



**IEC KIRPIŞMA ÖLÇERİNİN SAYISAL TASARIMI VE
GERÇEKLENMESİ**

Alican TOPÇU

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

TEMMUZ 2015

Alican TOPÇU tarafından hazırlanan “IEC KIRPIŞMA ÖLÇERİNİN SAYISAL TASARIMI VE GERÇEKLENMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç.Dr. Özgül SALOR DURNA

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu Onaylıyorum

.....

Başkan : Prof. Dr. H. Gökhan İLK

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu Onaylıyorum

.....

Üye : Prof. Dr. Ramazan BAYINDIR

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu Onaylıyorum

.....

Tez Savunma Tarihi: 21/7/2015

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

.....
Alican TOPÇU

21/7/2015

IEC KIRPIŞMA ÖLÇERİNİN SAYISAL TASARIMI VE GERÇEKLENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Alican TOPÇU

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2015

ÖZET

Elektrik şebekesinden beslenen yüklerin şebekeden çektikleri akımdaki her türlü değişim şebeke geriliminde buna bağlı bir değişime neden olur. Şebeke gerilimdeki değişimler de aydınlatmada kullanılan lambaların parlaklığında insan gözünün fark edebileceği ya da fark edemeyeceği değişimlere neden olmaktadır ve bu değişimler ışık kırışması olarak adlandırılır. Işık kırışmasının insan gözü tarafından algılanması kişiden kişiye değişmekle birlikte, genel etkilenmenin bir ölçüsünün bulunabilmesi için, Uluslararası Elektroteknik Komite (International Electrotechnical Commission – IEC) tarafından bir kırışma ölçer standardı belirlenmiştir. Bu tez çalışmasında, sürekli sinyaller için geliştirilmiş olan IEC 61000-4-15 Kırışma Ölçer Standardı temel alınarak, IEC Kırışma Ölçerinin sayısal tasarımı gerçekleştirilmiştir. 2 kHz örnekleme frekansı ve 12 bit çözünürlük kullanılarak bir mikrodenetleyici ile doğrudan şebeke üzerinden alınan gerilimden, IEC standardında belirtilen kısa ve uzun dönemli kırışma şiddeti, bilgisayar ortamında geliştirilen sayısal kırışma ölçer yazılımı ile hesaplanmaktadır. Gerçekleştirilen kırışma ölçer, 230V (Karekök – Ortalama - Kare) KOK değerine sahip 50Hz frekansında çalışan elektrik sistemleri için tasarlanmıştır. Doğrudan prizden alınan gerilim ölçümü ile o bölgedeki kırışma değerini anında göstermektedir. Geliştirilen kırışma ölçerin doğruluğu IEC standardında önerilen test sinyalleri sinyal üretici ile üretilip geliştirilen sisteme verilerek test edilmiş ve IEC kırışma ölçer standardına göre ortalama %3 hata payı ile ışık kırışmasının hesaplanabildiği gösterilmiştir.

Bilim Kodu : 1.150

Anahtar Kelimeler : Işık kırışması, IEC kırışma ölçer, kırışma ölçer, mikrodenetleyici.

Sayfa Adedi : 65

Danışman : Doç.Dr. Özgül SALOR DURNA

DIGITAL DESIGN AND IMPLEMENTATION OF THE IEC FLICKERMETER

(M. Sc. Thesis)

Alican TOPÇU

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

July 2015

ABSTRACT

Fluctuations of the load currents supplied from a point of common coupling in an electric grid, cause fluctuations in the supply voltage. Those voltage fluctuations in the grid cause changes in the brightness of the lamps used for illumination, which can be detected or not by the human eye, and these changes are called light flicker. Although the perception of the light flicker can vary from person to person, a flicker meter standard is defined by the International Electrotechnical Commission (IEC) in order to find a measure of the overall influence of the light flicker. In this thesis, digital implementation of the IEC flickermeter, which was developed for continuous-time signals, has been carried out based on the IEC 61000-4-15 Standard. Data samples are obtained directly from the supply voltage with a sampling rate of 2 kHz and 12-bit resolution by using a microcontroller, which are then used to compute both short and long-term flicker severities in computer environment with the digital flickermeter software, specified in the IEC 61000-4-15 Standard. The developed flickermeter is designed for 230Vrms electrical systems with 50Hz frequency and the flicker severity is displayed instantly from the voltage measurement taken directly from the outlet. Accuracy of the developed flickermeter has been tested by using the voltage signals recommended in the IEC flickermeter standard generated by a signal generator and it has been shown that light flicker is determined by the developed system with an average error rate of 3% according to the IEC standard.

Science Code : 1.150

Key Words : IEC flickermeter, flickermeter, light flicker, microcontroller

Page Number : 65

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Özgül SALOR-DURNA

TEŞEKKÜR

Bugünlere gelmemi sağlayan, bana her türlü imkan ve desteği sağlayan, bana hep sabır gösteren anneme, babama, sevgili kardeşime ve bana olan inancını ve sevgisini hiç yitirmeyen, bana inandığı kadar kendine inansa Dünya'nın yarısını ele geçirecek azim, zeka ve çalışkanlığa sahip sevgili nişanlım Melek'ime teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma kapsamında onca olumsuzluğa, hastalığa ve yoğunluğa rağmen bana zaman ayırabilen, beni yalnız bırakmayan kıymetli Hocam Doç.Dr. Özgül SALOR DURNA'ya teşekkürlerimi sunarım.

Bana sağladıkları teknik desteğin yanı sıra, zor zamanlarda da yanımda olan, dostluklarını hiç esirgemeyen kıymetli meslektaşlarım Arş.Gör. Kayhan ÇELİK, Arş.Gör. Göksel UÇTU'ya ve Başar TURGUT'a teşekkürlerimi sunarım.

Teknokratlar

Bütün mimarlar da yüksek mühendisler de

Bir sen kaldın alçak mimar ey Sinan Usta!

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	ix
RESİMLERİN LİSTESİ	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1.GİRİŞ.....	1
2.GERİLİM DALGALANMASI VE IŞIK KIRPIŞMASI.....	9
2.1. Gerilim Dalgalanmasının Kaynakları	9
2.1.1. Esas güç tüketici olarak elektrik motorlarını içeren yükler.....	10
2.1.2. Akımın zamanla değiştiği yükler	11
2.2. Gerilim Dalgalanmasının Tanımı	12
2.3. Işık Kırpışması.....	13
2.3.1. Akkor filamanlı lamba	14
2.3.2. Işık değişiminin algılanması	17
2.3.3. Kırpışma eğrisi	18
2.4. Kırpışma Ölçer Standardı	19
2.4.1. Gerilim uyarlama bloğu	23
2.4.2. Demodülasyon bloğu	23
2.4.3. Ağırlıklandırma süzgeci bloğu	24
2.4.4. Kare alma ve düzgünleştirme bloğu.....	27

2.4.5. İstatistiksel analiz bloğu	28
3. GELİŞTİRİLEN SAYISAL KIRPIŞMA ÖLÇER SİSTEMİ	31
3.1. IEC Kırpışma Ölçerinin Sayısal Gerçeklenmesinin Yazılımsal Doğrulama Çalışmaları	31
3.2. Sayısal Kırpışma Ölçer Sistemine Gerilim Uygulanması	35
3.3. Yazılım ve Donanım Parçalarının Birleştirilerek Doğrulanması	36
3.3.1 Kısa dönemli kırpışma (P_{kd}) değeri üzerinden yapılan doğrulama	36
3.3.2 P_{kd} değerinin doğrusal olarak artırılması ile yapılan doğrulama.....	42
3.4. Gerçekleştirilen Sayısal Kırpışma Ölçer Sisteminin Genel Özellikleri	45
4. SAYISAL KIPRIŞMA ÖLÇER CİHAZININ GERÇEKLEŞTİRİLME AŞAMALARI.....	49
4.1. Mikrodenetleyici Olarak Arduino Uno Kullanılarak Yapılan Deneyleler.....	49
4.2. MCP 3204 Entegresi	51
4.3. MCP 3204 Entegresi ile Arduino Uno Çalışmaları.....	52
4.4. Mikrodenetleyici Olarak Arduino Due Kullanılarak Yapılan Çalışmalar	53
4.5. Sayısal Kırpışma Ölçer Sisteminin Donanım Kısmı.....	53
5. GELİŞTİRİLEN İLE ALINAN ÖLÇÜMLER	57
5.1. Kırpışmalı Verinin Yakalanması.....	57
5.2. Aynı Bölgede 12 Saat Arayla Yapılan Kırpışma Ölçümü	58
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	61
KAYNAKLAR	63
ÖZGEÇMİŞ	65

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Sinüs biçimli gerilim dalgalanmaları için normalleştirilmiş kırpışma ölçer tepkisi.....	20
Çizelge 2.2. Dikdörtgen biçimli gerilim dalgalanmaları için normalleştirilmiş kırpışma ölçer tepkisi.....	21
Çizelge 2.3. Ağırlıklandırma süzgecinin iki tip lamba için katsayıları.....	26
Çizelge 3.1. Kırpışma ölçer sınıflandırıcısı için deney şartları.....	36
Çizelge 3.2. Kırpışma ölçer sınıflandırıcısı için deney şartlarına karşılık elde edilen deney sonuçları	39

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Fotokopi makinesinin çektiği akımın ve gerilimin zamana göre değişimi.....	11
Şekil 2.2. Kırpışma ölçer genel blok şeması.....	13
Şekil 2.3. Sıcaklık ve değişimine bağlı radyasyon spektrumları	15
Şekil 2.4. Kazanç faktörünün frekansa bağlı değişimi	16
Şekil 2.5. Rashbass modeli	17
Şekil 2.6. Standart kırpışma ölçer blok şeması	19
Şekil 2.7. Kırpışma ölçerin IEC tarafından verilen detaylı blok şeması.....	22
Şekil 2.8. 230V sistemdeki süzgeçlerin Çizelge2.3'teki katsayılara göre frekans tepkileri.....	26
Şekil 2.9. Ağırlıklandırma süzgecinin 120V ve 230V sistem tepkisinin kıyaslanması..	26
Şekil 3.1. MATLAB benzetim ortamında oluşturulan sinyalin anlık kırpışma hassasiyeti.....	32
Şekil 3.2. Eş 3.2'de tanımlanan sinyal	33
Şekil 3.3. Eş. 3.3'e göre yapılan doğrulama için yapılan benzetim çalışmasında anlık kırpışma hassasiyetinin zamana bağlı değişimi.....	34
Şekil 3.4. Arduino Due'ye gerilim uygulamak için geliştirilen giriş devresi	35
Şekil 3.5. MATLAB ortamında benzetimi yapılarak alınan örnek sayısının sinyal genliğine bağlı değişimi	40
Şekil 3.6. Anlık kırpışma hassasiyetinin MATLAB ortamında benzetimi yapılarak alınan örnek sayısına göre değişimi	40
Şekil 3.7. Agilent 33500B serisi sinyal üreticiyle üretilen ve geliştirilen Kırpışma Ölçer Sisteminin aldığı sinyalin örnek sayısına bağlı değişimi	41
Şekil 3.8. Anlık kırpışma hassasiyetinin geliştirilen sayısal kırpışma ölçer sisteminden alınan örnek sayısına göre değişimi	41
Şekil 3.9. IEC Kırpışma Ölçer Sisteminden alınan örnek sayısının sinyal genliğine bağlı değişiminin yakından incelenmesi	42

Şekil	Sayfa
Şekil 3.10. Çizelge 3.1’deki değere göre $\Delta V / V$ oranı iki kat artırılmış, dakikada dikdörtgen biçimli değişiklik sayısı 7 olan sinyal.....	43
Şekil 3.11. Çizelge 3.1’deki değere göre $\Delta V / V$ oranı iki kat artırılmış, dakikada dikdörtgen biçimli değişiklik sayısı yedi olan sinyalin örnek sayısına karşılık anlık kırpışma hassasiyeti	43
Şekil 3.12. Çizelge 3.1’deki değere göre $\Delta V / V$ oranı %1,46 olan, dakikadaki dikdörtgen biçimli değişiklik sayısı 7 olan sinyal.....	44
Şekil 3.13. Çizelge 3.1’deki değere göre $\Delta V / V$ oranı %1,46 olan, dakikadaki dikdörtgen biçimli değişiklik sayısı yedi olan sinyalin örnek sayısına karşılık anlık kırpışma hassasiyeti	45
Şekil 3.14. Geliştirilen kırpışma ölçer sisteminin akış şeması.....	46
Şekil 4.1. Arduino Uno’nun ADC’si kullanıldığında elde edilen sinyal	50
Şekil 4.2. Arduino Due’ye gerilim uygulamak için geliştirilen giriş devresi	55
Şekil 5.1. Kırpışmalı verinin yakalanması esnasında örnek sayısına göre anlık kırpışma hassasiyetinin değişimi	57
Şekil 5.2. Kırpışmalı verinin yakalanması esnasında örnek sayısına göre sinyalin genliğinin değişimi	58
Şekil 5.3. Şehir şebekesinden öğle vakti alınan verinin örnek sayısına göre genliğinin değişimi	59
Şekil 5.4. Şehir şebekesinden öğle vakti alınan verinin örnek sayısına göre anlık kırpışma hassasiyetinin değişimi.....	59
Şekil 5.5. Şehir şebekesinden gece vakti alınan verinin örnek sayısına göre genliğinin değişimi verilmiştir.....	60
Şekil 5.6. Şehir şebekesinden öğle vakti alınan verinin örnek sayısına göre anlık kırpışma hassasiyetinin değişimi.....	61

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Şekil 3.2’de gösterilen gerilimin sinyal üretici ile üretildiğini gösteren osiloskop ekranı görüntüsü.....	38
Resim 3.2. Doğrulama testlerinin uygulamasında kullanılan Agilent 33500 serisi sinyal üretici	38
Resim 4.1. Şekil 4.2’de verilen devrenin MCP3204 entegresi ile birlikte kullanılması	43

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

Hz

Hertz

Km

Kilometre

Kısaltmalar

Açıklamalar

ADC

Analog to digital converter

DA

Doğru Akım

IEC

International Electrotechnical Commission

KOK

Kök Ortalama Kare

Pkd

Kısa dönem kırpışma şiddeti

RMS

Kök Ortalama Kare (Root Mean Square)

1. GİRİŞ

Elektrik iletim ve dağıtımında güç kalitesi, tüm dünyada olduğu gibi, Avrupa kıtası ile enterkonnekte olan ülkemizde de her gün daha fazla önem kazanmaktadır. Güç kalitesinin elektronik sistemleri etkilediği bilinmektedir. Gerilim düşmesinden ya da elektrik kesintilerinden ötürü elektronik cihazlar bozulmakta, dolayısıyla kullanıcılar, maddi ve manevi olarak etkilenmektedir. Ancak güç kalitesinin kötü olması insanları sadece maddi ve manevi olarak değil, fiziksel olarak da etkileyebilmektedir.

Şebeke gerilimindeki dalgalanmalar ışık kırışması adı verilen bir olaya neden olmaktadır. Işık kırışması, aydınlatmada kullanılan lambaların gerilim değişiminden ötürü aydınlatma miktarlarının değişmesidir. Lambada gözlemlenen veya gözle görülmesi bile beyin tarafından algılanan bu değişim gözleri yormakta, baş ağrısı yapmakta ve başka fiziksel rahatsızlıklara sebep olmaktadır [1].

Her zaman olmamakla birlikte çoğu zaman, belirtiler, bilgisayar ya da herhangi bir ekranın karşısındayken ortaya çıkar. Elektrik şebekesindeki kırışmanın seviyesi genellikle düşüktür. Ancak bu durum rahatsızlığın göz ardı edilebileceği anlamına gelmez. Günlük hayatta ışık kırışması, okuma ve televizyon seyretme faaliyetleri sırasında en fazla hissedilir [2].

Bahsi geçen fiziksel etkiler gözün anatomisinden ve fizyolojisinden kaynaklıdır. Işık kırışmasının algısında, gözde bulunan foto reseptörler, görüş alanı ve retina, anatomi kaynaklı etkilerdir. Bunun yanı sıra gözbebeğinin uyarılma mekanizması, aydınlatma şiddetine karşı gösterilen foto kimyasal ve sinirsel uyarılma, göz fizyolojisinin etkisidir. Dolayısıyla insan gözü, aydınlatma miktarını çoklu bir detektör gibi algılamaktadır. Bu bakımdan kırışma algısı bakılan objenin ve arka planının aydınlanması, aydınlatmanın heterojenliği, karşıtlık (kontrast), objeler ve arka planları, objenin büyüklüğü, arka planın ışık spektrumu gibi birçok unsura birden bağlıdır. Bu temelde bir yaklaşım sergilendiğinde üç tip kırışma olduğu söylenebilir; zamansal, uzaysal ve kromatik [1, 3].

Işık kırışmasına neden olan elektrik iletim hattındaki gerilim dalgalanması, genellikle yük değişiminin bir sonucudur. Ancak yine de tam olarak ifade etmek gerekirse, bu dalgalanmaya neden olan üç unsur vardır; elektrik üretici, elektrik şebekesi ve en önemlisi yükün çektiği akımın değişimi [4].

Elektrik üreticinin sebep olduğu dalgalanmalar, üretim ve tüketim arasında denge sağlamaya çalışırken meydana gelen dalgalanmalardır. Elektrik güç ağının (şebekenin) neden olduğu dalgalanmalar ise anahtarlama yapıldığından ya da iletimdeki herhangi bir sorundan kaynaklı olabilmektedir [4].

Yükteki her türlü değişim az da olsa gerilimde bir değişime neden olmaktadır. Işık kırışmasına neden olan yükler iki grupta incelenebilir. Birinci grupta esas güç tüketici olarak elektrik motorlarını içeren yükler vardır. Bunlar genellikle ısıtıcı veya soğutucu olarak evlerde ve iş yerlerinde kullanılan klima, buzdolabı, büyük fotokopi makineleri gibi yüklerdir[2]. İkinci grupta ise akımın zamanla sürekli değiştiği yükler bulunur. Akımın zamanla değiştiği yükler örnek olarak kaynak makinesi ya da ark ocakları verilebilir [2].

