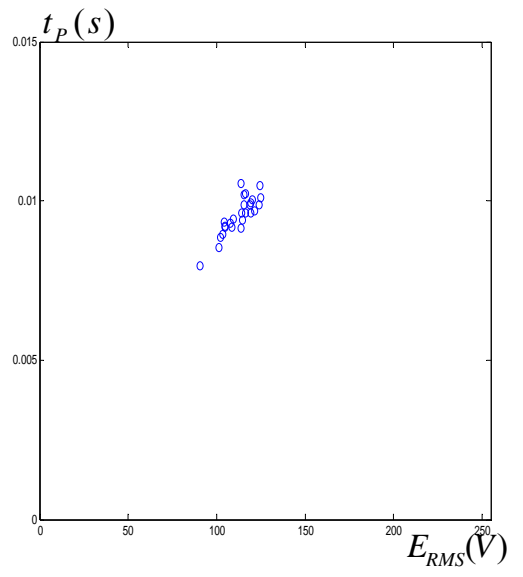
h

Ek-8

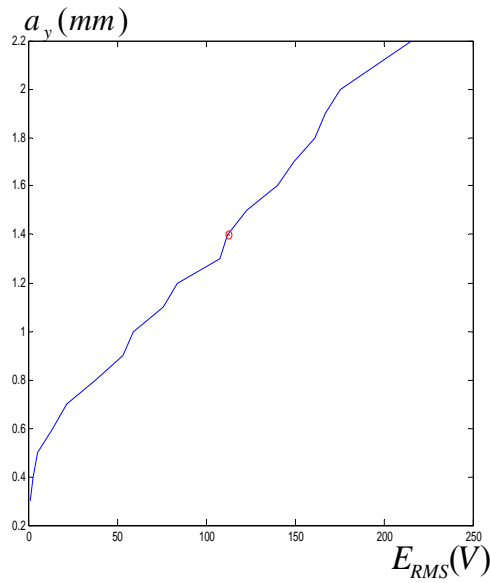
Açıklama: 1.4mm uzunluğunda bozuk bölgesi olan ipliğin, **a)** zaman sinyali, **b)** bozukluk ile oluşan darbe işaretlerinin enerjilerinin ve sürelerinin dağılımı, **c)** bozukluk ile oluşan darbelerin enerjilerinin ortalamasının algılayıcının a_y -E eğrisi üzerindeki konumu, **d)** bozukluk darbe sinyallerinin sürelerinin ortalama değerinin algılayıcının t_p -SNR eğrisi üzerindeki konumu, **e)** bozukluk darbe sinyallerinin genliklerinin ortalama değerinin algılayıcının U_{OP} - a_y eğrisi üzerindeki konumu, **f)** bozukluk darbe sinyallerinin sürelerinin ortalama değerinin algılayıcının t_p -E eğrisi üzerindeki konumu, **g)** bozukluk darbe sinyallerinin enerjilerinin ortalama değerinin algılayıcının E-SNR eğrisi üzerindeki konumu, **h)** bozukluk darbe sinyallerinin genliklerinin ortalama değerinin algılayıcının U_{OP} -SNR eğrisi üzerindeki konumları.



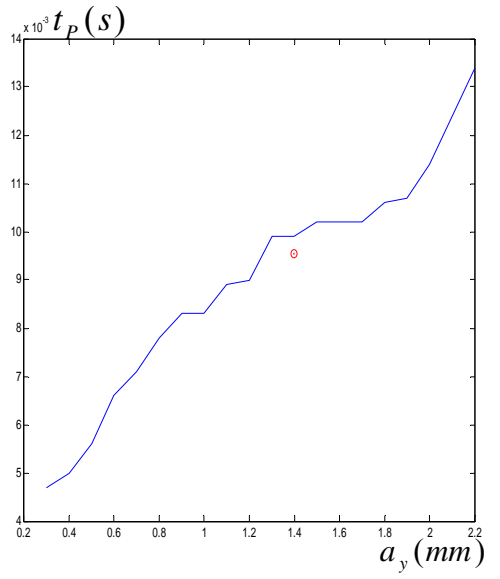
a



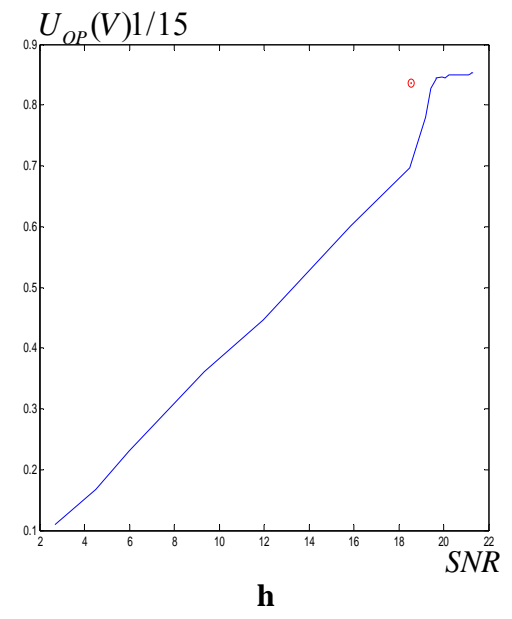
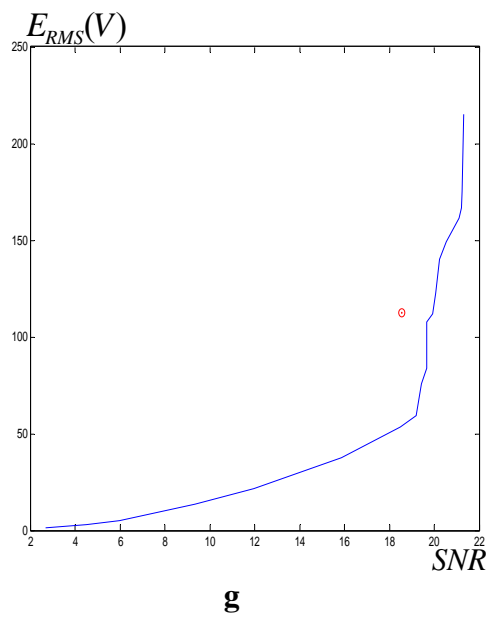
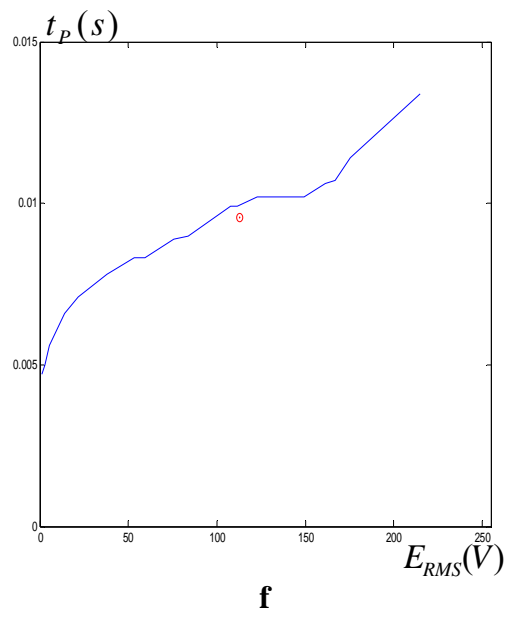
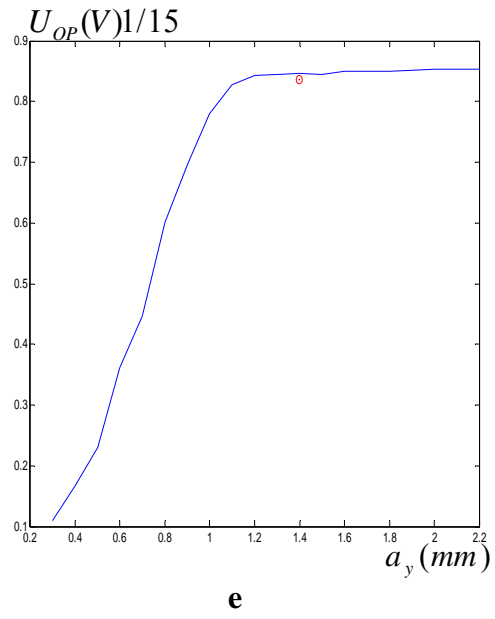
b