Işık kırışmasının göreceli bir birimi vardır. Işıktaki değişim, 100 gözlemcinin en az 50'si tarafından gözlemleniyorsa anlık kırışma hassasiyeti olarak tanımlanan değer (s) birdir [2]. Dolayısıyla matematiksel olarak $s = 1$ olacak şekilde ayarlanan bir lamba deneyi, 100 gözlemci ile yapıldığında ışık kırışmasını 100 kişinin tamamı görebilir veya yalnızca 50 kişi görebilir.

Işık kırışmasının ölçülebilmesi için, IEC standardına dayalı olan ya da olmayan pek çok çalışma yapılmıştır. Literatürdeki başlıca çalışmalar şöyle özetlenebilir:

Jiri Drapela ve Jan Slezinger tarafından 2012 yılında yapılan çalışmada, kırışma ölçer tasarımı ve uygulaması yapılmış ve açıklanmıştır [1]. Bu çalışma kapsamında göz mekanizmasını modellemek adına foto reseptör kullanılmıştır. Yapılan çalışmada 60W'lık (230V, 50Hz ve 120V, 60Hz) akkor filamanlı lambalar kullanılmak yerine foto reseptör kullanılarak her türlü ışık kaynağından ölçüm alınabilmesi hedeflenmiştir. Kullanılan foto reseptörün algıladığı ışığın dalga boyu (λ), insan gözünün algıladığı aralık olan 400nm ile 700nm arasındadır. Örneklem frekansı olarak 3200 örnek/saniye alınmıştır. Sistemin doğrulanması için IEC tarafından belirlenen değerler kullanılmıştır. 60W'lık 230V, 50Hz'de çalışan sistem üzerinden doğrulama yapılmıştır. Bu doğrulama yapıldığında kısa dönem kırışma şiddetinin (P_{kd}) değerinin hatası ± 5 ile 8 arasında değişmektedir. Sistemin düzgün çalıştığı doğrulandıktan sonra farklı güç değerlerinde lambalar kullanılarak P_{kd} değerleri ölçülmüştür. Ölçülen P_{kd} değerleri 60W'lık 230V, 50Hz'lik değerlerle karşılaştırılmıştır. Ardından yine standarttakinden farklı olarak sinüs biçimli ve periyodik

olmayan gerilim dalgalanmalarının etkileri ölçülmüştür. Bu etkiler ölçülürken yine farklı güçlerde çalışan lambalar kullanılmıştır. Bu ölçümlerden elde edilen P_{kd} değerleri, sinüsoidal ve dikdörtgen dalga modülasyonları ile modüle edilmiştir. Bu değerler de yine standart değerler ile kıyaslanarak, P_{kd} değerleri farklı olsa bile, frekans tepkisi çizildiğinde grafiksel olarak bir benzerlik olduğu gözlemlenmiştir [1].

Daniele Gallo, Carmine Landi ve Nicola Pasquino tarafından 2006 yılında yapılan çalışmada, "objektif kırpışma ölçer" adını verdikleri bir cihaz geliştirmişlerdir. Kırpışma ölçerin objektif olarak tanımlanmasının sebebi 60W'lık akkor filamanlı lambanın modelini kullanmak yerine doğrudan lambanın kendisini kullanmalarıdır. Çalışma kapsamında kırpışmayı ölçmek için OSD-100P kodlu foto diyot kullanılmıştır. Bu foto diyotun spektral tepkinin insan gözüyle aynı olduğu söylenmektedir. Yani foto diyotun algıladığı ışığın dalga boyu bir eğri olarak çizildiğinde, merkezinde 550nm dalga boyu olduğu ifade edilmektedir. Bu bakımdan lambanın modellenmesine gerek kalmamakta, ancak foto diyotun akım-gerilim karakteristiği ve yük rezistansı mutlaka hesaba katılmaktadır. Bu sebeplerden ötürü kırpışma ölçer için yeni bir giriş adaptörü tasarımı yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Uluslararası Çalışma Grubu CCU2 tarafından, IEC 61000-4-15 standardına uygun olarak tanımlanan testlerden geçirilmiştir. Deneylerde National Instruments'ın test ve ölçüm cihazları kullanılmıştır. Çalışmayı yapan ekip, hesaplanan değerindeki sapmanın, IEC tarafından kabul edilebilir tolerans aralığında olduğunu belirtmişlerdir. Dolayısıyla yukarıda bahsedilen testlerin tamamında başarı elde ettiklerini ifade etmişlerdir. Ancak 230V, 50Hz 60W'lık akkor filamanlı lamba yerine 230V, 15W'lık enerji tasarruflu lamba ve 230V, 18W'lık floresan lamba kullanıldığında sonuçlar sapmanın çok altında çıkmıştır. Yapılan bu son deneyde, bu deney ekipmanının 230V, 50Hz 60W'lık akkor filamanlı lamba için doğru sonuç verdiği tespit edilmiştir [4].

J.J. Gutierrez, J. Ruiz, L.A. Leturiondo, A. Lazkano ve I. Azpiri tarafından 2007 yılında gerçekleştirilen bu çalışmada, kırpışma ölçer cihazlarının aynı test sinyaline karşı farklı sonuçlar vermesinden ötürü bir test protokolü geliştirilmiştir. Bu test protokolüne otomatik bir test sistemi olarak çalışmaktadır. Bu sistem IEC tarafından belirlenen test sinyallerini üreten bir sinyal üretici ve bir IEC kırpışma ölçerinden oluşmaktadır. Çalışma kapsamında test protokolünün referans kırpışma ölçere göre doğruluğu kanıtlanmıştır[5].

Giovanni Bucci, Edoardo Fiorucci ve Carmine Landi tarafından 2008 yılında yapılan bu çalışmada yeni bir kırpışma değeri değerlendirilmesi önerilmiştir. Bu öneri gerilimin sayısal olarak örneklenip, bu örneklerin aydınlatma varyasyonunun algılanması temeline dayanmaktadır. Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen prototipe ait sonuçlar rapor edilmiştir [6].

Grzegorz Wiczynski 2009 yılında yaptığı çalışmada, gerilim salınımlarının temel gerilim frekansının frekans modülasyonu olarak tanımlanması durumundaki matematiksel çıkarımları yapmıştır. Yapılan işlemler 50Hz ve 230V gerilim için gerçekleştirilmiştir. IEC'nin kırpışma ölçer standardında gerilim salınımları temel gerilim frekansının 'genlik modülasyonu' olarak tanımlanmaktadır. Oysa kırpışma ara harmonikler yüzünden de gerçekleşebilmektedir. Bu makalede işin frekans modülasyonu boyutu ele alınmaktadır. Bu, ne gibi bir farklılık yaratmakta diye düşünülecek olursa, bilindiği üzere IEC standardında göz-beyin-lamba tepkisi için bir toplam tepki hesaplanmakta ve bir transfer fonksiyonu çıkarılmaktadır. Bu transfer fonksiyonu 230V, 50Hz sistemler için ayrı 120V, 60Hz sistemler için ayrıdır. Ancak her iki sistem için de ortak olan nokta, her ikisi de genlik modülasyonundan çıkarılmıştır. Bu makale kapsamında 230V, 50Hz sistemler için frekans modülasyonu kullanılarak transfer fonksiyonu tekrardan hesaplanmıştır. Bu hesap sonucunda elde edilen değerler IEC tarafından $P_{kd} = 1$ olarak hesaplanan değerler ile işleme sokulmuş, ardından frekans yavaşça değiştirilerek sonuçlar doğrulanmıştır [7].

Gary W. Chang, Cheng -I Chen ve Ya-Lun Huang tarafından 2009 yılında yapılan çalışmada kısa ve uzun dönem ışık kırpışması değerleri, şebeke geriliminin zarfından özel bir demodülasyon yöntemiyle elde edilmektedir. Bunun yanı sıra yapılan çalışmada hem zaman bölgesi için hem de frekans bölgesi için çıkarımlar yapılmış ve kırpışma frekansı belirlenmiştir[8].

P. Clarkson ve P.S. Wright tarafından 2009 yılında yapılan çalışmada, kırpışma ölçer cihazları veya sistemleri için geliştirilen klasik kalibrasyon yöntemleri yerine karmaşık sinyaller kullanılarak yapılan kalibrasyon yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntem İngiltere'de bulunan NPL (National Physical Laboratory) laboratuvarında geliştirilmiş olup elde edilen sonuçlar makale kapsamında değerlendirilmiştir [9].

Daniel Fregosi ve arkadaşları tarafından 2010 yılında yayınlanan makalede sayısal kırpışma ölçer tasarımı ve uygulaması yapılmış ve açıklanmıştır. Tasarım gerçekleştirilirken, IEC-61000-4-15 standardı esas alınmıştır. Yapılan çalışmalarda National Instruments'a ait cihaz ve yazılımlar kullanılmıştır. NI LabView programında grafiksel programlama yapılmış ve yine NI CompactRio 9024 kontrol ve izleme sistemi kullanılmıştır. CompactRio, LabView'da programlanmıştır. Bu grafiksel programlama Simulink'te olduğu gibi bloklardan oluşmakta ve Simulink kullanıcılarına bu bakımdan kolaylık sağlamaktadır. Bu çalışma kapsamında $120V_{AC}$ ve 60Hz sistem esas alınmıştır. Kırpışma değeri ölçülürken kısa dönemli kırpışma değeri P_{kd} 30 dakikalık, uzun dönem kırpışma değeri P_{ud} 2 saatlik olarak ölçülmüştür. Örnekleme frekansı olarak $f_s = 1000Hz$ alınmış, CompactRio'da ise 11 bitlik bir analogdan sayısal dönüştürücü (Analog to digital converter, ADC) kullanıldığı ifade edilmiştir. Sonuç olarak yapılan doğrulama çalışmalarında benzetim değerleriyle, alınan değerler arasında %5'lik bir sapma olduğu tespit edilmiştir [10].

P. Clarkson ve P.S. Wright tarafından 2010 yılında yapılan çalışma kapsamında kırpışma ölçerlerin test edilmesi için IEC 61000-4-15 standardında önerilen sinyaller yerine yeni test metotlarının geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu yeni metotlar IEC 61000-3-3 standardına bağlı kalınarak olarak üretilmiş olup elde edilen sonuçlar makale kapsamında değerlendirilmiştir [11].

Jan Slezinger and Jiri Drapela tarafından 2012 yılında yapılan çalışmada ise ışık kırpışmasının kısa dönem yada uzun dönem olarak değerinin belirlenebilmesi için gerilim tepe değeri detektörü tasarlanmıştır. Bu tasarımı yapılan detektörün amacı şebeke gerilimindeki yüksek frekanslı ara harmonikleri elde etmektir. Tasarlanan sistem IEC 61000-4-15 standardında önerilen test sinyalleri ile test edilmiştir [12].

Ali Hooshyar ve Ehab F. El-Saadany tarafından 2013 yılında yapılan bu çalışmanın amacı akkor filamanlı olmayan lambalar için de kırpışma değerinin düzgün olarak tespit edilebilmesidir. Bu amaçla IEC 61000-4-15 standardında kırpışma ölçer için tanımlanan 5 bloktan oluşan diyagrama bir blok daha eklenmiştir. Bu eklenen blok yüksek frekans değerlerine sahip ara harmonik değerlerinin tespit edilmesini sağlamaktadır [13].

Wenxuan Yao, Qiu Tang, Zhaosheng Teng, Yunpeng Gao, ve He Wen tarafından 2014 yılında yapılan çalışmada kırpışma değeri yine gerilimin zarfından elde edilmektedir. Ancak bu

çalışmada hızlı s dönüşümü (Fast S-Transform, FST) kullanılarak matematiksel işlemlerin karmaşıklığı giderilmiş, daha basit işlemlerle kırpışma değeri hesaplanabilmiştir. Bu metotla gerçekleştirilen kırpışma ölçerin benzetim sonuçları ve uygulama sonuçları tutarlı bulunmuştur [14].

Guilherme Piazzentini Colnago, Jose Rubens Macedo ve Jose Luiz de Freitas Vieira tarafından 2014 yılında yayımlanan çalışmada IEC 61000-4-15 standardında kırpışma ölçer için tanımlanan 5 bloktan oluşan diyagramdan bir blok eksiltmiştir. Yapılan bu çalışmada kullanılan bütün malzemeler kolaylıkla bulunabilecek, düşük maliyetli malzemelerdir. Makalede, yapılan çalışma sonucu ölçülen kırpışma değerinin bütün LED, floresan ve diğer lambalardaki kırpışma değerini ölçebildiği söylenmektedir [15].

Bu tez çalışması kapsamında ise, gerçek zamanlı, mikrodenetleyici üzerinde çalışan bir kırpışma ölçer tasarımı yapılmış ve hayata geçirilmiştir. Kırpışma ölçer tasarımında IEC'nin kırpışma ölçer standardı IEC 61000-4-15 [16] temel alınmıştır. Bahsedilen standart ilerleyen kısımlarda detaylı olarak açıklanmış olsa da özetle anlatmak gerekirse, akkor filamanlı lambanın parlaklığının, insanın göz ve beyin algısına etkisi modellenmektedir. Standartta 230V, 50Hz, 60W'lık akkor filamanlı lamba ve 120V, 60Hz, 60W'lık akkor filamanlı lamba esas alınarak modelleme yapılmıştır. Sadece bu iki tip lambanın kullanılmasının sebebi çok fazla sayıda ve çeşitlilikte lamba olmasına rağmen, en çok kullanılan lamba türünün bunlar olmasıdır. Bu tez kapsamında Türkiye Elektrik Şebekesine uygun olarak 50Hz, 230V ve 60W'lık lamba değerleri için çalışma yapılmıştır.

Yapılan çalışmalarda tasarım geliştirilmeden önce MATLAB programında benzetim çalışmaları yapılmıştır. Yapılan benzetimde IEC standardında belirlenen ve beş bloktan oluşan kırpışma ölçerin tüm bileşenleri mevcuttur. Yine standartta, bazı giriş fonksiyonları tanımlanmış, bu girişlere göre alınacak çıkış değerleri hesaplanıp sonuçlar kısmına eklenmiştir.

İlk etapta kodun doğru çalıştığını denemek amaçlı standarttaki sinyal üretilip MATLAB benzetim ortamında çalıştırılmıştır. Daha sonra sinyal üretici kullanılarak düzgün bir sinüs biçimli sinyal verilmiş ve P_{kd} 'nin sifıra eşit çıkması veya yakın çıkması hedeflenmiştir. İşlemci hızının ve seri haberleşme hızının (baud rate) daha yüksek olması sayesinde Arduino Due ile veri iletimi sağlanarak sayısal kırpışma ölçer çalıştırılmıştır. Geliştirilen sistem,

doğrudan prizden alınan gerilim ölçümü ile o bölgedeki kırpışma değerini anında göstermektedir. Geliştirilen kırpışma ölçerin doğruluğu, IEC standardında önerilen test sinyalleri sinyal üreticiyle ve bilgisayar ortamında oluşturularak test edilmiş ve IEC standardına göre ortalama %3 hata payı ile ışık kırpışmasının hesaplanabildiği gösterilmiştir.

2. GERİLİM DALGALANMASI VE IŞIK KIRPIŞMASI

Gerilim dalgalanması ve ışık kırpışması giriş kısmında tanımlanmıştı. Bu bölümde gerilim dalgalanmalarının kırpışma olayındaki etkisini göstermek üzere, bu dalgalanmalar matematiksel olarak modellenecektir. Gerilim dalgalanmaları ve bunların ışık yoğunluğu üzerine etkileri bu bölümde detaylı olarak açıklanacak ve yine bu bölümde IEC'nin ışık kırpışması standardı ayrıntılı olarak işlenecektir.

Gerilim dalgalanmalarının yanında, kırpışma olayına neden olan bir etken de ara harmoniklerdir [4]. Ara harmonikler IEC tarafından şu şekilde açıklanmaktadır; " Gerilim ve akım frekansının harmoniklerinin arasında, temel frekansın tamsayı katı olmayan frekanslar gözlemlenmektedir. Bu gözlemlenen frekanslar, ayrık frekanslar ya da geniş-bant spektrumu olarak görünebilirler." [17].

Güç sistemleri analizinde gerilim ve akım değerleri üzerinden çok çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Gerilim dalgalanmalarıyla ilgili daha derin çalışmalar yapılabilmesi, sebeplerinin araştırılabilmesi ve nicel bir değerlendirme yapılabilmesi adına ara harmoniklerin de incelenmesi ve matematiksel olarak modellenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda gerilim dalgalanmaları, gerilimin temel frekansının genlik modülasyonu ya da faz modülasyonu olarak ifade edilebilirler [18]. Yapılacak bu çalışma doğrultusunda gerilim dalgalanması, gerilimin temel frekansının genlik modülasyonu olarak ifade edilecektir.

2.1. Gerilim Dalgalanmasının Kaynakları

Giriş kısmında da belirtildiği üzere gerilim dalgalanmasına neden olan üç unsur vardır; elektrik üretici, elektrik şebekesi ve en önemlisi yük. Bu çalışma kapsamında ağırlıklı olarak yük değişiminden kaynaklanan dalgalanmalar üzerinde durulacaktır. Elektrik üreticiden kaynaklı gerilim dalgalanmalarına örnek olarak dağıtık üretimin bir parçası olan rüzgar tribünleri verilebilir.

Rüzgar türbinleri üzerine yapılan çalışmalarda, sistem üzerinden yapılan ölçümler sonucu şebekeye etki eden 0,1Hz ile 10Hz arası bileşenler bulunmuştur. Bu bileşenler özet olarak; kulenin rezonansından ötürü 1,1Hz, dişli kutusundaki dişlilerin dönüşünden ötürü 2,5Hz,

“p” rotor hızı olmak üzere kanatların dönüşünden ötürü 1p,2p,3p ve 6p olmak üzere 4 farklı frekans bileşeni daha bulunmaktadır [19].

1p’lik dalgalanma rotorun dengesizliği yahut kanatlar arasındaki küçük farklılıklardan ötürü oluşur. 3p’lik dalgalanma her bir kanat kulenin önünden geçtiğinde oluşur. 2p ve 6p’lik dalgalanmalar ise sırasıyla 1p ve 3p’nin harmonikleridir. Bir rüzgar türbini sahasındaki türbinlerin, eşzamanlı çalışmasından ötürü, tam olarak ispatlanmamış olsa da, kuleden kaynaklı salınımların güçlendirdiği düşünülmektedir [19].