c

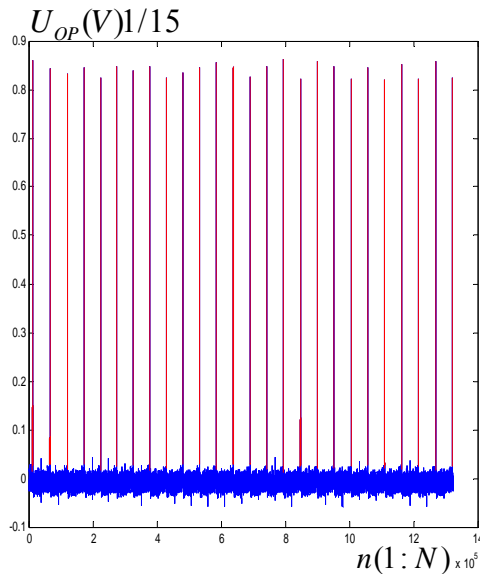


d

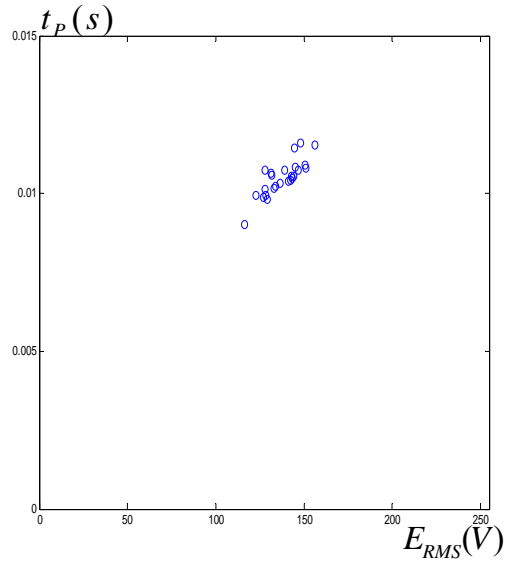


Ek-9

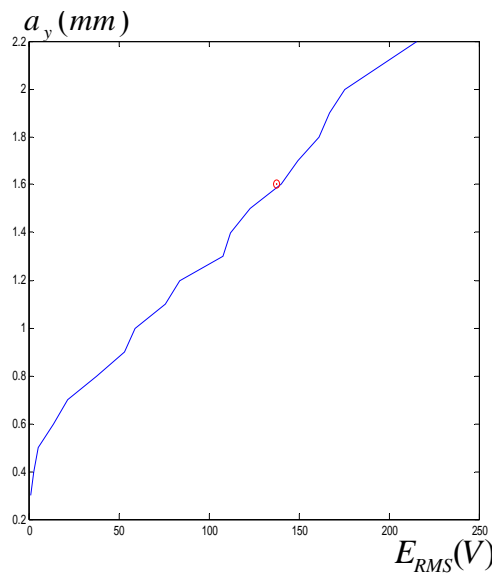
Açıklama: 1.6mm uzunluğunda bozuk bölgesi olan ipliğin, **a)** zaman sinyali, **b)** bozukluk ile oluşan darbe işaretlerinin enerjilerinin ve sürelerinin dağılımı, **c)** bozukluk ile oluşan darbelerin enerjilerinin ortalamasının algılayıcının a_y -E eğrisi üzerindeki konumu, **d)** bozukluk darbe sinyallerinin sürelerinin ortalama değerinin algılayıcının t_p -SNR eğrisi üzerindeki konumu, **e)** bozukluk darbe sinyallerinin genliklerinin ortalama değerinin algılayıcının U_{OP} - a_y eğrisi üzerindeki konumu, **f)** bozukluk darbe sinyallerinin sürelerinin ortalama değerinin algılayıcının t_p -E eğrisi üzerindeki konumu, **g)** bozukluk darbe sinyallerinin enerjilerinin ortalama değerinin algılayıcının E-SNR eğrisi üzerindeki konumu, **h)** bozukluk darbe sinyallerinin genliklerinin ortalama değerinin algılayıcının U_{OP} -SNR eğrisi üzerindeki konumları.



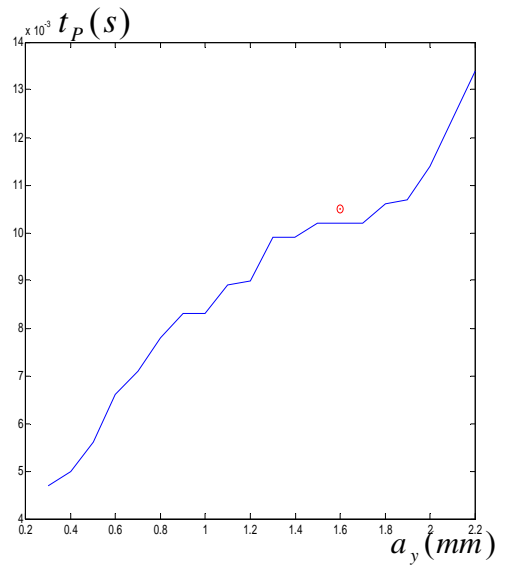
a



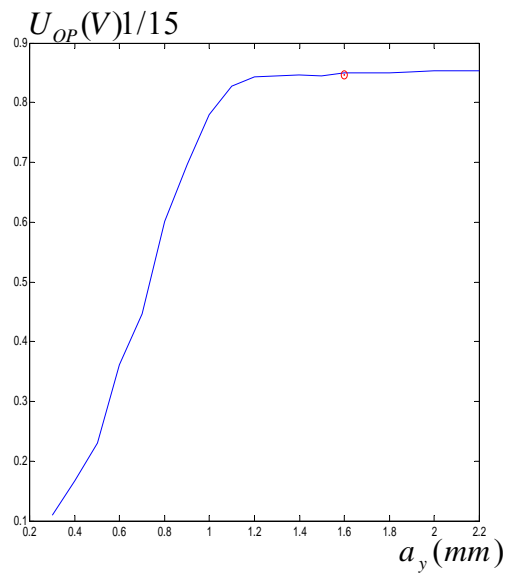
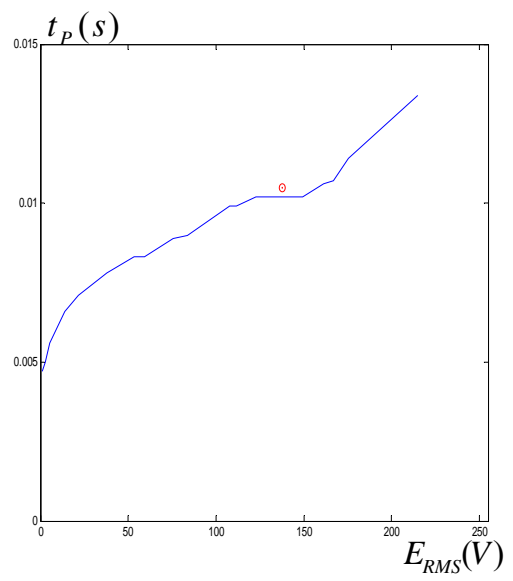
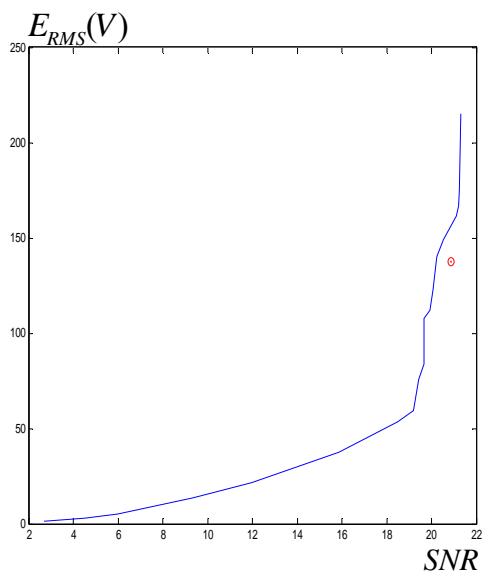
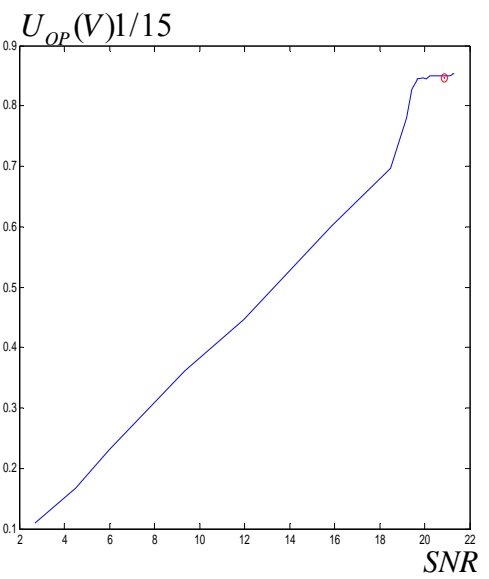
b



c

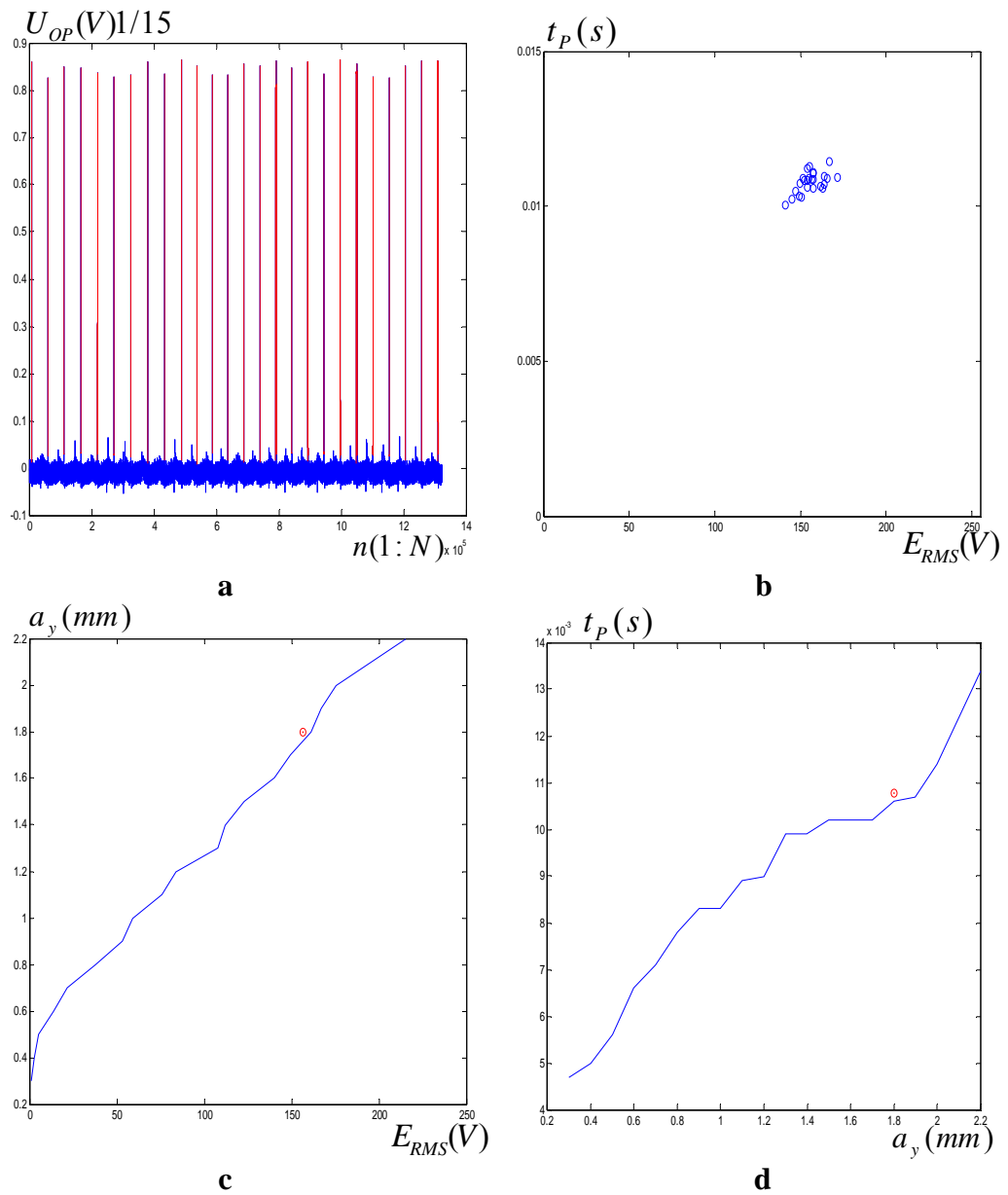


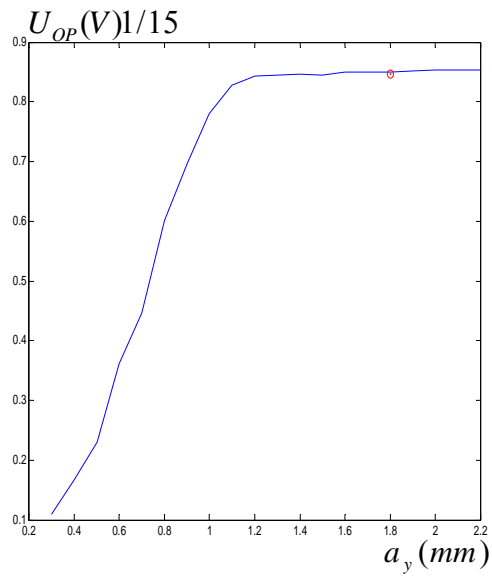
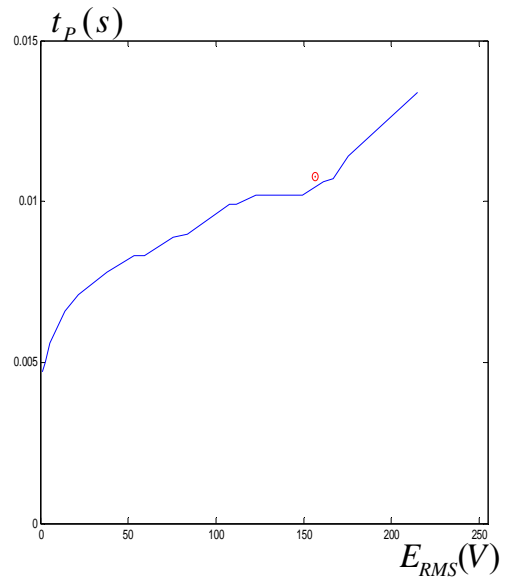
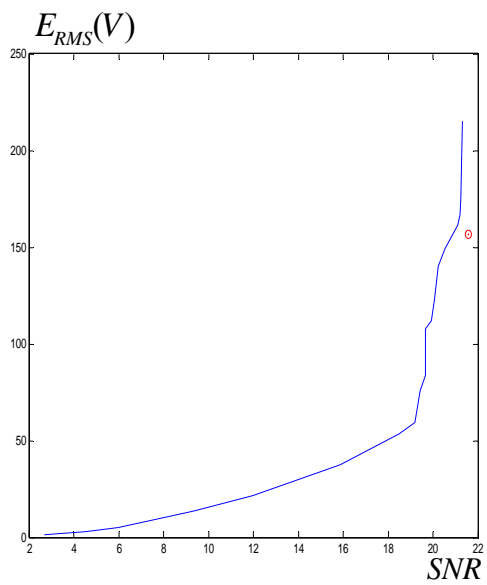
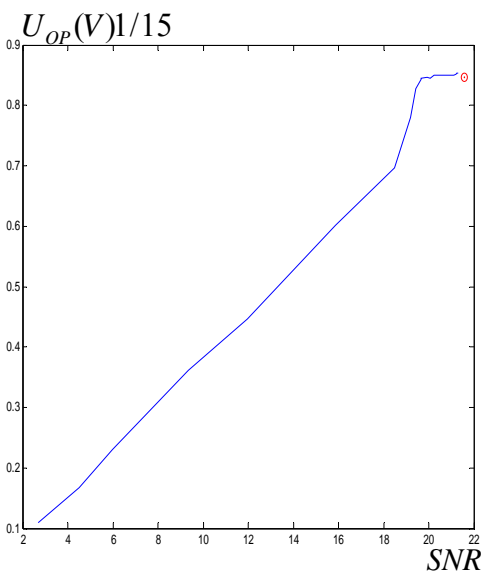
d