Yükteki her türlü değişim ortak bağlantı noktasındaki gerilimde bir değişime neden olacaktır. Gerilimde değişime neden olan iki tip yük bulunmaktadır.

2.1.1. Esas güç tüketici olarak elektrik motorlarını içeren yükler

İlk grupta esas güç tüketici olarak elektrik motorlarını içeren yüklerin bulunduğu belirtilmiştir. Bunlar genellikle ısıtıcı veya soğutucu olarak evlerde ve iş yerlerinde kullanılan klima, buzdolabı, büyük fotokopi makineleri gibi yüklerdir. Motorlarda gerilimin değişmesine neden olan şey, motorların kalkış akımıdır. Motorlar ilk kalkış anında nominal akım değerlerinden 6-7 kat daha fazla akım çekerler. Anlık akım değerinin de birden artması gerilimin azalmasına neden olur. Örneğin AC asenkron motorlarda gerilim ilk uygulandığında, rotor henüz dönmezken, motor bir transformatör gibi davranmaktadır. Bu bakımdan giriş devresi kısa devre gibi davranmakta ve dolayısıyla devreden yüksek akım çekilmektedir. [2]

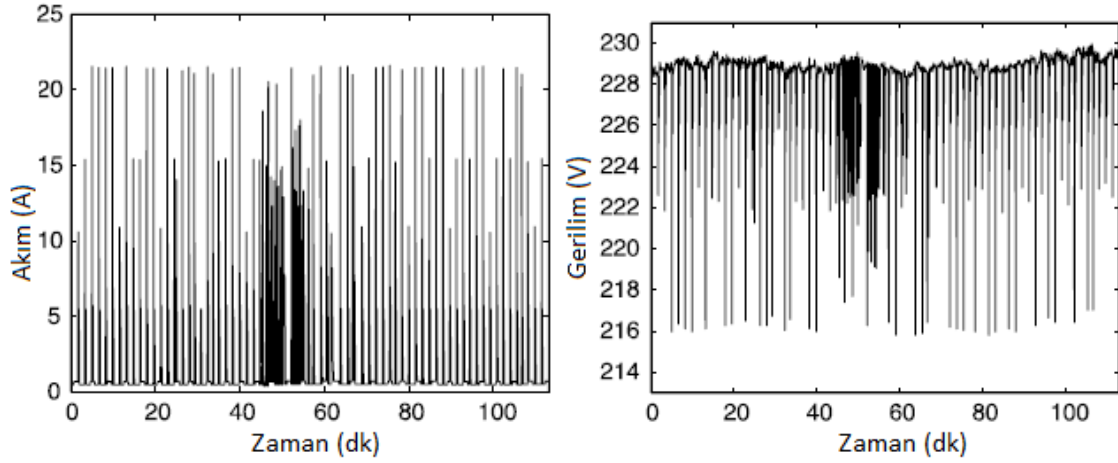
Aynı şekilde doğru akım makinalarının da ilk kalkış anında yüksek akım çektiği bilinmektedir. Bunun nedeni şu şekilde açıklanabilir. Doğru akım makinasının kapalı devre gerilim denklemi Eş. 2.1’de verilmiştir;

$$V_a = E_c + I_a R_a \quad (2.1) [20]$$

Eş. 2.1’de endüviye uygulanan gerilim V_a , motorun zıt elektromotor kuvveti E_c , endüvi sargı direnci R_a ile gösterilmektedir. Motor durur vaziyetteyken zıt elektromotor kuvvet sıfıra eşit olacağından kalkış akımı yüksek olacaktır [20].

Evlerde ve işyerlerinde kullanılan bu tarz yükler, bilindiği üzere sürekli olarak çalışmamaktadırlar. Örneğin fotokopi makinesi durmadan çalışan bir cihaz değildir. Ancak

fotokopi makinesi, içerisinde bulunan davlumbazı sürekli sıcak tutmak için ara sıra motorlarını çalıştırmaktadır. Şekil 2.1’de solda fotokopi makinesinin çektiği akımın ve sağda gerilimin değişimi zamana göre verilmiştir.



Şekil 2.1. Fotokopi makinesinin çektiği akımın ve gerilimin zamana göre değişimi [2]

Bu gruptaki yüklere birkaç örnek daha vermek gerekirse içerisindeki soğutucu sıvıyı cihaz içerisinde dolaştıran buzdolabı verilebilir. Aynı şekilde çamaşır makinesi çalışırken kazanın durup durup dönmesi de gerilim dalgalanmasına neden olabilmektedir. Yeni nesil enerji tasarruflu makinelerde gerilim dalgalanmasının sistemin çalışma stilinden ötürü azalacağı öngörülmektedir. Zira bu makineler çalışırken motora gerilim bir anda verilmek yerine, kullanılan sürücü devreler yardımıyla yavaş yavaş artırılarak verilmektedir. Bu durumun sonucunda motor, devrini daha uzun sürede almakta ancak kalkınma akımını da en aza indirmektedir.

2.1.2. Akımın zamanla ve sürekli değiştiği yükler

Akımın zamanla değiştiği yüklere örnek olarak kaynak makinesi, elektrikli ark ocağı verilebilir. Elektrikli ark ocağı, metal eritme yapılan büyük ocaklara verilen isimdir. Ağır sanayi olarak tabir edilen, ülkemizde de Zonguldak Ereğli, İzmir Aliağa gibi ilçelerde yoğun olarak bulunan, demir çelik fabrikalarında bulunur. Elektrikli ark ocaklarında ısıtıcı olarak kullanılan elektrotların üzerinden kiloamperler seviyesinde akım geçmektedir. Bu durum, haliyle, gerilim düşmesine ve şebekeye harmoniklerin basılmasına neden olmaktadır.

Ülkemizde kullanılan bazı elektrikli ark ocaklarında 34,5kV'luk transformatörler kullanılmaktadır. Bu transformatörler ve çektikleri akım göz önünde bulundurulduğunda adeta iletim sistemine doğrudan bağlı yükler oldukları söylenebilir. Bu yüklerin zamanla değişimi tahmin edilebilir değildir, yani örneğin kaynak makinasının mesai saatleri içerisinde çalışması olağandır ancak hangi saat ve dakikada çalışacağı ne kadar süre çalışır vaziyette kalacağı belirsizdir. Bu nedenle akımın zamanla değiştiği yükler olarak anılırlar.

2.2. Gerilim Dalgalanmasının Tanımı

Giriş kısmında da belirtildiği üzere gerilim dalgalanmalarını matematiksel olarak modellemenin birkaç yolu vardır. Bu çalışma kapsamında gerilim dalgalanması, temel gerilim frekansının genlik modülasyonu olarak tanımlanacaktır. Yani en genel haliyle Eş. 2.2 ile ifade edilebilir;

$$v(t) = \sqrt{2}V[1 + m(t)]\cos(2\pi f_0 t) \quad (2.2) [2]$$

Eş. 2.2'de V bozulmamış dalga formunun yani taşıyıcı sinyalin KOK değerini, f_0 temel frekans değerini, $m(t)$ de modülasyonu ifade etmektedir. Uygun bir $m(t)$ değeri seçilerek her türlü gerilim bozukluğu yukardaki denklem ile ifade edilebilir. $m(t)$ ile sinüs dalga biçimli veya dikdörtgen dalga biçimli dalgalanmalar üretilebilir.

Sinüs dalga biçimli gerilim dalgalanması ile modüle edilmiş $m(t)$ sinyali Eş. 2.3'teki gibi gösterilir;

$$m(t) = M\cos(2\pi f_M t + \varphi_M) \quad (2.3) [2]$$

Eş. 2.3'te gösterilen $m(t)$ fonksiyonunu Eş. 2.2'deki $v(t)$ içerisine yazdığımız zaman Eş. 2.4 elde edilir;

$$v(t) = \sqrt{2}V[1 + M\cos(2\pi f_M t + \varphi_M)]\cos(2\pi f_0 t) \quad (2.4) [2]$$

Ardından Eş. 2.4'deki ifadeyi sinüslerin toplamı olarak yazarsak Eş. 2.5 elde edilir;

$$v(t) = \sqrt{2}V \cos(2\pi f_0 t) + v(t) + \frac{1}{2}\sqrt{2}MV\cos[2\pi(f_M + f_0)t + \varphi_M]$$

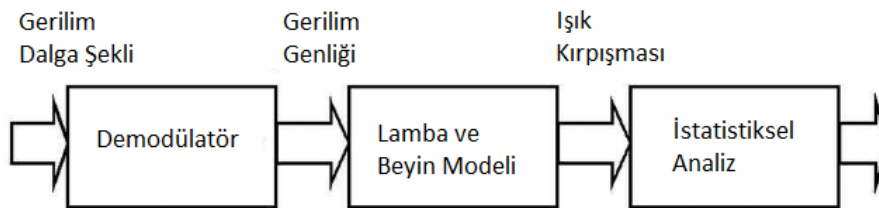
$$+\frac{1}{2}\sqrt{2}MV\cos[2\pi(f_M + f_0)t - \varphi_M] \quad (2.5) [2]$$

Eş. 2.5'te ilk ifade taşıyıcı dalgayı, ikinci ve üçüncü ifade ise yan lobları ifade etmektedir. Yan loblar taşıyıcı dalganın karşı tarafında bulunan spektral bileşenlerdir. Ancak bu bileşenler frekans spektrumunda direkt olarak görülmezler. Taşıyıcı dalganın yan lobları olarak ifade edildiklerinden, frekans bölgesinde de taşıyıcı dalganın etrafında bulunurlar. Örnek vermek gerekirse temel frekansı 50Hz olan bir sinyaldeki 9Hz'lik modülasyon, frekans spektrumunda 41Hz ve 59Hz'de gözlemlenir.

2.3. Işık Kırpışması

Gerilimdeki %1'lik bir dalgalanma, akkor filamanlı lambada %6,5'lik bir parlaklık değişimine neden olmaktadır [2], ki bu dalgalanmaların insan beyni tarafından algılanması ışık kırpışması olarak tanımlanır. Bu bakımdan gerilimdeki en ufak dalgalanma aydınlatma şiddetinde gözlemlenebilir. Dalgalanma miktarı arttıkça, kırpışmadan ötürü meydana gelen rahatsızlık daha da artacaktır.

Uzun yıllar boyunca bir bölgedeki gerilim dalgalanmasının şiddeti, o bölgede gerçekleşen kırpışma olayının miktarıyla kıyaslanarak elde edilirdi. Bu eğriye kırpışma eğrisi denilmekteydi. Her tekrarlama, gerilim değişimine bağlı olarak en fazla izin verilebilir genlik değeri tanımlanırdı. Bu eğri dikdörtgen dalga değişimleri için geçerli olmasına rağmen doğrulama faktörleri dikdörtgen olmayan değişimler için uygundu. Bu eğri sistem tasarımı için uygundu ancak gerilim dalgalanmasının şiddetinin herkes tarafından aynı ölçülmesi işlevini gerçekleştiriyordu [2]. Bu bakımdan IEC 61000-4-15 kırpışma ölçer standardı bu kırpışma ölçme işini daha sistematik bir hale getirmiştir. Standartta belirtilen kırpışma ölçer kabaca göstermek gerekirse Şekil 2.2'deki gibi üç bloktan oluşmaktadır [2].



Şekil 2.2. Kırpışma ölçer genel blok şeması

Ölçülen dalga şeklinden, genlikteki dalgalanmalar elde edilmektedir. Bu, demodülatör tarafından yapılmaktadır. Lamba modeli, dalgalanmaların ışık şiddetinin yoğunluğuna etkisini belirlemektedir. İkinci blokta sadece lamba değil insan beyninin ışık yoğunluğunu algılaması da modellenmektedir. Çok hızlı ve çok yavaş değişimler beynimiz tarafından algılanamamaktadır. Bu bloğun tepkisi aşağı yukarı algılanabilir kırpışma seviyesinin sınırlarını çizmektedir.

Son olarak karmaşık bir istatistik bloğu bulunmaktadır. Bu blok beynimizin ışık şiddetinin beynimiz tarafından nasıl yorumlandığını açıklamaktadır.

Kırpışma ölçer standardında 60W'lık 2 tip akkor filamanlı lamba kullanılmıştır. Bahsi geçen lambalar 230V 50Hz ve 120V 60Hz'lik lambalardır. Diğer gerilim ve frekans değerleri için olan özelliklerin hazırlık aşamasında olduğu standartta belirtilmiştir [18]. Ancak açıklaması yapılan bu standart 2003 yılında yayınlanmış ve günümüze kadar başka değerler için yapılan bir çalışma duyurulmamıştır. Günümüzde tasarlanan kırpışma ölçerlerin doğrulanması yukarıda verilen değerlere göre yapılmaktadır. Farklı değerler için yapılan çalışmalar önce 60W-230V-50Hz veya 60W-120V-60Hz'lik lambalar için doğrulanmakta ve ardından başka lambalar için denemeler yapılmaktadır. Çalışmaların bu şekilde yapılmasının nedeni lamba çeşitliliğinin fazla olması (akkor filamanlı, floresan, enerji tasarruflu, LED, halojen, vs...) ve bu lambaların da çok fazla sayıda güç değerinde üretiliyor olmasıdır.

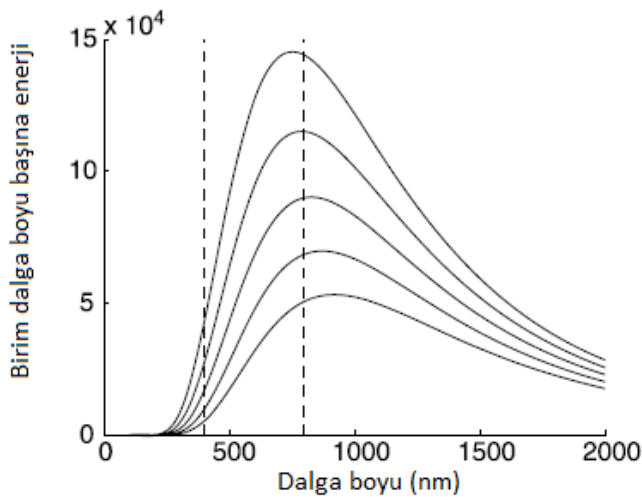
2.3.1. Akkor filamanlı lamba

Akkor filamanlı lamba yapılırken, ilk etapta tungsten filaman sarmal şekilde sarılıp, etrafı güç değerine bağlı olarak değişen oranlarda nitrojen ve argon gazlarıyla kapatılır. Ardından kapatılan bu ampul, gözü kamaştıracak bir parlaklık vermemesi için hidroflorik asit içerisinde bir süre bekletilir. Akkor filamanlı lamba kısaca anlatmak gerekirse bu şekilde yapılır.

Akkor filamanlı lambanın terminalleri arasındaki gerilim, filaman üzerinden bir akım geçmesine neden olur. Geçen akım filamanı ısıtır ve bir süre ısındıktan sonra filaman, ışık yaymaya başlar. Filamanın kalıcı durum sıcaklığı $3500 K^o$ civarındadır (yaklaşık $3226 C^o$). Terminallerdeki daha yüksek gerilim, filamandan geçen daha fazla akım demektir; bu da filamanın daha fazla ısınması anlamına gelir. Filamanın sıcaklığının artması da ışık

şiddetinde değişikliğe yol açmaktadır. Dolayısıyla gerilim dalgalanması akkor lamba üzerinde bu şekilde bir tepki vermekte, dalgalanma doğrudan ışık şiddetini etkilemektedir.

Akkor filamanlı lambanın gerilim değişimine bağlı aydınlatma miktarı değişimini ölçmek için şöyle bir çalışma yapılmıştır: Filamanın normal sıcaklık değerinin %90'ı, %95'i, %100'ü, %105'i ve %110'u lamba üzerine uygulanarak ölçümler alınmıştır. Şekil 4'te noktalarla gösterilen aralık, insan gözünün algıladığı 400nm ile 800nm arasındaki dalga boylarını göstermektedir [2].



Şekil2.3. Sıcaklık ve değişimine bağlı radyasyon spektrumları (Yukarıdan aşağıya 3850K, 3675K, 3500K, 3325K ve 3150K. Dikey noktalar çizgiler spektrumun görünür kısmını göstermektedir) [2].

Şekil 2.3. aslında bizlere sıcaklıktaki %1 değişimin ışık yoğunluğunda %6,5 değişime yol açtığını göstermektedir. Bu yükseltme etkisi, gözlerimizin ışık şiddetinin hızlı değişimini algısıyla birleşince, en küçük dalgalanmaları bile algılayabileceğimizi göstermektedir. Akkor filamanlı lambanın gerilim dalgalanmasına karşı gösterdiği tepki “kazanç faktörü” olarak tanımlanmaktadır. Bu kazanç faktörü, ışık yoğunluğunun göreceli dalgalanması ile gerilimin göreceli dalgalanmasının oranlanmasıyla hesaplanmaktadır.

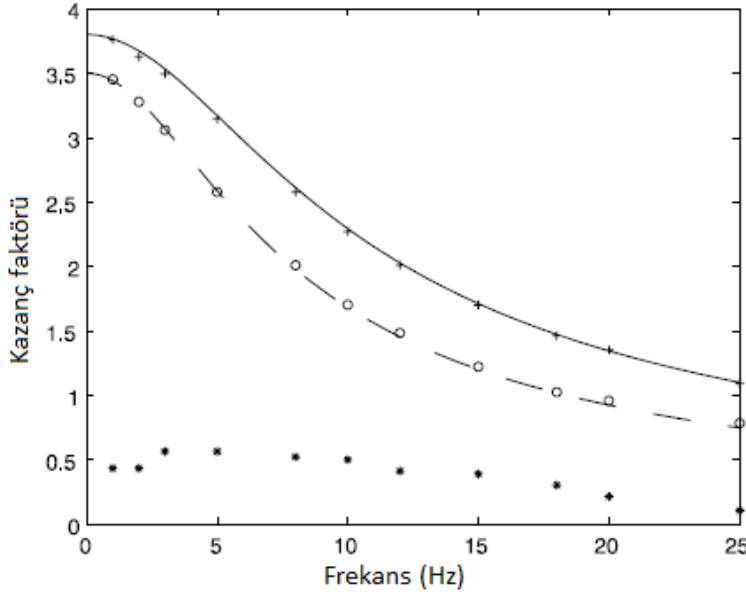
$$G = \frac{(\Delta R)/R}{(\Delta V)/V} \quad (2.6) [2]$$

Eş. 2.6'da ΔR , ışık yoğunluğundaki dalgalanmayı, ΔV ise gerilimin genlik değerindeki dalgalanmayı ifade etmektedir. Aynı şekilde R ortalama ışık yoğunluğunu ve V ise gerilimin

genlik değerinin ortalamasını ifade etmektedir. G ile gösterilen kazanç faktörü, frekans dalgalanmasının bir fonksiyonudur. Her lamba kendine has bir kazanç fonksiyonuna sahiptir.

$$G(f_M) = \frac{K}{\sqrt{1 + (2\pi f_M \tau)^2}} \quad (2.7) [2]$$

Eş. 2.7'de ise, K lambanın kazanç faktörünü ve τ ise lambanın zaman sabitini göstermektedir. Eş. 2.7'nin davranışı, eşitliğin birinci dereceden bir alçak geçiren süzgeç olduğunu söylemektedir. Aynı güç değerindeki iki lambadan 230V'luk olanın kazanç faktörü, 120V olana göre daha yüksektir. Yani bu iki lamba aynı gerilim dalgalanmasına maruz kaldığında 230V'luk lambada daha fazla ışık yoğunluğu değişimi gözlenecektir. Floresan lambalar daha az ışık yoğunluğu değişimi göstermektedirler.



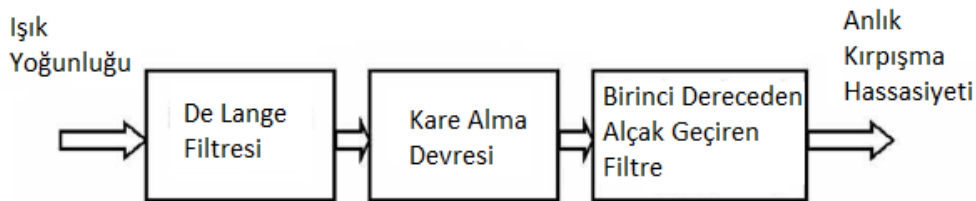
Şekil 2.4. Kazanç faktörünün frekansa bağlı değişimi (+ ile gösterilen 230V'luk lambanın ölçülen değerleri, çizgiyle gösterilen aynı lambanın teorik değeridir. o ile gösterilen ise 120V'luk lambanın ölçülen değerleri, kesikli çizgiyle gösterilen aynı lambanın teorik değeridir. * ile gösterilen değerler floresan lambanın ölçülen değeridir) [2].

Şekil 2.4'te 230V lambanın kazanç faktörü 3,8 ve zaman sabiti $\tau = 21ms$ ve 120V lambanın ise kazanç faktörü 3,5 ve zaman sabiti $\tau = 29ms$ olarak eğriyi tam tutturmak için elle seçilmiştir. Gerçekte tipik zaman sabitleri 230V lamba için $\tau = 19ms$ ve 120V lamba için $\tau = 28ms$ 'dir [2].

2.3.2. Işık değişiminin algılanması

Bir önceki bölümde, gerilim dalgalanmasının nasıl ışık yoğunluğunun değişimine neden olduğu açıklanmıştır. Işık yoğunluğu değişiminin varlığı doğrudan doğruya problem teşkil etmez. Bu durum sadece gözlenebilir olduğunda ilgilenilmesi gereken bir husus olmaktadır. Işık yoğunluğundaki çok yavaş değişimler adım adım artan ya da azalan bir görüntü sergilemektedir. Frekansın artmasıyla birlikte bu adım geçişleri, yavaş yavaş kırışıma dönüşür. İlk etapta hissedilse bile tam olarak gözlemlenemeyen kırışma, zamanla rahatsızlık verici bir boyuta ulaşır. Frekansın daha da artması bu dalgalanmaların zamanla sabitmiş gibi hissedilmesine neden olur ve gözlemcinin kırışma rahatsızlığı sona erer. Bu, kırışmanın hissedilmekten artık kırışma hissini sona erdiği frekansa “füzyon (birleşme) frekansı” adı verilir [2]. Füzyon frekansı aslında ortamdaki aydınlatmaya da bağlıdır. Aydınlatmanın fazla olduğu durumlarda –ki buna koni görüş denilmekte– füzyon frekansı 60Hz’den daha büyük değerler alabilir. Karanlık ortamlarda ise füzyon frekansı 4Hz’e kadar düşmektedir [2].

Kritik kırışma frekansı olarak da adlandırılan füzyon frekansı, ışık yoğunluğu dalgalanmalarının büyüklüğüyle de alakalıdır. 1950’li yıllarda de Lange tarafından yapılan çalışmalarda füzyon frekansı ile bu dalgalanmalar arasındaki ilişki ortaya konulmuştur. Bu çalışmaların günümüze kadar ulaşan en büyük faydası göz-beyin davranışının bir süzgeç karakteristiği ile modellenebilmesi olmuştur. Bu karakteristik halen “de Lange süzgeci” olarak kullanılmaktadır. Daha sonraki zamanlarda Rashbass, Koenderink ve van Doorn tarafından yapılan çalışmalar da IEC standardının temelini oluşturmuştur. Rashbass tarafından geliştirilen ve “Rashbass modeli” olarak adlandırılan model Şekil 2.5’te gösterilmektedir.



Şekil 2.5. Rashbass modeli [2]

Rashbass tarafından geliştirilen ve IEC tarafından kullanılan bu model üç bloktan oluşmaktadır. Bu bloklar, doğrusal bir bant geçiren süzgeç bloğu (De Lange Süzgeci), gözlenen dalgalanmaların genliğini elde etmek için bir kare alma devresi bloğu ve beynin hafıza fonksiyonu modellemek için birinci dereceden bir alçak geçiren süzgeç bloğundan oluşmaktadır [2].

2.3.3. Kırpışma eğrisi

Bu kısma gelene kadar birincisi dalgalanma frekansının bir fonksiyonu olarak ışık kazanç faktörü ve ikincisi dalgalanma frekansının bir fonksiyonu olarak gözlemlenebilir en küçük ışık yoğunluğu dalgalanması olmak üzere iki tane eğriden bahsedildi. Bu iki eğri bir araya getirildiğinde kırpışma eğrisi adı verilen bir eğri elde edilir. Bu eğri gözlemlenebilir bir kırpışmaya neden olan, en küçük gerilim dalgalanmasını, dalgalanma frekansının bir fonksiyonu olarak ifade etmektedir.

Lamba kazanç faktörü her çeşit lambada değiştiği gibi, kırpışma eğrisi de her tip lamba için ayrıdır. Bununla beraber ulusal ve uluslararası standartlarda sadece iki tip lamba modellenmiştir: Avrupa kıtasında en çok kullanılan 60W'lık 230V'luk lamba ve Amerika kıtasında kullanılan 60W'lık 120V'luk lamba. IEC 61000-4-15 standardında her iki lambanın da modeli bulunmaktadır [2]. Kırpışma problemlerinin değerlendirilmesinde genellikle dikdörtgen biçimli gerilim dalgalanmaları esas alınır. Bununla beraber sinüs biçimli gerilim dalgalanması için de kırpışma eğrisi hesaplanabilir. [2]

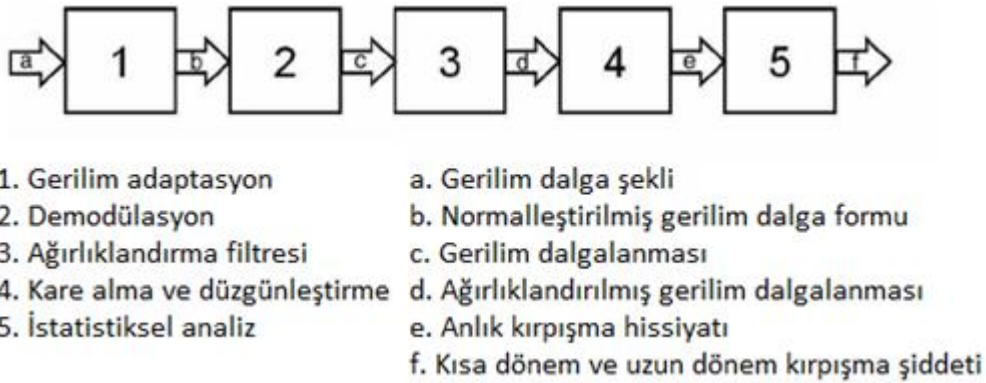
Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2'de toplam analog tepki, sinüs ve dikdörtgen biçimli gerilim dalgalanmaları için verilmiştir. Burada bir birimlik çıkış işareti, insanın algıladığı kırpışma referans eşik seviyesine karşılık gelir. Tepki sinüs biçimli modülasyon için 8,8 Hz'te merkezlenmiştir. [16]

IEC tarafından hesaplanan değerlere bakıldığında gerilim dalgalanmasının frekansa bağlı olarak insan gözü tarafından algılanma eğrisi incelenmiştir. İnsan gözü tarafından en kolay algılanan gerilim dalgalanmasının frekansı 8,8Hz'dir. Dikdörtgen biçimli gerilim dalgalanması için baktığımızda, 230V lamba 50Hz sistemde, sadece %0,2'lik değişim kırpışma olarak algılanabilmektedir.

2.4. Kırpışma Ölçer Standardı

Bir önceki bölümde tanıtılan kırpışma eğrisi, gerilim dalgalanmalarının şiddetini değerlendirmek için yıllardır kullanılmaktadır. Ancak eğri sadece gerilim dalgalanmalarının belli bir şekli için geçerlidir. Örneğin genel olarak bu şekil dikdörtgen dalga biçiminde ve düzeltme katsayıları da üçgen yahut sinüs dalga biçimli olarak verilirdi. Bu bakımdan düzensiz gerilim dalgalanmalarında bu model kullanılamamaktadır.

Herhangi bir düzensiz gerilim dalgalanmasının belirlenmesinde IEC tarafından geliştirilen standart kullanılmaktadır. Bu kırpışma ölçer standardı Rashbass modelini esas almaktadır. Rashbass modelinden farkı giriş kısmıdır. Rashbass'ta giriş olarak ışık yoğunluğu alınırken, IEC standardında giriş olarak gerilim dalga şekli alınır [2]. Şekil 2.6'da standart kırpışma ölçer blok şeması verilmiştir.



Şekil2.6. Standart kırpışma ölçer blok şeması [2]

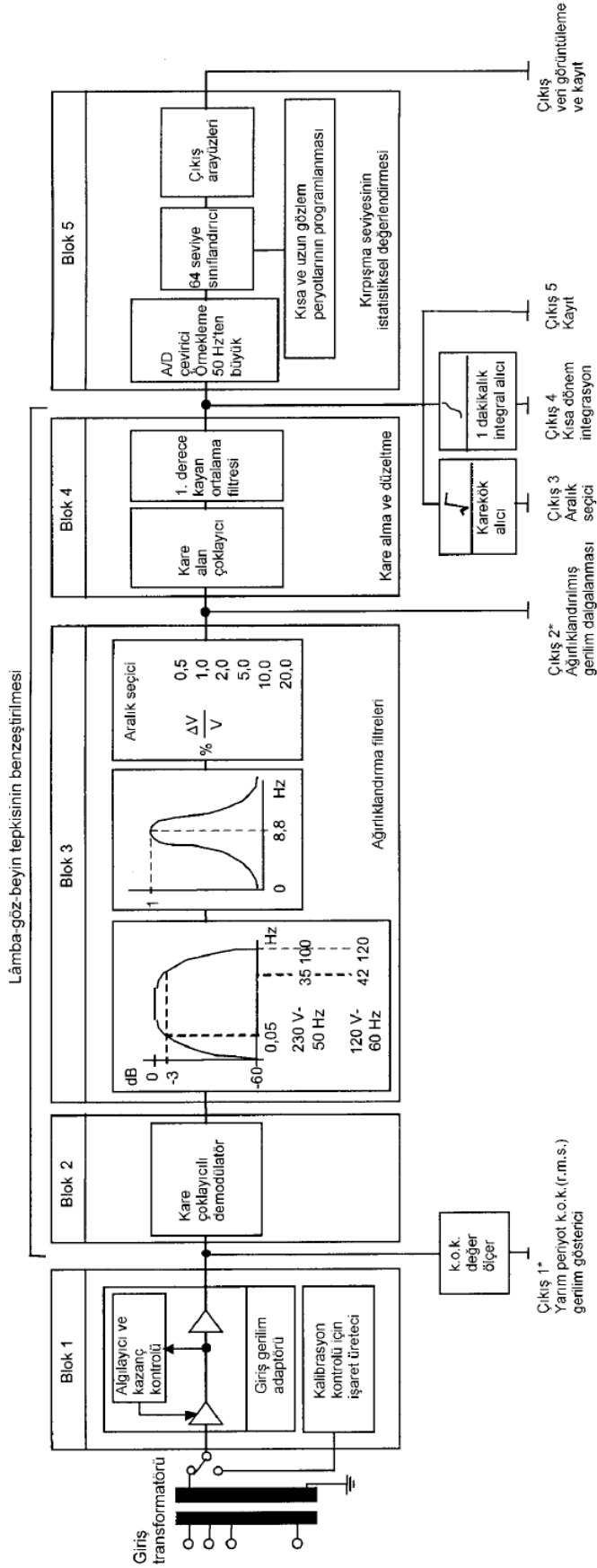
Standart kırpışma ölçer mimarisi, iki parçada incelenebilir. İlk parçada lamba-göz-beyin zincir tepkisinin benzetimi yapılmıştır. Bu kısım blok 2, blok 3 ve blok 4'te yer almaktadır. İkinci parçada ise kırpışma sinyalinin hatta doğrudan bağlı durum analizi yapılmakta ve bu parça da blok 5'te ifade edilmektedir [16]. Standart kırpışma ölçer blok şeması, daha kapsamlı olarak Şekil 2.7'de verilmiştir.

Çizelge2.1. Sinüs biçimli gerilim dalgalanmaları için normalleştirilmiş kırpışma ölçer tepkisi[16]

Hz	Gerilim Dalgalanması		Hz	Gerilim Dalgalanması	
	%			%	
	120V lamba 60Hz sistem	230V lamba 50Hz sistem		120V lamba 60Hz sistem	230V lamba 50Hz sistem
0,5	2,457	2,340	10,0	0,339	0,260
1,0	1,463	1,432	10,5	0,335	0,270
1,5	1,124	1,080	11,0	0,374	0,282
2,0	0,940	0,882	11,5	0,394	0,296
2,5	0,814	0,754	12,0	0,420	0,312
3,0	0,716	0,654	13,0	0,470	0,348
3,5	0,636	0,568	14,0	0,530	0,388
4,0	0,569	0,500	15,0	0,593	0,432
4,5	0,514	0,446	16,0	0,662	0,480
5,0	0,465	0,398	17,0	0,737	0,530
5,5	0,426	0,360	18,0	0,815	0,584
6,0	0,393	0,328	19,0	0,897	0,640
6,5	0,366	0,300	20,0	0,981	0,700
7,0	0,346	0,280	21,0	1,071	0,760
7,5	0,332	0,266	22,0	1,164	0,824
8,0	0,323	0,256	23,0	1,262	0,890
8,8	0,321	0,250	24,0	1,365	0,962
9,5	0,330	0,254	25,0	1,472	1,042
			33,33	Deney gerekmez	2,130
			40,0	4,424	Deney gerekmez

Çizelge2.2. Dikdörtgen biçimli gerilim dalgalanmaları için normalleştirilmiş kırpışma ölçer tepkisi [16]

Hz	Gerilim Dalgalanması		Hz	Gerilim Dalgalanması	
	%			%	
	120V lamba 60Hz sistem	230V lamba 50Hz sistem		120V lamba 60Hz sistem	230V lamba 50Hz sistem
0,5	0,600	0,514	10,0	0,264	0,205
1,0	0,547	0,471	10,5	0,280	0,213
1,5	0,504	0,432	11,0	0,297	0,223
2,0	0,471	0,401	11,5	0,309	0,234
2,5	0,439	0,374	12,0	0,323	0,246
3,0	0,421	0,355	13,0	0,369	0,275
3,5	0,407	0,345	14,0	0,411	0,308
4,0	0,394	0,333	15,0	0,459	0,344
4,5	0,371	0,316	16,0	0,513	0,376
5,0	0,349	0,293	17,0	0,580	0,413
5,5	0,323	0,269	18,0	0,632	0,452
6,0	0,302	0,249	19,0	0,692	0,498
6,5	0,282	0,231	20,0	0,752	0,546
7,0	0,269	0,217	21,0	0,818	0,586
7,5	0,258	0,207	22,0	0,853	0,604
8,0	0,255	0,201	23,0	0,946	0,680
8,8	0,253	0,199	24,0	1,072	0,743
9,5	0,257	0,200	33,33	Deney gerekmez	1,67
			40,0	3,46	Deney gerekmez



Şekil 2.7. Kırpışma ölçerin IEC tarafından verilen detaylı blok şeması [16]

2.4.1. Gerilim uyarlama bloğu

Gerilim uyarlama bloğu uzun süreli ortalamalar olarak sabit bir çıkış gerilimi yaratır. Ortalama alınan süre, düşük gerilim dalgalanmalarından etkilenmeyecek kadar uzun olmalıdır. [2]

IEC standardında gözlem periyodu ayarlanabilen iki zaman aralığıyla tanımlanır: T_{uzun} ve $T_{kısa}$. Uzun aralık toplam gözlem süresini tanımlar ve Eş. 2.8'de gösterildiği gibi her zaman kısa aralığın tam katıdır:

$$T_{uzun} = n \times T_{kısa} \quad (2.8) [2]$$

$T_{kısa}$, 1 dakika, 5 dakika, 10 dakika veya 15 dakika olarak seçilebilir. T_{uzun} seçilen $T_{kısa}$ 'nın tam sayı katı ve en az 1008 katı olmak zorundadır. 10 dakikalık $T_{kısa}$ süresi 7 günlük bir süreye karşılık gelmektedir [16].