**e****f****g****h**

Ek-10

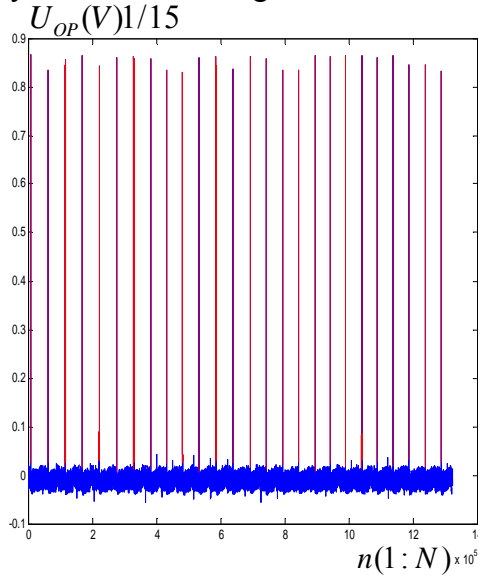
Açıklama: 1.8mm uzunluğunda bozuk bölgesi olan ipliğin, **a)** zaman sinyali, **b)** bozukluk ile oluşan darbe işaretlerinin enerjilerinin ve sürelerinin dağılımı, **c)** bozukluk ile oluşan darbelerin enerjilerinin ortalamasının algılayıcının a_y -E eğrisi üzerindeki konumu, **d)** bozukluk darbe sinyallerinin sürelerinin ortalama değerinin algılayıcının t_p -SNR eğrisi üzerindeki konumu, **e)** bozukluk darbe sinyallerinin genliklerinin ortalama değerinin algılayıcının U_{OP} - a_y eğrisi üzerindeki konumu, **f)** bozukluk darbe sinyallerinin sürelerinin ortalama değerinin algılayıcının t_p -E eğrisi üzerindeki konumu, **g)** bozukluk darbe sinyallerinin enerjilerinin ortalama değerinin algılayıcının E-SNR eğrisi üzerindeki konumu, **h)** bozukluk darbe sinyallerinin genliklerinin ortalama değerinin algılayıcının U_{OP} -SNR eğrisi üzerindeki konumları.



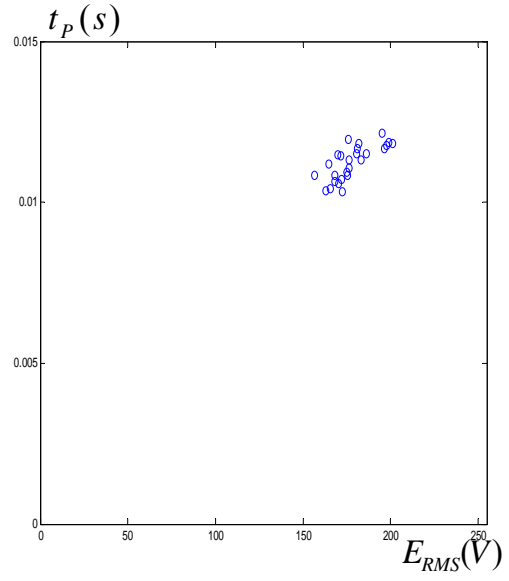
**e****f****g****h**

Ek-11

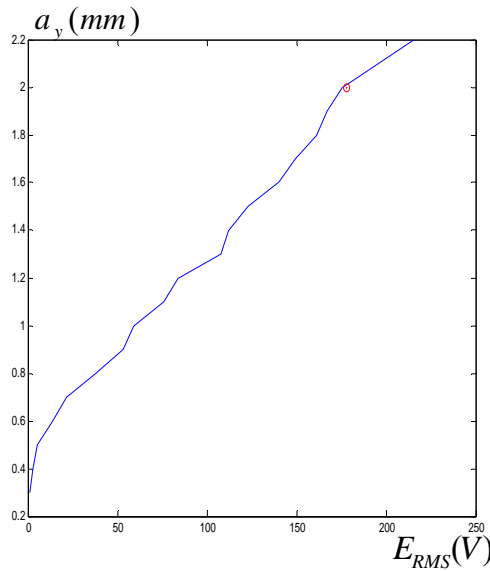
Açıklama: 2mm uzunluğunda bozuk bölgesi olan ipliğin, **a)** zaman sinyali, **b)** bozukluk ile oluşan darbe işaretlerinin enerjilerinin ve sürelerinin dağılımı, **c)** bozukluk ile oluşan darbelerin enerjilerinin ortalamasının algılayıcının a_y -E eğrisi üzerindeki konumu, **d)** bozukluk darbe sinyallerinin sürelerinin ortalama değerinin algılayıcının t_p -SNR eğrisi üzerindeki konumu, **e)** bozukluk darbe sinyallerinin genliklerinin ortalama değerinin algılayıcının U_{OP} - a_y eğrisi üzerindeki konumu, **f)** bozukluk darbe sinyallerinin sürelerinin ortalama değerinin algılayıcının t_p -E eğrisi üzerindeki konumu, **g)** bozukluk darbe sinyallerinin enerjilerinin ortalama değerinin algılayıcının E-SNR eğrisi üzerindeki konumu, **h)** bozukluk darbe sinyallerinin genliklerinin ortalama değerinin algılayıcının U_{OP} -SNR eğrisi üzerindeki konumları.