2.4.2. Demodülasyon bloğu

Kırpışma ölçer standardındaki ikinci bloğun amacı gerilim dalga formundan, gerilim dalgalanmalarını elde etmektir. Gerilim dalga formunu genlik modülasyonu ile ifade edilirse, Eş. 2.9'daki ifade elde edilir.

$$v(t) = A[1 + m(t)] \cos(2\pi f_0 t) \quad (2.9) [2]$$

Demodülasyon bloğunun amacı Eş. 2.9'da görölen $m(t)$ 'yi yani genlik modülasyonlu ifadeyi elde etmektir. Bunu yapmak için $v(t)$ fonksiyonun karesini almak gerekmektedir. Haberleşme sistemlerinde $m(t)$ 'yi elde etmenin birden fazla yöntemi vardır [21]. İlki karıştırma adı verilen bir yöntemdir. Bu yöntemde sinyal taşıyıcı dalğanın frekansındaki sinyalle çarpılır. Elde edilen sonuç çift sinyal bileşenlerini elemek için alçak geçiren süzgeçten ve dc bileşenleri elemek için yüksek geçiren süzgeçten geçirilir. Uygulaması zor bir yöntemdir. Faz kilitlemeli bir döngüye ve dar bir bant geçiren süzgece ihtiyaç vardır [2].

İkinci olarak zarf detektörü kullanılabilir. Bu oldukça basit bir devredir, bir diyot, iki kapasitör ve iki dirençten oluşmaktadır. Analog sinyallerde uygulaması kolay olsa da dijital sinyaller üzerinde pikleri algılamakta sıkıntılar yaşanmaktadır. Ayrıca yüksek düzeyde bozuk sinyallerin algılanmasında daha kullanışsızdır [2].

Üçüncü ve son olarak kare alma demodülasyonu ele alınacaktır. Karıştırma yöntemindeki taşıyıcı dalga ile çarpma yöntemi yerine Eş. 2.10'da gösterildiği gibi sinyal kendisiyle çarpılmaktadır [21].

$$v(t)^2 = A^2 [1 + 2m(t) + m(t)^2] \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos(4\pi f_0 t) \right] \quad (2.10) [2]$$

Elde edilen bu ifadede, doğru akım (DA) bileşenleri ve çift frekans terimleri çıkarıldığı zaman Eş. 2.11 elde edilir;

$$v(t)^2 = A^2 m(t) + A^2 m(t)^2 \quad (2.11) [2]$$

Küçük gerilim dalgalanmaları için $m(t) \ll 1$ olduğundan karesi alınan ikinci ifade ihmal edilebilir. Gerçekte de gerilim dalgalanmaları sinyalin orijinal haliyle kıyaslandığında çok küçük olduğundan bu yaklaşım doğru kabul edilebilir.

Kırışma ölçer standardında kare alan demodülatör kullanılmaktadır. Ancak bu bölümde anlatılanlara bakıldığı zaman ilk başta verilen karıştırma metodu da kullanılabilir.

2.4.3. Ağırlıklandırma süzgeci bloğu

Kırışma ölçer standardındaki üçüncü ve dördüncü bloklar genellikle bir arada incelenir. Bunun nedeni art arda gelen bu blokların lamba-göz-beyin davranışını modellemesidir. Bu kısım Şekil 2.5'te gösterilen Rashbass modeliyle neredeyse aynıdır. Rashbass modelinde giriş olarak ışık dalgalanması alınırken, standartta gerilim dalgalanması giriş olarak alınmaktadır [2].

Üçüncü blok, art arda bağlanmış iki süzgeç ve bir ölçme aralığı seçiciden oluşur. Bu ölçme aralığı seçici, süzgeç devresinden önce ve ya sonra gelebilir. Aralık seçici, ölçülecek gerilim dalgalanmasının genliğine uygun olarak kazancı değiştirerek sistemin hassasiyetini belirler. İlk süzgeç, kare alan demodülatörden kaynaklanan çift frekans bileşenlerinin elenmesini sağlar [16].

İkinci süzgeç ağırlıklandırma bloğudur. Bu süzgeç bloğu insanın görme sistemine uygun, sinüs biçimli gerilim dalgalanmalarının frekans tepkisini benzeştirmek için kullanılır. Bu tepki, bobinli veya filamanlı gaz doldurulmuş 60W-230V ve/veya 60W-120V akkor lambalar

için hesaplanır. Tepki fonksiyonu deneyden geçirilen insanların %50'si tarafından her bir frekanstaki algılanabilir eşik değerine dayandırılmıştır [16].

Ancak bazı uygulamalarda kare alan demodulatörden kaynaklanan çift frekans terimlerinin elenmesi amaçlı kullanılan alçak geçiren süzgeç dördüncü blokta yer alır. Bunun nedeni, bir blok içerisinde birden fazla süzgeç kullanmanın fonksiyonellik açısından tutarsız olabileceği endişesidir. [2] Uygulaması yapılan bu çalışma kapsamında alçak geçiren süzgeç üçüncü blokta yer almaktadır.

Ağırlıklandırma süzgecinin transfer fonksiyonu, kırpışma ölçer standardında Laplace bölgesinde (s bölgesinde) tanımlanmıştır ve Eş. 2.12'de ifade edilmiştir;

$$F(s) = \frac{k\omega_1 s}{s^2 + 2\lambda s + \omega_1^2} \times \frac{1 + s/\omega_2}{(1 + s/\omega_3)(1 + s/\omega_4)} \quad (2.12) [2]$$

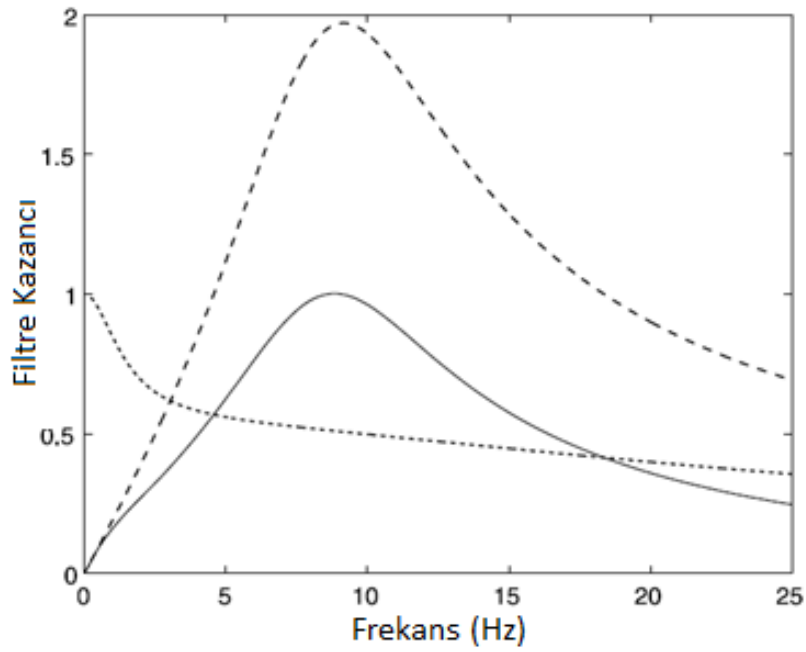
Standartta iki tip lamba temel alınmakta olduğu daha evvel belirtilmiştir. Sadece bu iki tip lamba esas alındığı için ağırlıklandırma süzgecinin katsayıları da sadece bu iki lamba için hesaplanmış olup, katsayılar Çizelge2.3'te verilmiştir.

230V-60W'lık sistem esas alındığı zaman Eş. 2.12'de ifade edilen transfer fonksiyonunun genel tepkisi Şekil2.8'de sürekli çizgiyle gösterilmiştir. Nokta nokta gösterilen tepki ilk kısmın, yani bant geçiren süzgecinin tepkisini göstermektedir. Süzgeç 9 Hz civarında maksimum bant geçiş özelliğine sahiptir. Son olarak ikinci süzgecin alçak geçiren süzgeç olarak katkısı kesik çizgiyle gösterilmektedir. Bu süzgeç, 2Hz'e kadar hızlı bir zayıflatma etkisi gösterdikten sonra zayıflatma etkisi azalarak devam etmektedir. Sonuç olarak toplam tepki, bant geçiren süzgeç özelliği göstermekle birlikte 8,8 Hz'de en fazla değerine ulaşmaktadır.

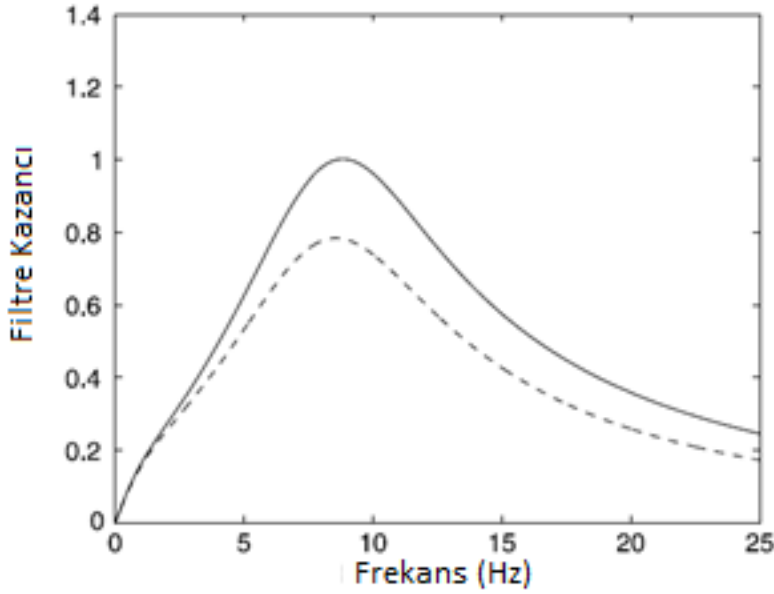
Şekil2.9'da ise ağırlıklandırma süzgecinin 120V sistem ve 230V sistem için karşılaştırılması yapılmıştır. Grafikten de görüldüğü üzere 120V sistemin tepkisi daha azdır, zira ışık yoğunluğu dalgalanması da 120V sistemde daha azdır.

Çizelge 2.3. Ağırlıklandırma süzgecinin iki tip lamba için katsayıları [16]

	230V, 60W	120V, 60W
k	1,74802	1,6357
λ	2π 4,05981 Hz	2π 4,167375 Hz
ω_1	2π 9,15494 Hz	2π 9,077169 Hz
ω_2	2π 2,27979 Hz	2π 2,939902 Hz
ω_3	2π 1,22535 Hz	2π 1,394468 Hz
ω_4	2π 21,9Hz	2π 17,31512 Hz



Şekil 2.8. 230V-60W sistemdeki süzgeçlerin Çizelge2.3'teki katsayılarına göre frekans tepkileri[16]



Şekil 2.9. Ağırlıklandırma süzgecinin 120V (kesikli çizgi) ve 230V (sürekli çizgi) sistem tepkisinin kıyaslanması[16]

2.4.4. Kare alma ve düzgünleştirme bloğu

Kırışma ölçer standardındaki dördüncü blok, kare alma çoklayıcısından ve birinci dereceden alçak geçiren süzgeçten oluşmaktadır. İnsanın lamba, göz, beyin yoluyla kırışmayı hissetmesi blok iki, blok üç ve blok dördün doğrusal olmayan tepkisiyle benzeştirilmiştir. Dördüncü blok iki fonksiyona sahiptir;

- Ağırlıklandırılmış kırışma sinyalinin karesini alarak, doğrusal olmayan göz-beyin algılamasını belirlemek,
- Beynin depolama etkisinin benzetimini yapmak için sinyalin kayan ortalamasını almak.

Kayan ortalama alan işlemci, zaman sabiti 300 msn olan birinci dereceden alçak geçiren direnç ve kondansatörlü süzgecin transfer fonksiyonuna sahip olmalıdır [16].

Dördüncü bloğun çıkışı, "s" ile gösterilen anlık kırışma hassasiyetini göstermektedir.[16]

Dördüncü bloğun çalışmasını anlamak için bu kısma kadar neler yapıldığını baştan incelemek gerekirse, ilk etapta Eş. 2.13'te verilen sinüs biçimli salınıma sahip sinyal olsun;

$$v(t) = \sqrt{2}V[1 + M\cos(2\pi f_M t + \phi_M)] \cos(2\pi f_0 t) \quad (2.13) [2]$$

Demodülatör çıkışında yani ağırlıklandırma süzgecinin girişinde ise Eş. 2.14'te verilen modüle edilmiş sinyal bulunmaktadır;

$$m(t) = M \cos(2\pi f_M t + \phi_M) \quad (2.14) [2]$$

Modüle edilmiş sinyale ağırlıklandırma süzgecinin etkisi ölçekleme ve faz kayması olarak yansyacaktır. Ölçekleme ve faz kayması, Eş. 2.15'te ifade edildiği üzere modülasyon frekansının bir fonksiyonu olarak ifade edilebilir;

$$m'(t) = MF(f_M) \cos(2\pi f_M t + \phi'_M) \quad (2.15) [2]$$

Eş. 2.15'teki ifadenin karesi alındığında sonuç Eş. 2.16 olarak bulunur;

$$[m'(t)]^2 = \frac{1}{2} [MF(f_M)]^2 + \frac{1}{2} [MF(f_M)]^2 \cos(4\pi f_M t + 2\phi'_M) \quad (2.16) [2]$$

Alçak geçiren süzgeç, Eş. 2.16'da ilk terimi geçirir, ancak ikinci terimi yani salınım yapan terimi sönmümler. Salınım yapan terimin sönmülenme denklemi zaman sabiti $\tau = 300\text{msn}$ olmak üzere Eş. 2.19'da verilmiştir;

$$F_{LPF} = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^2 \tau^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 16 \pi^2 f_M^2 \tau^2}} \quad (2.19) [2]$$

Süzgecin giriş frekansının $2f_M$ olduğunu ve dolayısıyla $\omega = 4\pi f_M$ olduğunu belirtmekte fayda var. Rashbass modeline göre de, dördüncü bloğun çıkışı anlık kırpışma hassasiyetini vermektedir. Dolayısıyla "P" ile gösterilen anlık kırpışma hassasiyeti Eş. 2.20'de gösterildiği gibidir;

$$P = \frac{1}{2} [MF(f_M)]^2 \quad (2.20) [2]$$

Burada gerilim salınım frekansı f_M olmak üzere, $F(f_M)$ ağırlıklandırma süzgeci transfer fonksiyonunun mutlak değeri olmak üzere verilir. Yani $F(f_M)$ sayısal bir değer olarak belirtilmektedir.

2.4.5. İstatistiksel analiz bloğu

Dördüncü bloğun çıkışında elde edilen anlık kırpışma hassasiyeti, istatistiksel olarak son blokta yani beşinci blokta incelenir. Anlık kırpışma hassasiyeti, standarda göre sürekli-

zamanlı bir sinyaldir. Yapılan tez çalışmasında ise sayısal gerçekleştirme yapıldığı için, bütün blokların çıkışı sayısaldir. Beşinci bloğun sonunda elde edilen analiz sonuçları ise 10 dakikalık kısa dönem kırpışma şiddeti (P_{kd} , kısa dönem) veya 2 saatlik uzun dönem kırpışma şiddeti (P_{ud} , uzun dönem) olarak tanımlanır. Bu aşamada anlık kırpışma hassasiyeti ile kısa dönem kırpışma şiddeti arasındaki farkı vurgulamak oldukça önemlidir [2].

Bu noktada anlık kırpışma hissi “230V-60W akkor lamba için gözlemcilerin %50’sinin algılama eşğine” karşılık gelmektedir. Yani anlık kırpışma hissini 1 olması durumunda gözlemcilerin en az yarısı kırpışmayı algılamaktadır. Daha önce de belirtildiği üzere anlık kırpışma hassasiyeti ilginç bir fiziksel niceliktir; önemli olan, bu birimin gerilim dalgalanması şiddetinin karakteristiğinin incelenmesinde tercih edilmemesi gerektiğidir [2].

Kırpışmanın ölçülmesi esnasında yapılan analizde, sayısal olarak en az 6 bit çözünürlük, dolayısıyla 64 adım kullanılması gerektiği ve en düşük örnekleme frekansının saniyede 50 örnek olması gerektiği standartta belirtilmiştir [16].

Kısa dönem kırpışma şiddeti P_{kd} , anlık kırpışma hassasiyetinin (s ’nin) bir olasılık dağılım fonksiyonu olarak on dakikalık süreler için hesaplanır [2]. Kırpışma ölçer standardında saniyede en az 50 örnek alınması gerektiği, dolayısıyla 10 dakikalık süre için 30 000 örnek alınarak hesap yapılması gerektiği ifade edilmiştir [16]. Kırpışma ölçer standardına göre P_{kd} değeri Eş. 2.21’de verilen eşitlikle hesaplanır. Eş. 2.21’de verilen $P_{0,1}$, P_1 , P_3 , P_{10} ve P_{50} çarpanları, gözlem periyodu içindeki zamanın %0,1, %1, %3, %10 ve %50’sini aşan kırpışma seviyeleridir.

$$P_{kd} = \sqrt{0,0314P_{0,1} + 0,0525P_{1s} + 0,0657P_{3s} + 0,28P_{10s} + 0,08P_{50s}} \quad (2.21) [16]$$

Eş.2.21’de gösterilen s katsayıları düzleştirilmiş (smoothed) değerlerin kullanılabileceğini göstermektedir [16]. Bu katsayıların hesaplanma yöntemi Eş.2.22, Eş.2.23, Eş.2.24 ve Eş.2.25’te verilmiştir. $P_{0,1}$ aniden değiştirilemeyeceği için bu zaman dilimi için düzeltme gerekmemektedir [16].

$$P_{50s} = (P_{30} + P_{50} + P_{80})/3 \quad (2.22) [16]$$

$$P_{10s} = (P_6 + P_8 + P_{10} + P_{13} + P_{17})/5 \quad (2.23) [16]$$

$$P_{3s} = (P_{2,2} + P_3 + P_4)/3 \quad (2.24) [16]$$

$$P_{1s} = (P_{0,7} + P_1 + P_{1,5})/3 \quad (2.25) [16]$$

3. GELİŞTİRİLEN SAYISAL KIRPIŞMA ÖLÇER SİSTEMİ

Bu tez çalışması kapsamında, IEC kırpışma ölçerinin sayısal gerçekleştirilmesi yapılmış ve doğrudan prizden IEC 61000-4-15 Standardına uygun kırpışma ölçümü yapan bir sistem geliştirilmiştir. IEC 61000-4-15 Standardında analog tasarımlar için tarif edilen sistem, sayısal olarak tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Sayısal gerçekleştirilmenin yapılabilmesi için standardın tarif ettiği şartlara uymak koşuluyla akış şemasında bazı değişikliklere gidilmiştir. Geliştirilen sistem üç aşamada oluşturulmuştur:

- i. Analog olarak IEC 61000-4-15 standardında tanımlanan kırpışma ölçerinin, MATLAB benzetim ortamında IEC standardına göre sayısal olarak gerçekleştirilmesi ve doğru çalışmasının gösterilmesi,
- ii. Herhangi bir şehir şebekesi prizinden alınan gerilim sinyalinin bilgisayara aktarılması ve bunun için donanım tasarımı,
- iii. Önceki iki basamaktaki yazılım ve donanım sisteminin birleştirilerek çalıştırılması ve çalışmasının gösterilebilmesi için sinyal üretici ile IEC 61000-4-15 standardında önerilen test sinyallerinin sisteme verilerek doğrulamanın yapılması.