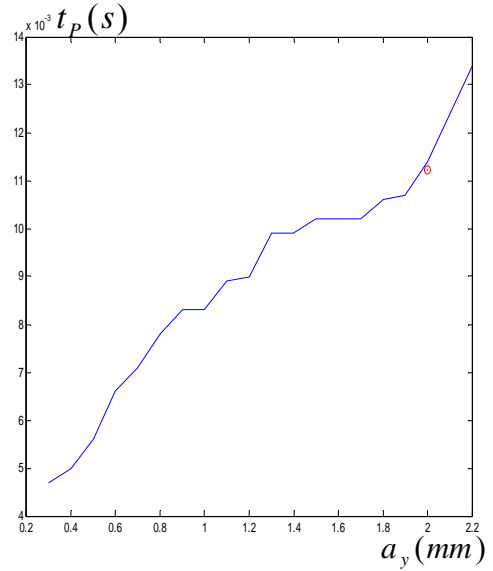
a



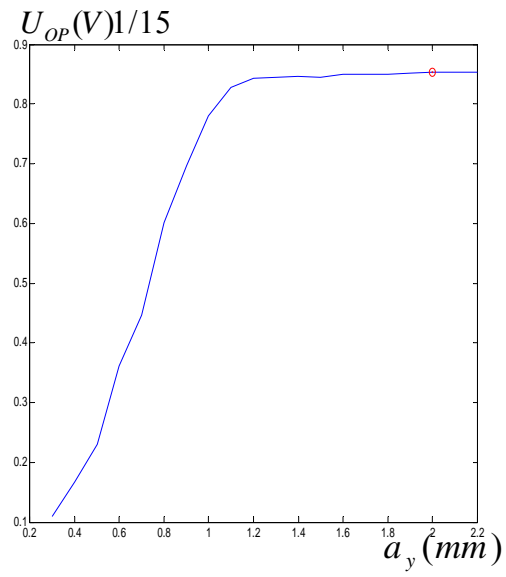
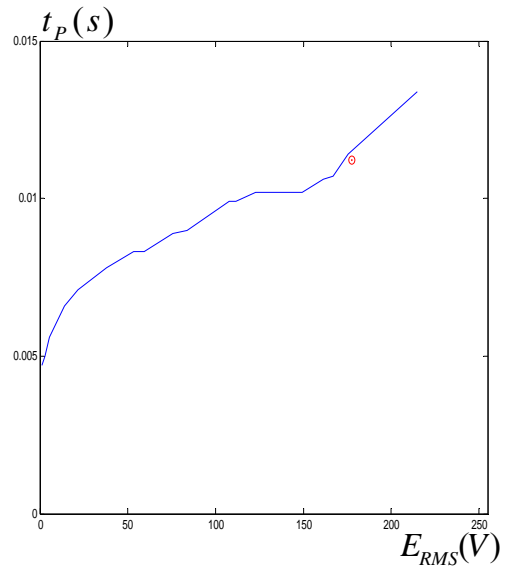
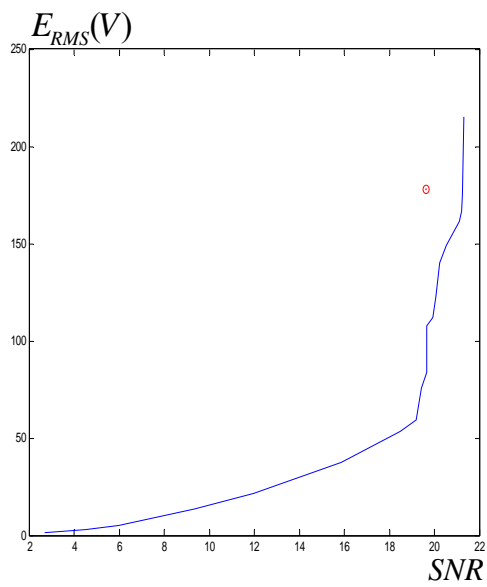
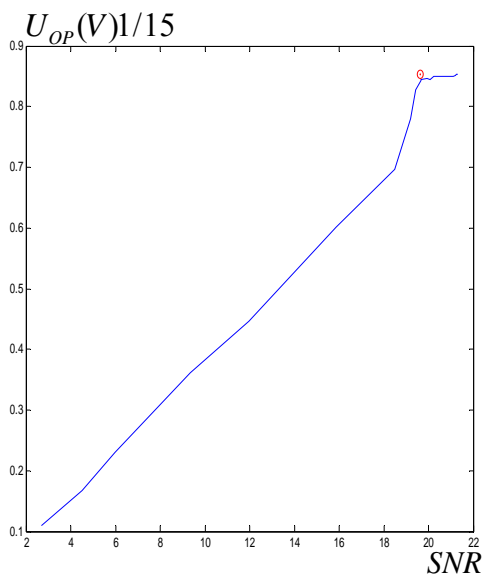
b



c

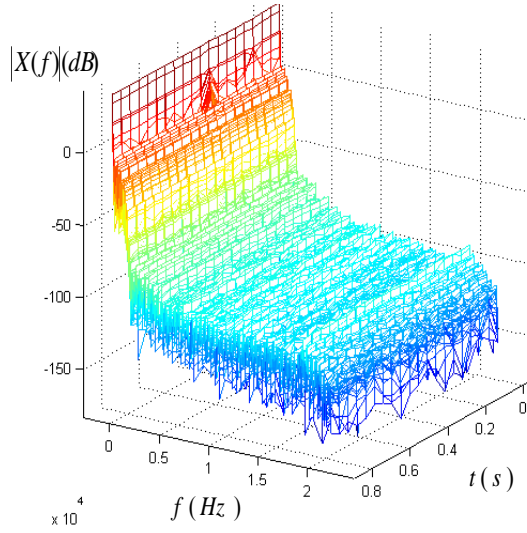


d

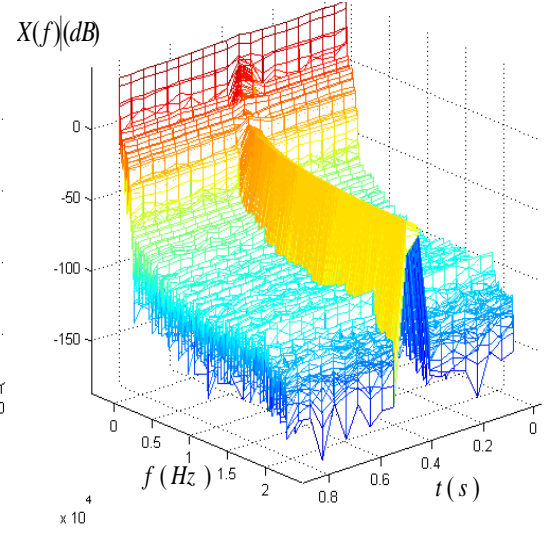
**e****f****g****h**

Ek-12

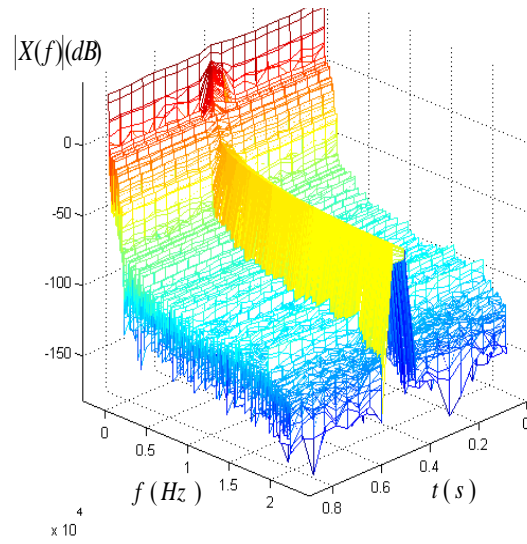
Açıklama: a) $a_y=0.3\text{mm}$, b) $a_y=0.5\text{mm}$, c) $a_y=0.8\text{mm}$, d) $a_y=1\text{mm}$, e) $a_y=1.4\text{mm}$, f) $a_y=1.6\text{mm}$, g) $a_y=1.8\text{mm}$, h) $a_y=2\text{mm}$ uzunluğunda bozuk bölgesi olan ipliğin Kısa Süreli Fourier Dönüşümü ile elde edilen frekans bileşenlerinin genliği.