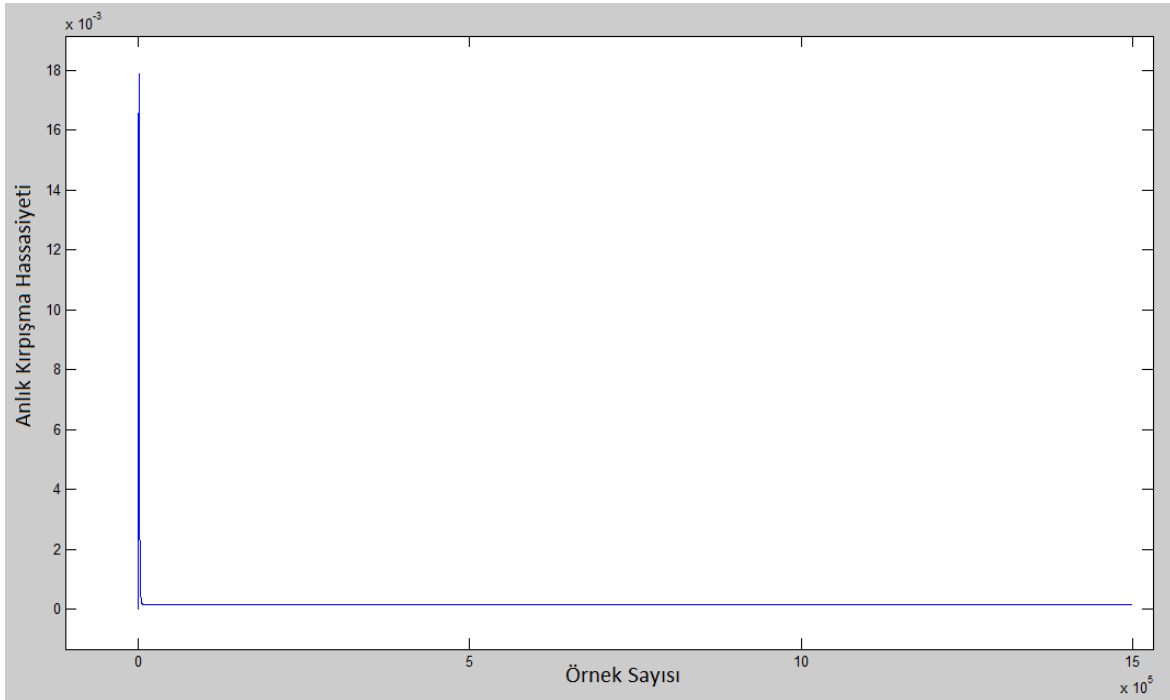
3.1. IEC Kırpışma Ölçerinin Sayısal Gerçeklenmesinin Yazılımsal Doğrulama Çalışmaları

İlk etapta IEC kırpışma ölçerinin sayısal gerçekleştirilmesini oluşturan MATLAB kodunun doğru çalışıp çalışmadığını göstermek amaçlı denemeler yapılmıştır. MATLAB benzetim ortamında yapılan benzetim çalışmalarında örnekleme frekansı 2500Hz olan bir sinüs sinyali verilmektedir. Bu sinüs sinyali tüm deneylerde olduğu gibi kısa dönemli kırpışmanın hesaplanabilmesi amacıyla 10 dakikalık süre boyunca üretilmektedir.

Normal şartlar altında, düzgün bir sinüs biçimli sinyal olduğunda P_{kd} değerinin sıfır çıkması gerekmektedir. Düzgün bir sinüs biçimli sinyal olduğunda herhangi bir kırpışma yoktur ve dolayısıyla kimse bir kırpışma gözlemleyemez. Ancak MATLAB benzetim ortamında üretilen düzgün sinüs biçimli sinyal, MATLAB benzetim ortamında çalıştırıldığında elde edilen P_{kd} değeri 0,0147 olarak tespit edilmektedir.

Bunun sebebi, sinyal ilk uygulandığı anda standartta tek tek açıklanan süzgeçlerin başlangıç koşullarının sıfır konumunda olmasıdır. Yani ilk anda sıfır konumunda olan süzgeçler, sinyal uygulandığında konum değiştirecekler ve bu da kırpışma olarak algılanacaktır. Aslında

sürekli bir kırpışma olmasa da anlık kırpışma hassasiyetini etkileyen bir durum oluşacaktır. Bu durum karanlıkta lambanın yanıp ortamın aydınlatılmasını sağlayan ve aslında herkes tarafından algılanan bir aydınlatma değişimidir. Şekil3.1’de giriş gerilimi düzgün sinüs olarak seçildiğinde oluşan anlık kırpışma hassasiyetinin (yani IEC kırpışma ölçerinin 4. Blok çıkışının) alınan zamana (örnek sayısına) göre değişimi verilmektedir. Ancak beklediğimiz gibi tam sıfır çıkmasa da, elde edilen sonuç yüzdellik dilim olarak standartta belirtilen değerleri aşmamaktadır [16]. Standartta sapma miktarı $\pm\%5$ olarak belirlenmiş olup, yapılan bu deneyde hata oranı $\%1,47$ olarak elde edilmiştir. P_{kd} değerinin 0,0147 çıkmasına neden olan anlık kırpışma hassasiyeti eğrisi Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. MATLAB benzetim ortamında oluşturulan sinyalin anlık kırpışma hassasiyeti (2500Hz örnekleme frekansı olduğundan 10 dakikadaki toplam örnek sayısı 1 500 000’dir. P_{st} değerinin 0,0147 çıkmasına neden olan anlık kırpışma hassasiyeti $t>0$ anında gözlemlenmektedir).

Ayrıca standartta belirtilen genlik modülasyonlu bir sinyal, kırpışma ölçer sistemine uygulandığında 4. Blok’un çıkışı olan anlık kırpışma hassasiyetinin ortalamasının 1 olması gerekmektedir. Bahsi geçen sinyalin genel denklemi Eş. 3.1’de verilmiştir [16].

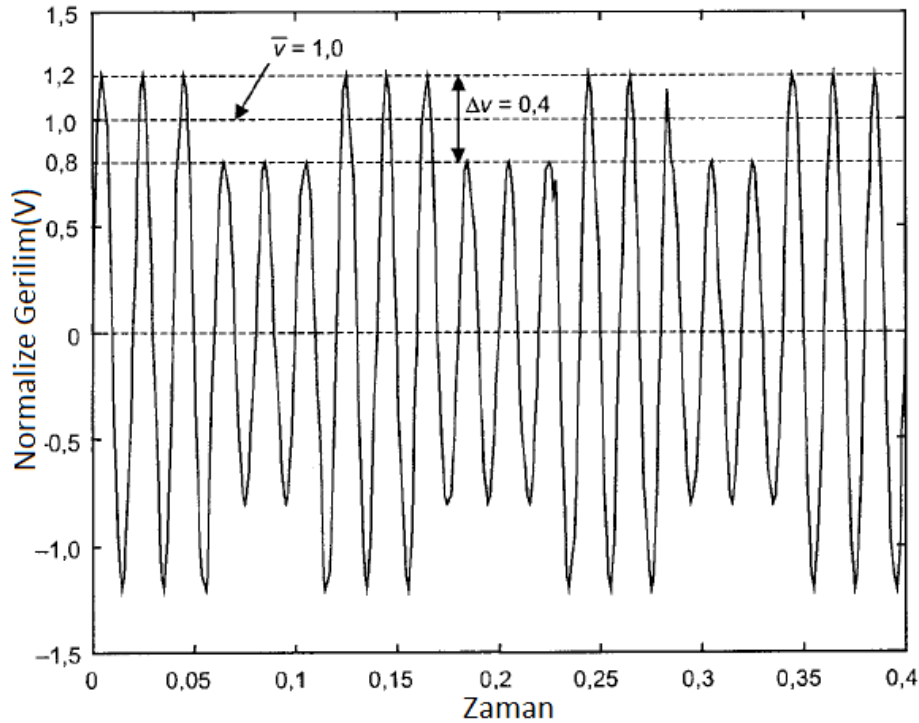
$$v(t) = 1x\sin(2\pi f_0 t)x \left\{ 1 + \frac{\Delta V}{V} x \frac{1}{2} x \text{signum}[\sin(2\pi(f_m)t)] \right\} \quad (4.1)$$

Eş. 4.1’de $v(t)$ genlik modülasyonlu zaman fonksiyonunu, f_0 taşıyıcı sinyalin yani elektrik şebekesinin frekansını, f_M genlik modülasyon frekansını (yani gerilim dalgalanmasının frekansını) vermektedir. Modülasyonda signum fonksiyonu kullanılması, gerilim değişimlerinin dikdörtgen biçimli olduğu anlamına gelmektedir. Eş. 3.1’de signum fonksiyonundan önce gelen $1/2$ değeri, $\Delta V/V$ ’nin yarısının sinyalin tepe değerinde, yarısının çukur değerinde değişeceğini ifade etmektedir.

IEC 61000-4-15 standardında Eş. 3.1’de $\Delta V/V$ değeri %40, f_m değeri 8,8Hz ve f_0 değeri 50Hz alındığı zaman ortaya çıkan sinyal Eş. 3.2’de verilmiştir. Dikdörtgen gerilim değişimleri 8,8Hz’lik frekans değerlerinde meydana gelmektedir.

$$v(t) = 1x\sin(2\pi 50t)x \left\{ 1 + \frac{40}{100} x \frac{1}{2} x \text{signum}[\sin(2\pi(8,8)t)] \right\} \quad (3.2)$$

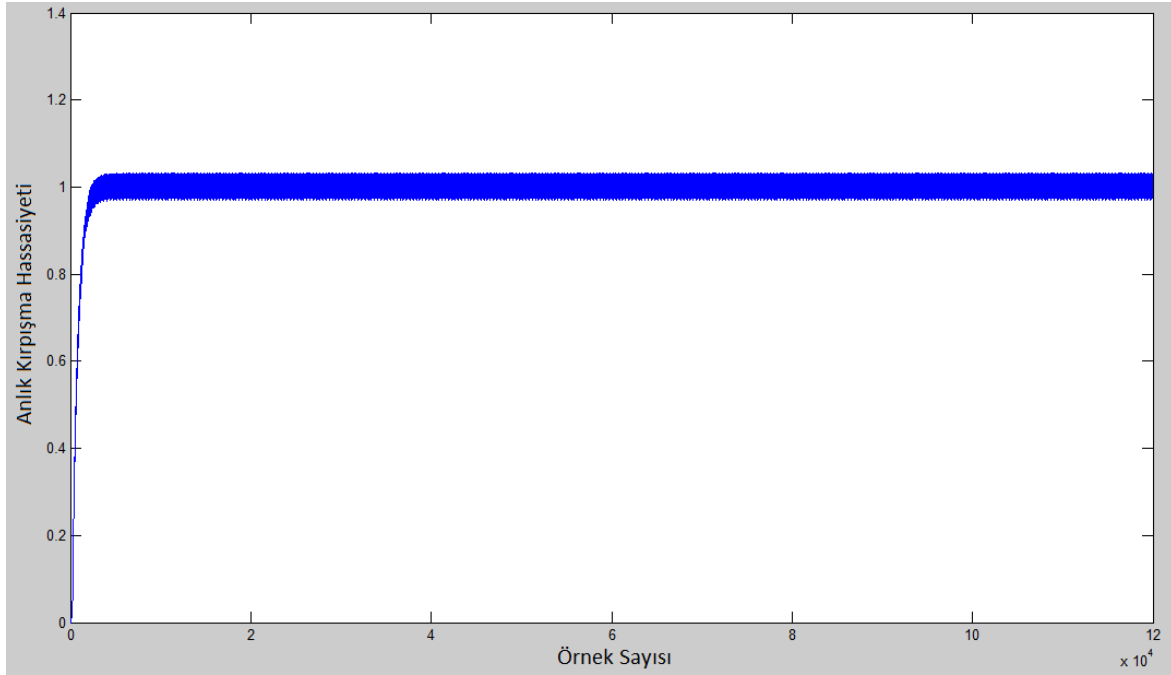
Bir tam periyod, düşme ve yükselme olarak iki ayrı değişimden meydana geldiği için saniyedeki değişim sayısı 8,8’in iki katı olan 17,6 olmaktadır [16]. Şekil 3.2’de Eş.3.2’de ifade edilen sinyalin çizimi verilmiştir [16].



Şekil3.2. Eş 3.2’de tanımlanan sinyal (Dikdörtgen biçimli gerilim değişimi $\Delta V/V = \%40$, frekansı 8,8Hz, 17,6 değişim/saniye olmak üzere) [16].

Eş. 3.1'deki sinyal, kırışma frekansı 8,8Hz ve kırışma genliği $\Delta V/V$ değeri Çizelge 2.2'de verilen değerlere göre kırışma hassasiyetinin ortalaması 1 olacak şekilde %0,199 seçilerek oluşturulmuş ve benzetim ortamında kırışma hassasiyeti hesaplanmıştır. MATLAB benzetim ortamında üretilen sinyalin, IEC kırışma ölçerinin sayısal gerçekleştirilmesi kullanılarak anlık kırışma hassasiyetinin ortalama değeri 0,9971 olarak hesaplanmıştır. Bu deneyde karıştırılmaması gereken husus ise, anlık kırışma hassasiyetinin ortalama değerinin 1 çıkmasıdır, kısa dönem kırışma hassasiyeti ile ilgili olarak standartta bir bilgi verilmemiştir. Deney sonucu hesaplanan P_{kd} değeri 0,7229 çıkmıştır. Yapılan deney sonucu elde edilen anlık kırışma hassasiyetinin zamana bağlı değişimi Şekil 3.3'te verilmiştir. Bahsi geçen sinyal Eş.3.3'te verilmiştir.

$$v(t) = 1x\sin(2\pi 50t)x \left\{ 1 + \frac{0,199}{100} x \frac{1}{2} x \text{signum}[\sin(2\pi(8,8)t)] \right\} \quad (3.3)$$



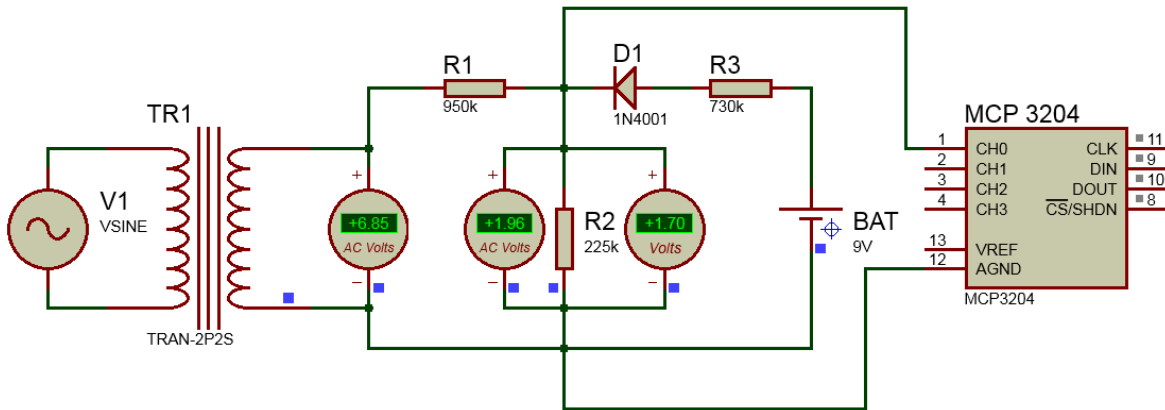
Şekil 3.3. Eş. 3.3'e göre yapılan doğrulama için yapılan benzetim çalışmasında anlık kırışma hassasiyetinin zamana bağlı değişimi

Dolayısıyla, kullanılan IEC kırışma ölçerinin sayısal gerçekleştirilmesini oluşturan MATLAB kodunun standarda [16] uygun bir şekilde çalıştığı gösterilmiştir.

3.2. Sayısal Kırpışma Ölçer Sistemine Gerilim Uygulanması

Geliştirilen sayısal kırpışma ölçer sistemine gerilim uygulamak için öncelikle giriş gerilim aralığının belirlenmesi gerekmektedir. Kullanılan Arduino Due mikrodenetleyicisinin giriş gerilimi 0 – 3,3V arası değiştiğinden alınan sinyale bir ofset gerilimi uygulanması gerekli olmuştur. Örnekleme amacıyla düşürülen gerilim 2V KOK ve 1,8V DA değere sahiptir. Şekil3.4'te gösterildiği gibi devreye uygulanan gerilim 0,385V ile 3,2V aralığında değişmektedir. Alınan örnekler Şekil3.4'te gösterilen devredeki R3 direnci üzerinden alınmaktadır.

Tasarlanan bu devrenin giriş empedansı mümkün olduğunca Arduino Due'nin giriş empedansına yakın tutulmaya çalışılmıştır. Arduino Due'nin analog girişlerinin empedansı 1M Ω civarındadır. Dolayısıyla düşük direnç değerinden yüksek direnç değerine geçerken yansıma olmaması için yüksek değerlikli dirençler kullanılmıştır. Bu durum yansımadan kaynaklı sinyal bozulmalarının önüne geçmektedir. Ayrıca kullanılan osiloskopların da giriş empedansları 1M Ω 'dur. Direnç değerlerinin uyumlu olması, aynı anda hem veri toplanmasına hem osiloskoptan alınan verilerin izlenmesine olanak sağlamaktadır. Elektrik şebekesi pozitif alternanstayken, doğru akım kaynağının etkilenmemesi için Şekil 3.4'teki D1 diyotu kullanılmıştır.



Şekil 3.4. Arduino Due'ye gerilim uygulamak için geliştirilen giriş devresi

Giriş gerilimine ofset geriliminin uygulanması, sonucu kesinlikle etkilememektedir. Çünkü kırpışma değeri hesaplanırken MATLAB benzetim ortamında yapılan ilk iş, alınan gerilim sinyalinden DA bileşenleri çıkarmaktır.

3.3. Yazılım ve Donanım Parçalarının Birleştirilerek Doğrulaması

IEC 61000-4-15 standardına göre geliştirilen kırpışma ölçerlerinin doğrulamasının yapılabilmesi için birkaç yöntem mevcuttur. Bu bölümde yapılan doğrulama testlerinden bahsedilecektir.

3.3.1. Kısa dönemli kırpışma (P_{kd}) değeri üzerinden yapılan doğrulama

IEC 61000-4-15 standardında verilen ve Çizelge 3.1'de gösterilen sinyaller giriş olarak kırpışma ölçere verildiğinde kırpışma ölçerin çıkışındaki kısa dönem kırpışma şiddeti P_{kd} değerinin $1 \pm 0,05$ aralığında olması gerekmektedir [16]. Üretilcek sinyalin modeli Eş.3.1'de verilmiştir. Bu modelde f_m 'nin kırpışma frekansını, $\Delta V/V$ 'nin ise kırpışma genliğinin sinyalin genliğine oranı olduğu bir önceki bölümde belirtilmiştir. Bu verilerin yanı sıra, her kırpışma ölçer ve kırpışma ölçer sınıflandırıcısı için Çizelge 2.2'de verilen dikdörtgen biçimli gerilim değişimleri, kırpışma ölçere uygulanmalıdır [16].

Çizelge 3.1. Kırpışma ölçer sınıflandırıcısı için deney şartları [16]

Dakikadaki dikdörtgen biçimli değişim	Gerilim değişimleri (%) $\frac{\Delta V}{V}$	
	120V lamba 60Hz sistem	230V lamba 50Hz sistem
1	3,166	2,724
2	2,568	2,211
7	1,695	1,459
39	1,044	0,906
110	0,841	0,725
1620	0,547	0,402
4000	Deney gerekmez	2,40
4800	4,834	Deney gerekmez

Çizelge 3.1'de verilen değerlerde dakikadaki 1620 dikdörtgen biçimli değişim 13,5Hz'e karşılık gelir [16]. Zira bir periyodun tamamlanabilmesi için tam iki değişim olması

gerekmektedir. Bu bakımdan *dakikadaki değişim sayısı/2x60 saniye* alınarak hesap yapılmalıdır. $1620/120 = 13,5$ olmaktadır. Bu çalışma kapsamında yapılan deneylerin tamamı 230V lamba ve 50Hz sistemler için yapılmıştır.

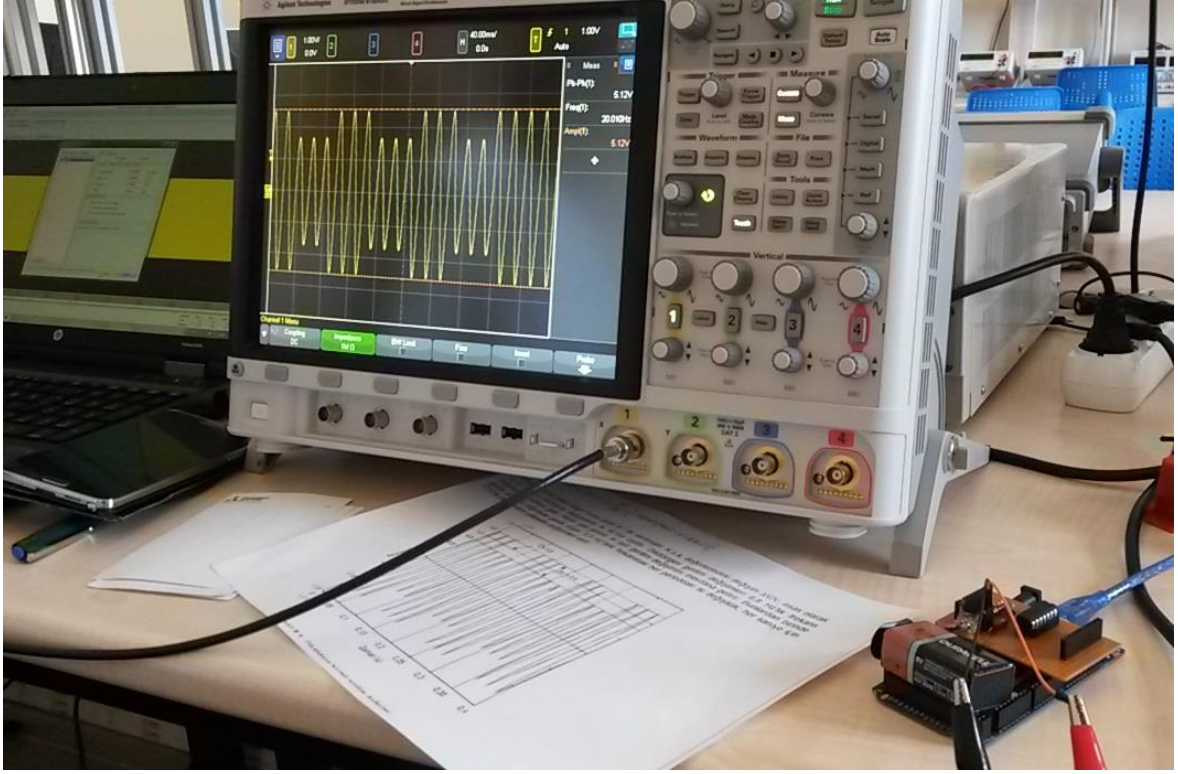
İlk etapta, üretilen sinyal Agilent MSO-X 4154 serisi osiloskop ile görüntülenmiş olup Resim 3.1’de gösterilmiştir. Şekil 3.2’de gösterilen ve Eş. 3.2’de tarif edilen sinyal üretilip istenilen sinyalin üretilebildiği osiloskop ile doğrulanmıştır.

Yapılan çalışmalar sonucunda IEC kırpışma ölçer standardında belirtilen değerlere karşı Çizelge 3.2’deki 4. Sütundaki kısa dönemli kırpışma değerleri (P_{kd}) elde edilmiştir. Aynı sinyaller karşılaştırma açısından, MATLAB benzetim ortamında da üretilerek IEC kırpışma ölçerinin sayısal gerçeklemesini yapan algoritma ile P_{kd} hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 3.2’nin 3. Sütununda gösterilmiştir. Bu bağlamda yapılan çalışmalar sonucu elde edilen P_{kd} değerlerindeki sapma oranının MATLAB benzetimlerinde %0,16 ile %2,81 arasında değiştığı, Sayısal Kırpışma Ölçer Sistemine göre de %2,56 ile %4,98 arasında değiştığı gözlemlenmektedir.

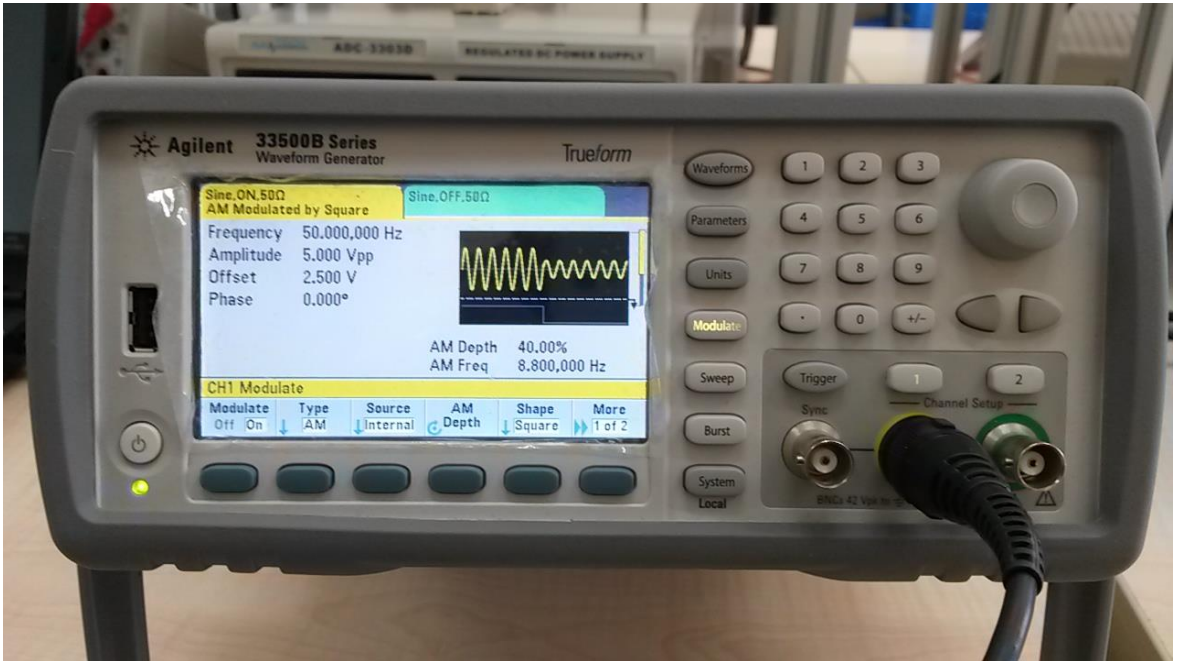
Sonuç olarak IEC kırpışma ölçerinin sayısal gerçeklemesini yapan algoritmanın, IEC standardında önerilen test sinyalleri bilgisayar ortamında üretilip geliştirilen sisteme verilip testler gerçekleştirildiğinde IEC kırpışma ölçer standardına göre ortalama yaklaşık %2 hata payı ile çalıştığı gösterilmiştir [16]. Bunun yanı sıra IEC kırpışma ölçerinin sayısal gerçeklemesini yapan algoritmanın, IEC standardında önerilen test sinyalleri sinyal üreticinde üretilip geliştirilen sisteme verilip testler gerçekleştirildiğinde ise, IEC kırpışma ölçer standardına göre ortalama yaklaşık %3 hata payı ile çalıştığı gösterilmiştir [16].

Aradaki farkın Agilent 33500B serisi sinyal üreticinin çıkışındaki muhtemel oynamalardan ve çevresel gürültülerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Böylece gerçekleştirilen kırpışma ölçer sisteminin standarda uygun şekilde P_{kd} değerlerini hesaplayabildiği gösterilmiştir. Zira standartta izin verilen hata payı %5’tir [16]. Alınan ölçümler sonucu elde edilen P_{kd} değerlerinin hiçbirisi %5’lik hata sınırını aşmamıştır.

MATLAB ortamında yapılan benzetim sonucu elde edilen P_{kd} değerleri ile Sayısal Kırpışma Ölçer Sistemi ile elde edilen P_{kd} değeri Çizelge 3.2’de verilmiştir.



Resim3.1. Şekil 3.2’de gösterilen gerilimin sinyal üretici ile üretildiğini gösteren osiloskop ekranı görüntüsü



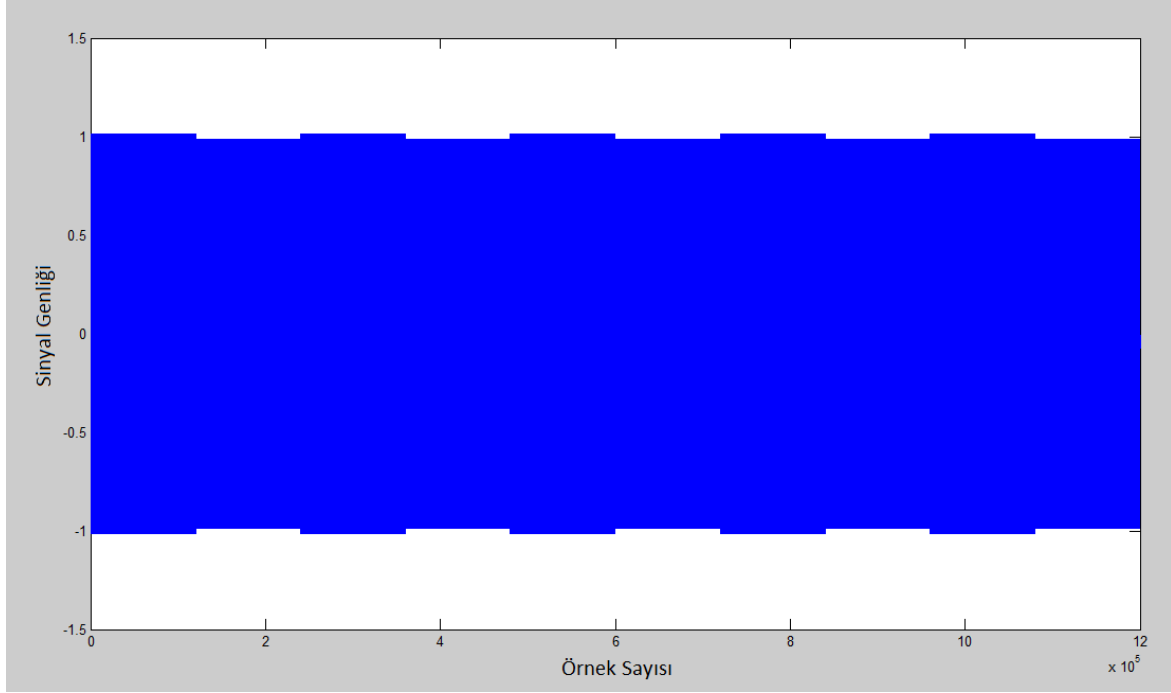
Resim 3.2. Doğrulama testlerinin uygulamasında kullanılan Agilent 33500 serisi sinyal üretici

Çizelge3.2. Kırpışma ölçer sınıflandırıcısı için deney şartlarına karşılık elde edilen deney sonuçları.

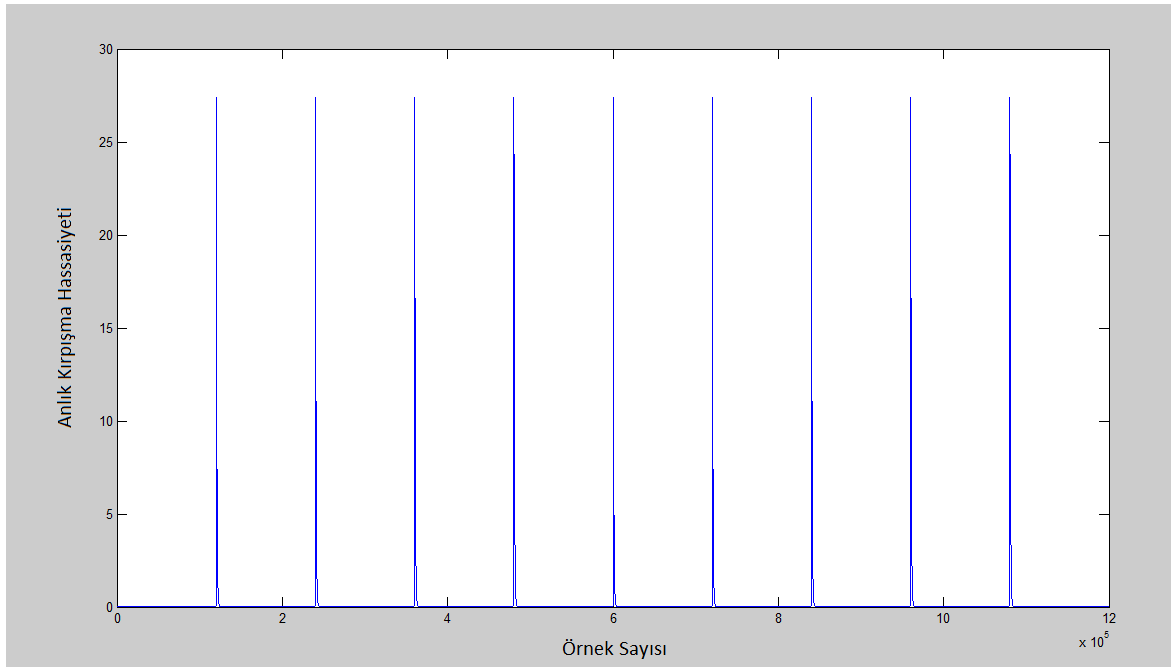
Dakikadaki dikdörtgen biçimli değişim	Gerilim değişimleri (%) $\frac{\Delta V}{V}$	MATLAB ortamında yapılan benzetim sonucu elde edilen P_{kd} değeri	Sayısal Kırpışma Ölçer Sistemi ile elde edilen P_{kd} değeri
1	2,724	0,9719	1,0333
2	2,211	0,9925	1,0256
7	1,459	1,0016	1,0332
39	0,906	1,0127	1,0331
110	0,725	1,0035	1,0498
1620	0,402	0,9869	1,0277
4000	2,40	1,0211	1,0327

Çizelge 3.2’de verilen değerlerin daha iyi anlaşılması ve elde edilen sonuçların gözlemlenebilmesi adına Şekil 3.5 ve Şekil 3.6’da MATLAB ortamında yapılan benzetimler için oluşturulan giriş gerilimi ve bulunan anlık kırpışma hassasiyetine (4. Blok’un çıkışı) birer örnek verilmiştir.