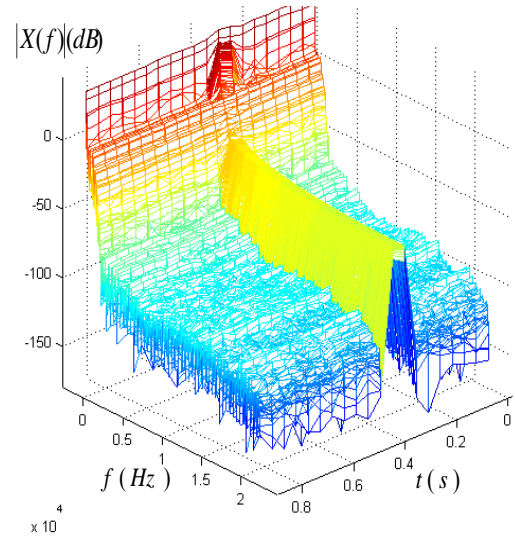
a



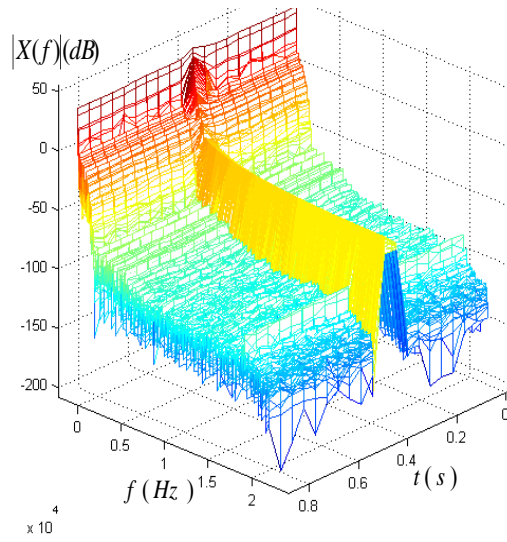
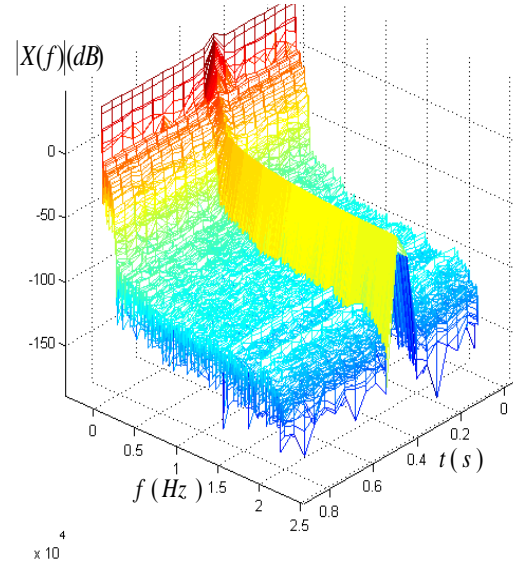
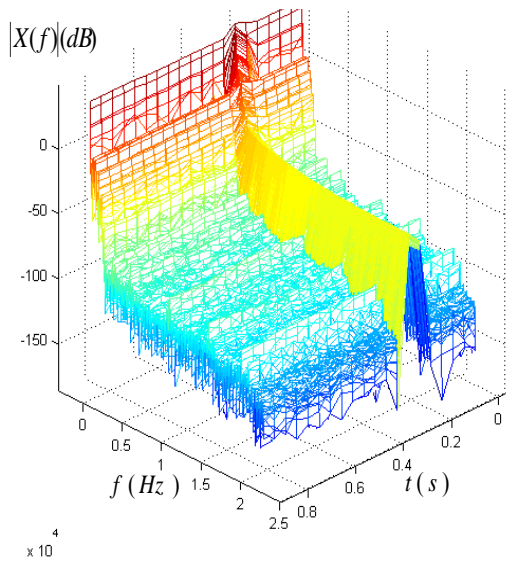
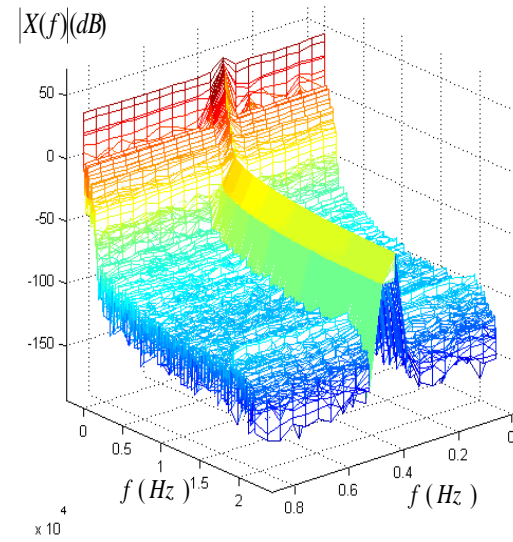
b



c

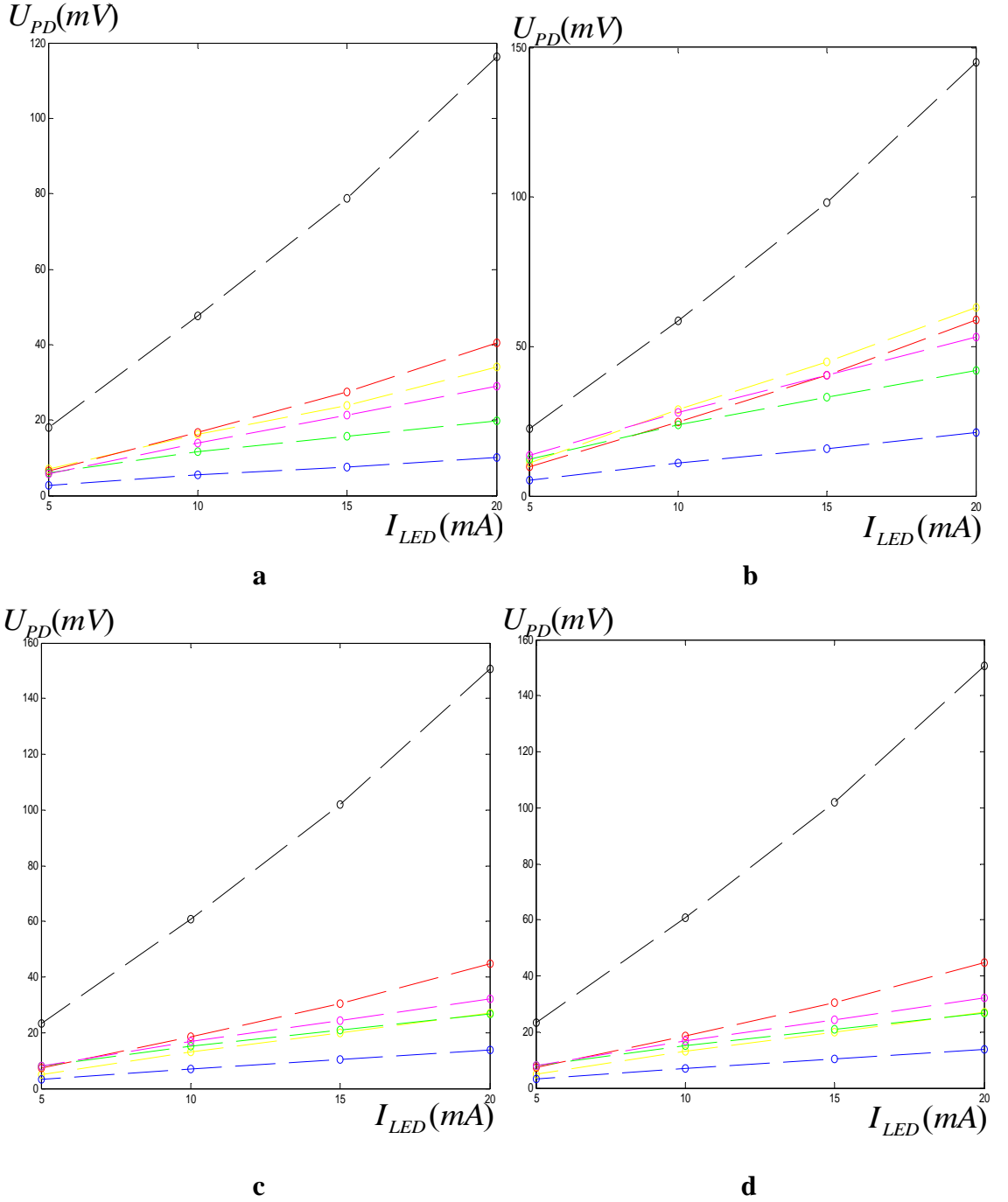


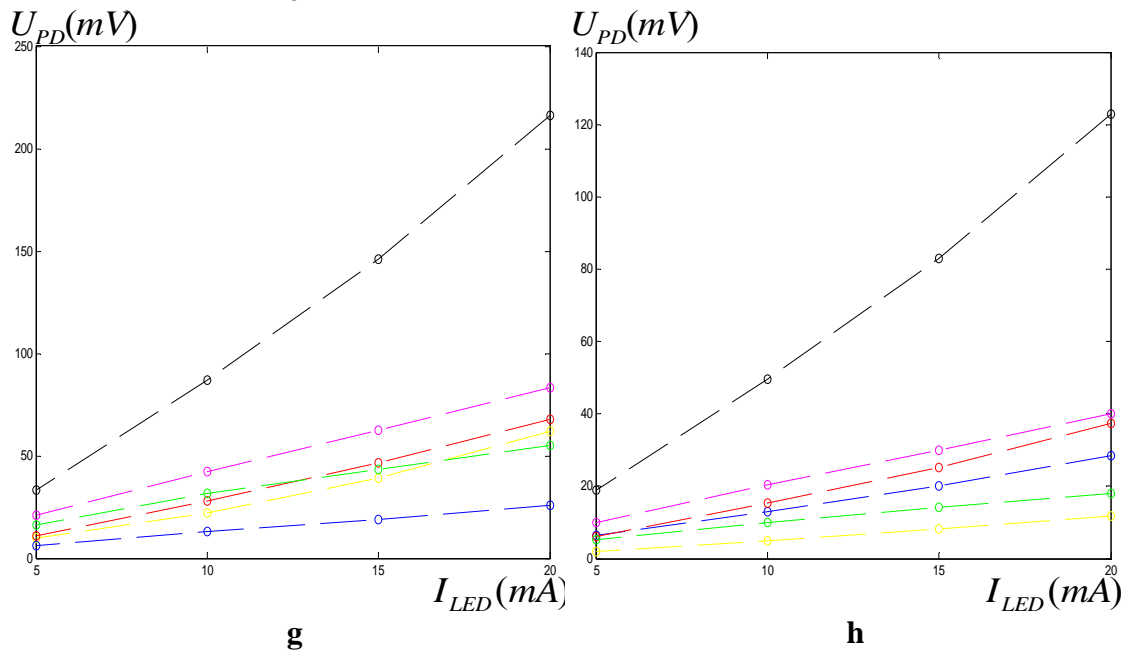
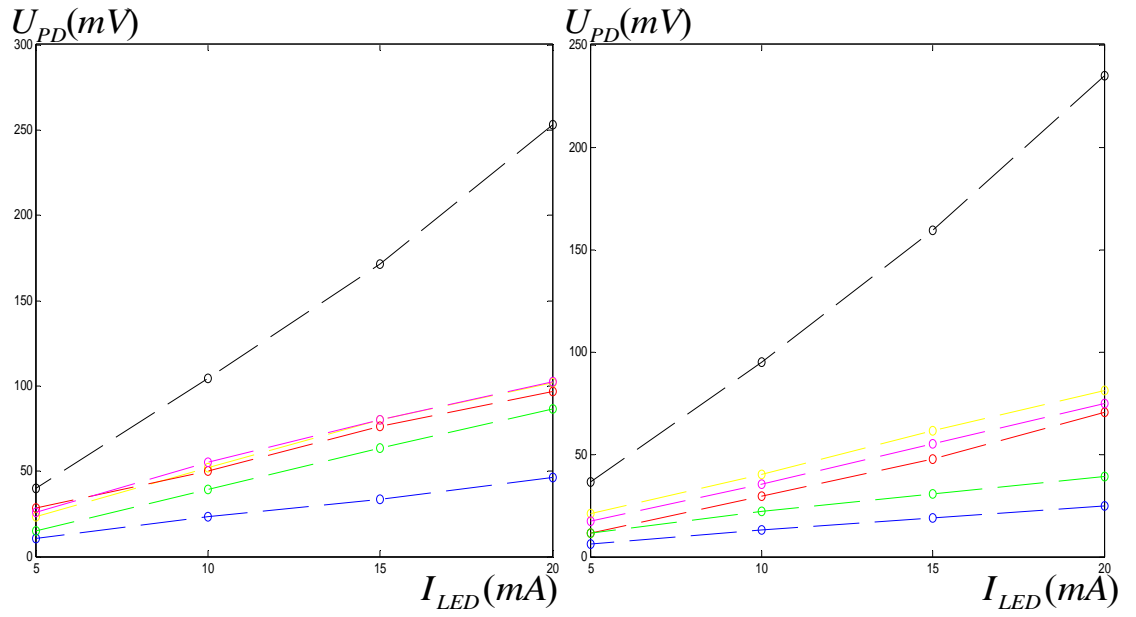
d

**e****f****g****h**

Ek-13

Açıklama: Değişik malzemelerden üretilmiş Chenille ipliklerinin yapısından geçen ışınların oluşturduğu gürültü işaretlerinin genlikleri, **a)** Pamuk (3Nm), **b)** Viskon (3Nm), **c)** Akrilik (3Nm), **d)** Polyester (3Nm), **e)** Polyester (5.5Nm), **f)** Akrilik (4.2Nm), **g)** Polyester (9Nm), **h)** Yün (5Nm) dalga boyundaki ışınların fotodiyotta oluşturacağı fon gürültülerinin iplik malzemesine göre karşılaştırıldığı grafikler (siyah 880nm, kırmızı 626nm, sarı 592nm, yeşil 523nm, beyaz 474nm, mavi 465nm dalga boyundaki ışınları göstermektedir).





Ek-14

Açıklama: Optoelektronik algılayıcı ile elde edilen iplik işaretinin MATLAB programları.

1) A. İplik işaretinin 'wav' uzantılı dosya olarak MATLAB'a tanıtılması ve bilgisayara aktarılan sayısal veri kümesinin aşağıda belirtilen parametrelerinin belirlenmesi.

- a) İpliğin ortalama hızı,
- b) Ortalama periyodu,
- c) Fon (gürültü) gerilimi,
- d) İplik bozukluğu darbe sinyali genliği ortalaması,
- e) İpliğin bozuk noktalarının fotosinyalde oluşturduğu darbelerin süresi,
- f) İpliğin bozuk noktalarının fotosinyalde oluşturduğu darbelerin enerjisi,
- g) Bozukluk sayısının belirlenmesi,

B. Aşağıda belirtilen grafikleri çizer:

- a) İpliğin zaman sinyali,
- b) Bozukluk darbe sinyallerinin enerjisinin, bozukluk darbe süresine göre dağılımı.

```

%%%%
clear all;
th1=0.2; %darbe işareti çıkan kenar eşik seviye 1
th2=0.03; %darbe işareti inen kenar eşik seviye 2
str1='iplik-sinyalinin adı';
str=strcat(str1,'.wav');
[x fs]=wavread(str);
x=x(:,1);
N=length(x);
y=x(1:N);
i=1;
n0(i)=0;
for n=1:N-10
    eng=sqrt(sum(yf(n:n+10).^2));
    n1(i)=n;
    i=i+1;
    n0(i)=0;
end
end
n0=n0-round(fs/1200);
if n0(1)<0 n0(1)=0; end
for j=1:(i-1)
    T(j)=n1(j)-n0(j);
end
for j=1:i-2
    Ti(j)=n0(j+1)-n0(j);
end
Timean=mean(Ti)/fs;
str=strcat('İpliğin Ortalama Periyodu:', num2str(Timean),' sn');

```

```
disp(str);
str=strcat(int2str(i-1),' adet hata bulundu...');
disp(str);
save(str1,'E','T','Timean','n0','n1','yf');
plot(yf);
hold on;
for j=1:(i-1)
plot(n0(j):n1(j),yf(n0(j):n1(j)),'r');
end
figure
plot(E,T,'o');
axis([0 10 0 1000]);
%%%
```

Ek-15

Açıklama: Optoelektronik algılayıcı ile elde edilen iplik işaretinin MATLAB programları.

- 1) a) Gürültü (fon) sinyalinin ortalama değerini,
- b) Sinyal/gürültü oranını (SNR),
- c) Bozukluk ile oluşan darbe işaretinin maksimum genliğini,
- d) Bozukluk ile oluşan darbe işaretinin sürelerinin belirlenmesi ve listelenmesi.
- e) İpliğin kalınlığının maksimum, minimum ve ortalama değerlerini hesaplar, '1/1000mm' duyarlılıkla belirlenen iplik kalınlığının zamana göre değişimini gösteren grafiği çizer.

```
%%%
```

```
UipminFD=66.7;%girilecek değer 66.7/15*5.4=24.012
```

```
UipmaxFD=181.4;%girilecek değer 181.4/15*5.4=65.304
```

```
clear all;
```

```
th1=0.22;
```

```
th2=0.08;
```

```
str1='test5';
```

```
str=strcat(str1, '.wav');
```

```
[x fs]=wavread(str);
```

```
x=x(:,1);
```

```
N=length(x);
```

```
y=x(1:N);
```

```
h=fir1(101,0.05);
```

```
yf=conv(y,h);
```

```
i=1;
```

```
n0=n0-round(fs/1200);
```

```
if n0(1)<0 n0(1)=0; end
```

```
for j=1:(i-1)
```

```
    T(j)=n1(j)-n0(j);
```

```
end
```

```
for m=1:(i-1);
```

```
    fd(m)=T(m)/fs;
```

```
end
```

```
for p=1:(i-2);
```

```
    wd(p)=Ti(p)/fs;
```

```
end
```

```
disp(str);
```

```
save(str1,'E','T','Timean','n0','n1','yf');
```

```
plot (yf);
```

```
hold on;
```

```
gf=yf;
```

```
for j=1:(i-1)
```

```
    plot(n0(j):n1(j),yf(n0(j):n1(j)), 'r');
```

```
    gf(n0(j):n1(j))=0;
```

```
str=strcat('maximum hata genliği:', num2str(maa(j)), ' V');
```

```

disp(str);
k(j)=max(yf((n0(j):n1(j))));
w(j)=n0(j);
z(j)=n1(j);
end
miniIPuf=(str2/1000);
zaman=30;
t=linspace(0,30,length(gf));
figure;
num2str(LastMeanFA,' V');
disp(str);
str=strcat('FOTOALICIDAN ALINAN MAX GERILIM :', num2str(LastMaxFA),' V');
disp(str);
str=strcat('FOTOALICIDAN ALINAN MIN GERILIM :', num2str(LASTMinFA),' V');
disp(str);
figure;
plot(t,(KATSA*gf+TOPLA1));

Tep=T/44100;
figure;
plot(E,Tep,'o');
axis([ 0 255 0 0.015]);
hold on;
figure;
dip=gf;
%k=donusturme katsayisi 4.7;
for n=1:length(ipggr)
diam(n)=(7.2-ipggr(n))/(4.7);
end
num3str(min(diamet));
num4str(max(diamet));
disp('ipligin maksimum kalinligi:',num4str, 'ipligin minimum kalinligi:',num3str)
disp(diamet(1:100:N));
t=linspace(0,T,length(diamet));
figure;
plot(t,diam,'b');

```

Ek-16

Açıklama: Bu program ipliğin malzemesine göre değişen fon (gürültü) sinyali genliğini tespit eder.

```

%%%%
jut=str2/1000-min(yf);
plot(tft);
hold on;

for j=1:(i-1)
    k(j)=max(yf((n0(j):n1(j))));
end
figure;
plot(tft);
hold on;
for j=1:(i-1)
plot(n0(j):n1(j),tft(n0(j):n1(j)), 'r');
end
figure;
plot(yf);
    hold on;
        zaman=30;
t=linspace(0,30,length(tft));
figure;
plot(t,tft);
hold on;
ipggr=tft;
for j=1:(i-1)
ipggr(n0(j):n1(j))=min(ipggr(n0(j):n1(j)));
end
figure;
plot(t,ipggr);
hold on;
mo=0;
yo=mo*t+mean(ipggr);
plot(t,yo,'r');
%%%%

```

Ek-17

Açıklama: Bu program LED'in ışınlarının efektif kullanım katsayısını optik model geometrik parametreleri ve optik bileşenlerin devre parametrelerine göre hesaplar.

```

%%%%
Lson=50;
for i=1:Lson;
    kf(i)=(2.25/i)*100;
L(i)=i;ile
end
plot(L,kf)
grid on
a=2.25;%%Fotodiyot Algılama Yüzeyi Kenar Uzunluğu
Lson=50;
for j=1:Lson;
    kf(j)=(a/(2*j*tan(pi/4)))*100;
L(i)=i;
end
figure;
plot(L,kf)
grid on;
omeg=0:pi/180:pi/3;
kf=(0.0281./(tan(omeg)))*100;
plot(omeg*180/pi,kf);
grid on;
a=2.25;
KL=0.8;
ll=10;
for i=0:19;
u1(i+1)=KL*i*a;
u2(i+1)=KL*i*ll
end
for i=0:19;
    kf(i+1)=((u1(i+1)/u2(i+1)))*100;
end
i=1:20;
plot(i,kf)
a=2.25;
KL=0.8;
ll=10;
j=1;
for i=0.0001:0.1:20;
    k(j)=j
j=j+1
end
plot(k/10,orab*100)

```

Ek-18

Açıklama: Bu program iplik sinyalini, η gecikmesiyle zaman ekseninde kaydırır ve iki işareti çarparak korelasyon katsayılarını belirler ve grafik olarak çizer.

```
%%%  
r=[ ]  
[m,n]=size(x);  
for k=1:10:501  
x1=x(n-1:N);  
xk=x(m+k:N);  
r=[r x1*xk];  
end  
y=r;  
figure;  
plot(y)  
%%%
```

Ek-19

Açıklama: Bu program iplik sinyalinin, frekans spektrumu genliklerini belirler ve desibel olarak zaman, frekans, genlik eksenlerinde üç boyutlu grafiğini çizer.

```

%%%%
LOAD DATA
        x = tft;
        figure(1), clf
        plot(0:4000,x)
        xlabel('n')
        ylabel('x(n)')

SET PARAMETERS
        R = 1024;          % R: block length
        window = hanning(R); % window function of length R
        N = 2*R;          % N: frequency discretization FFT Length
        L = 300;          % L: time lapse between blocks
        fs = 44100;       % fs: sampling frequency
        overlap = R - L;
        % COMPUTE SPECTROGRAM
        [B,f,t] = specgram(x,N,fs>window,overlap);
MAKE PLOT
        figure(2), clf
        axis xy
        xlabel('time')
        ylabel('frequency')
        title('SPECTROGRAM, R = 256')
%%%%

```


Ek-20

Açıklama: Bu program ipliğin düzgünlük katsayısını yüzde olarak hesaplar. Histogram eğrileri ile normal dağılım fonksiyonunu çizdirir. Sinyalin Genliğine göre ipliğin çapını ölçüm süresince belirler.

```

%%%%
function yuzdeU=yuzdeU(x)
sure=30; %sn
lenx=length(ipggr);
dt=30/lenx;
meanx=mean(ipggr);
y=abs(ipggr-mean(ipggr));
tempint=0;
yuzdeU=(100*tempint)/(mean(ipggr)*30);
disp (yuzdeU);

hold on;
%CV/U=sqrt(pi/2)=1.25;
%ÇAP HESAP;
% iplik çapındaki standart sapma Sd=[(1/n).sum i=1 to n (dyi-dym)^2]^0.5;
%dyi=iplik çapının i. değeri;
%n=toplam data;
sure=30;
lenx=length(ipggr);
summ=0;
for i=1:length(ipggr);
    summ=summ+(ipggr-mean(ipggr)).^2;
end
disp sd;
%%%% normal dağılım;
%CV=s/xor=s/mean(ipggr);
% s=standart sapma=CV*mean(ipggr)=std(ipggr);
%r çap;
%m ortalama çap;
%sigma çapın standart sapması;
%%%%f(r)=(1/sqrt(2*pi)*sigma)*exp(-(r-m)^2/2*(sigma)^2);
r=ipggr;
m=mean(ipggr);
sigma=std(r);
figure;
plot(ipggr,fu/fumax,');
hold on;
%üstüste çizim;
figure;
plot( (max(hist(ipggr)))/(max(fu)),r');

```

Ek-21

Açıklama: Bu program ipliğin varyasyon katsayısını hesaplar. Girilen iki ayrı sinyalin HFD genliklerini karşılaştırmalı olarak (üst üste iki farklı renkte) gösteren grafikleri çizer.

```

%%
function cv=cv(x)
sure=30; %sn
lenx=length(ipggr);
dt=30/lenx;
meanx=mean(ipggr);
y=(ipggr-mean(ipggr)).^2;
tempint=0;
for i=1:lenx-1
tempint2=tempint^0.5;
cv=(100*tempint2)/((t(x) *sqrt(30)));
disp (cv);

%%
plot(abs(fft(yf-mean(yf))))
minind=max(find(yf(n0(1):n0(1)+400)<tth1));
fonsgemr=yf(1:n0(1));
for j=1:(hata-2)
fonsgemr=[fonsgemr; yf(n1(j)+minind:n0(j+1))];
minind=max(find(yf(n0(j):n0(j)+400)<tth1));
end
fonsgemr=[fonsgemr; yf(n1(hata-1)+minind:N)];
figure
plot(abs(fft(fonsgemr-mean(fonsgemr))))
figure
plot(fonsgemr)
fonsg=bozuklusg(1:n0(1));
for j=1:(hata-2)
fonsg=[fonsg; bozuklusg(n1(j)+minind:n0(j+1))];
minind=max(find(bozuklusg(n0(j):n0(j)+400)<tth1));
end
fonsg=[fonsg; bozuklusg(n1(hata-1)+minind:N)];
figure
plot(fonsg)
figure
plot(abs(fft(bozuklusg-mean(bozuklusg))))
hold on
plot(abs(fft(fonsg-mean(fonsg))), 'r')

```

ÖZGEÇMİŞ

İhsan SÜLE, 1971 yılında Merzifon'da doğdu. İlköğrenimini Kayseri'de, Orta ve Lise öğrenimini Bursa'da tamamladı. 1995 yılında Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesinden Elektronik Mühendisi olarak mezun oldu ve aynı yıl Elektromagnetik Alanlar ve Mikrodalga Tekniği Bilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı. 1998 yılında yüksek lisans eğitimini tamamlayarak Elektronik Bilim Dalında doktora öğrenimine başladı.

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmasındaki katkıları için, tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Eldar MUSAYEV'e teşekkür ederim.