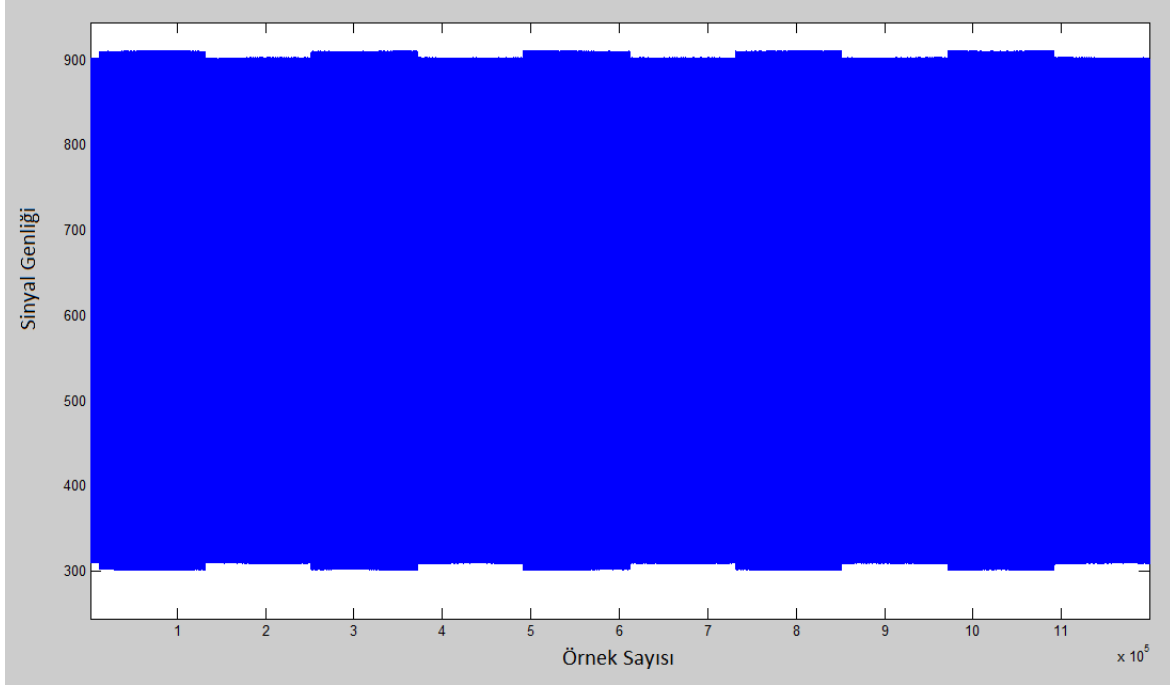
Şekil 3.7 ve Şekil 3.8’de ise gerçekleştirilen sayısal kırpışma ölçerine Agilent 33500B sinyal üretici ile uygulanan veri ve buna karşılık bulunan anlık kırpışma hassasiyetine birer örnek gösterilmiştir.



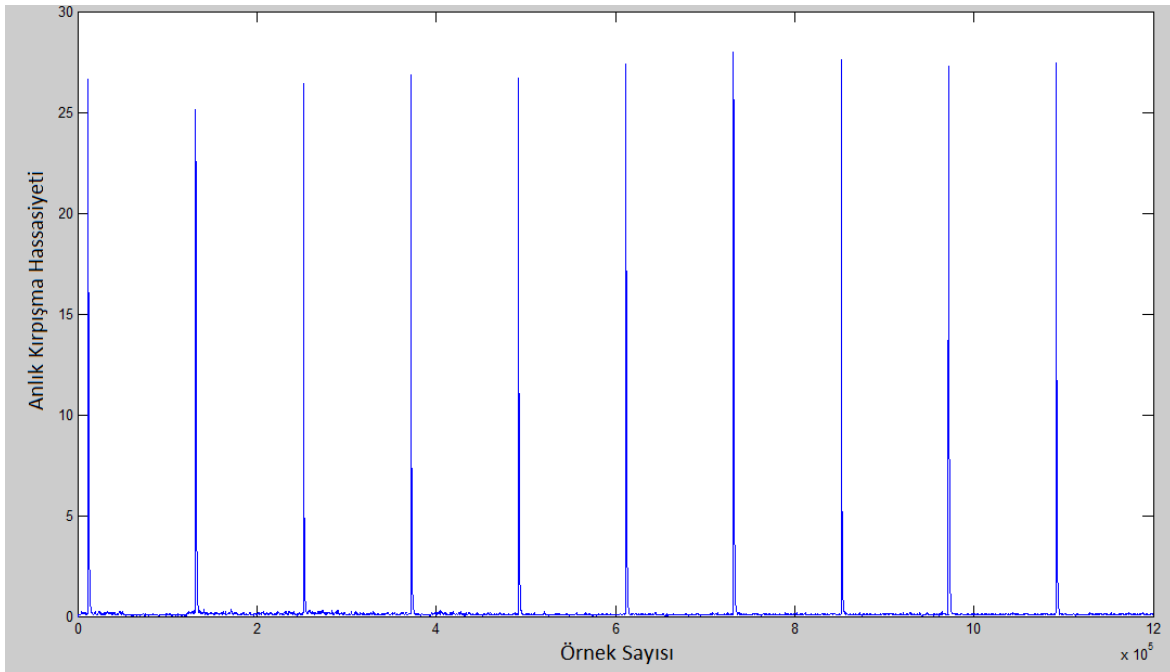
Şekil3.5. MATLAB ortamında benzetimi yapılarak alınan örnek sayısının sinyal genliğine bağlı değişimi (10 dakikalık ölçüm alınması ve saniyede 2000 örnek alınması sonucu toplam örnek sayısı 1.200.000'dir. Şekil 3.5'te, Çizelge 3.1'de ilk satırda verilen dakikada "1" dikdörtgen biçimli değişimin benzetimi yapılmıştır. Şekil 3.5'te 10 dakikalık sürenin benzetimi yapıldığından, toplamda 10 tane dikdörtgen biçimli değişim gözlemlenmektedir).



Şekil 3.6. Anlık kırışma hassasiyetinin MATLAB ortamında benzetimi yapılarak alınan örnek sayısına göre değişimi (Kırışma hassasiyetinin tepe değerine ulaştığı yerler dikdörtgen biçimli değişimlere denk gelmektedir.).



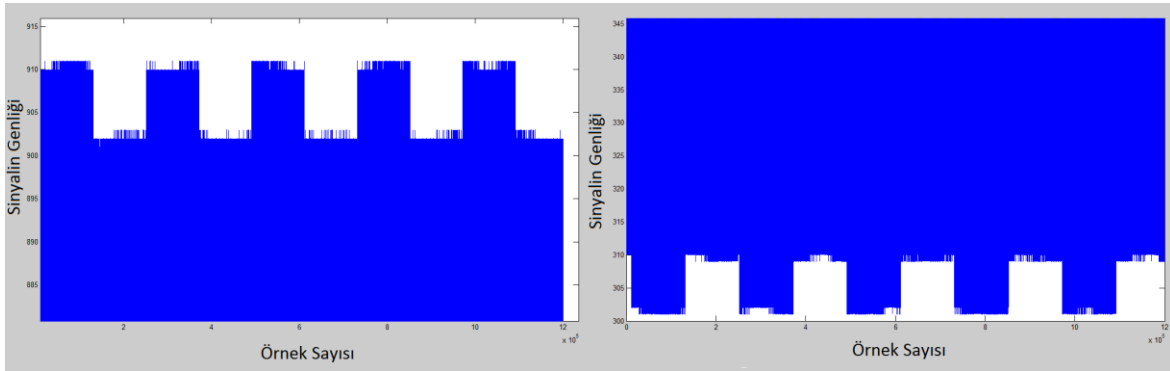
Şekil3.7. Agilent 33500B serisi sinyal üreticisiyle üretilen ve geliştirilen Kırpışma Ölçer Sisteminin aldığı sinyalin örnek sayısına bağlı değişimi (10 dakikalık ölçüm alınması ve saniyede 2000 örnek alınması sonucu toplam örnek sayısı 1 200 000'dir).



Şekil3.8. Anlık kırpışma hassasiyetinin geliştirilen sayısal kırpışma ölçer sisteminden alınan örnek sayısına göre değişimi (Kırpışma hassasiyetinin tepe değerine ulaştığı yerler dikdörtgen biçimli değişimlere denk gelmektedir).

Şekil 3.8'de görüldüğü üzere anlık kırpışma hassasiyeti dikdörtgen biçimli değişim noktalarında zirve yapmıştır. Ancak benzetimde dikdörtgen biçimli değişim noktaları haricinde sıfır olan anlık kırpışma hassasiyeti, Şekil 3.8'de gözlemlenen küçük genlik değişimlerinin etkisiyle P_{kd} değerinin artmasında rol oynamışlardır.

Şekil 3.7'de gözlemlenen örneklerdeki küçük genlik değişimleri, daha detaylı olarak Şekil 3.9'da verilmiştir.



Şekil3.9. IEC Kırpışma Ölçer Sisteminden alınan örnek sayısının sinyal genliğine bağlı değişiminin yakından incelenmesi.

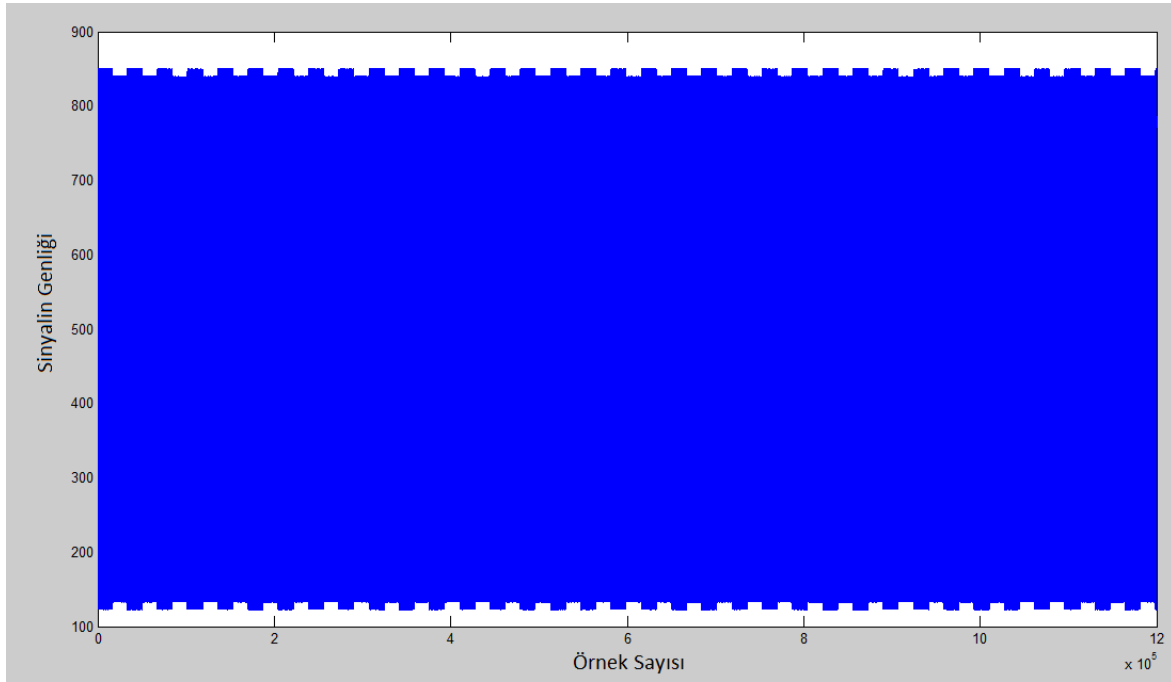
3.3.2. P_{kd} Değerinin doğrusal olarak artırılması ile yapılan doğrulama

Kısa dönemli kırpışma hassasiyeti (P_{kd}), gerilim dalgalanmasının gerilime oranına ($\Delta V / V$) doğrusal olarak bağlıdır. Yani doğrulama yapmak için P_{kd} değeri üzerinden yapılan çalışmanın yanı sıra gerilim dalgalanmasının gerilime oranı, $\Delta V / V$, değiştirilerek de doğrulama yapılabilir.

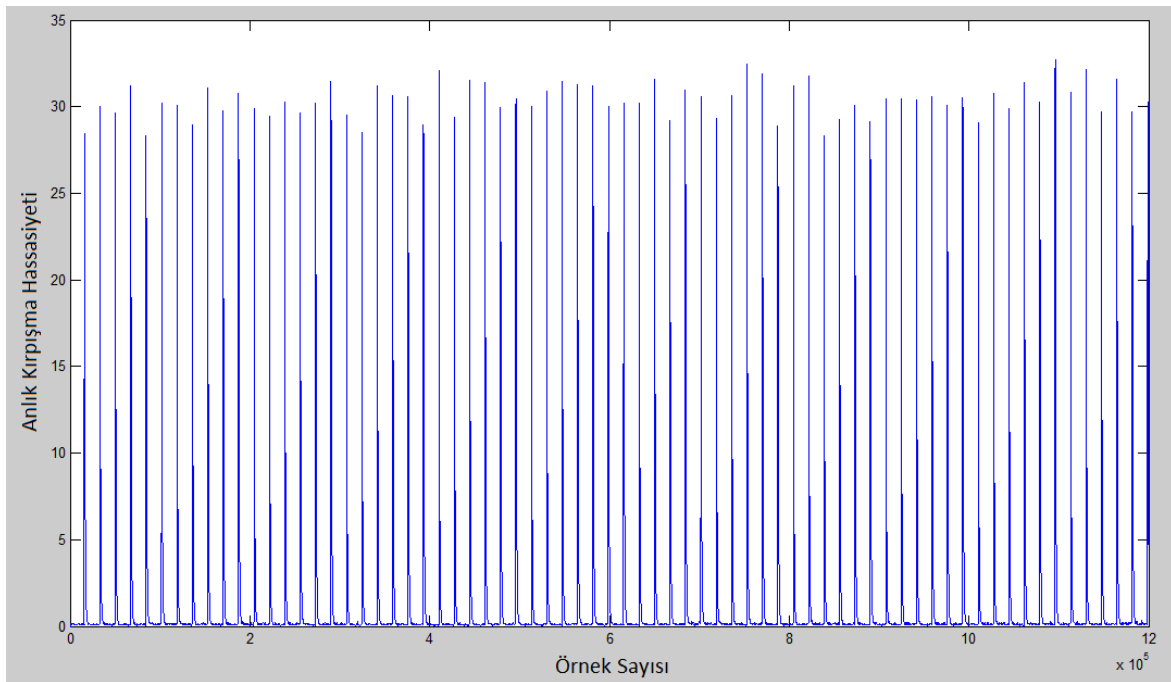
Çizelge 3.2'de verilen değerlere karşılık P_{kd} değerleri $1 \pm 0,05$ olarak bulunmuştu. Gerilim dalgalanmasının gerilime oranı ($\Delta V / V$) 2 kat arttığında, P_{kd} değeri de 2 kat artacaktır [16]. Örneğin dakikada 7 dikdörtgen biçimli değişiklik varken gerilim dalgalanmasının gerilime oranı ($\Delta V / V$) %1,46'dan %4,38'e 3 kat artıyorsa, P_{kd} değeri de $3 \pm 0,05$ aralığında olmalıdır [16].

Şekil 3.10'da dakikada 7 dikdörtgen biçimli değişiklik varken gerilim dalgalanmasının gerilime oranının ($\Delta V / V$) %1,46'dan %2,92'ye iki kat artırılması gösterilmiştir. Şekil 3.11'de ise örnek sayısına ve dolaylı olarak zamana bağlı değişen anlık kırpışma hassasiyeti

gösterilmektedir. Yapılan bu çalışma sonucu P_{kd} değeri 2,0059 bulunmuş, hata oranı % 0,59 olarak tespit edilmiştir.



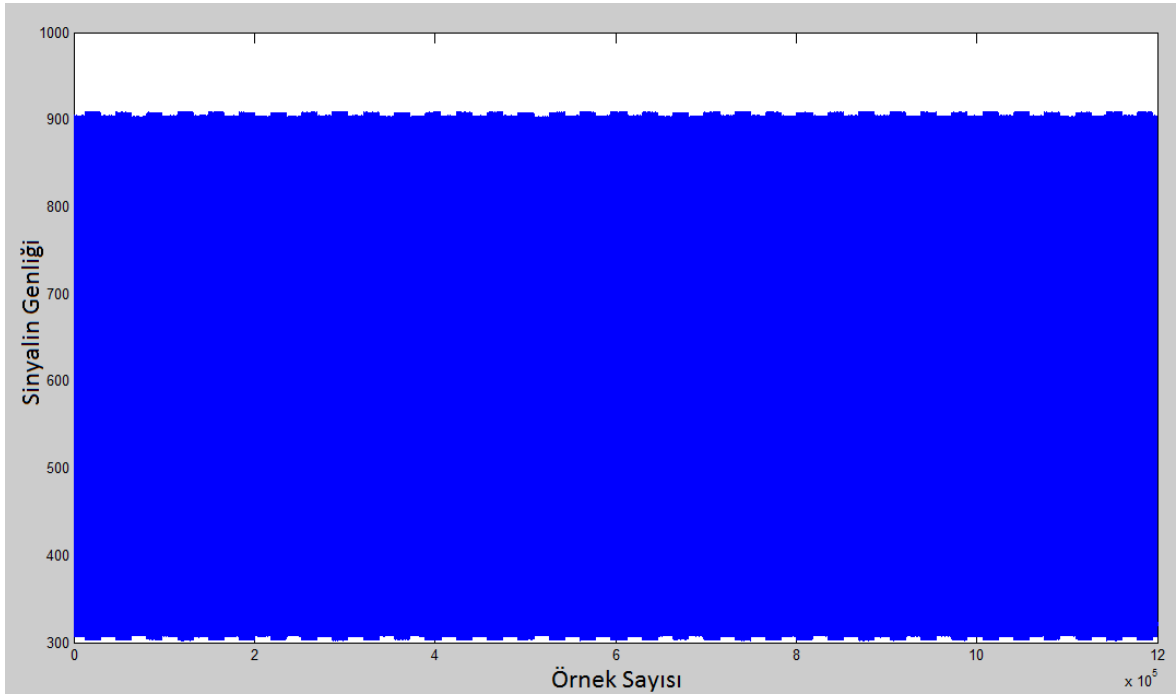
Şekil 3.10. Çizelge 3.1'deki değere göre $\Delta V / V$ oranı iki kat artırılmış, dakikada dikdörtgen biçimli değişiklik sayısı 7 olan sinyal.



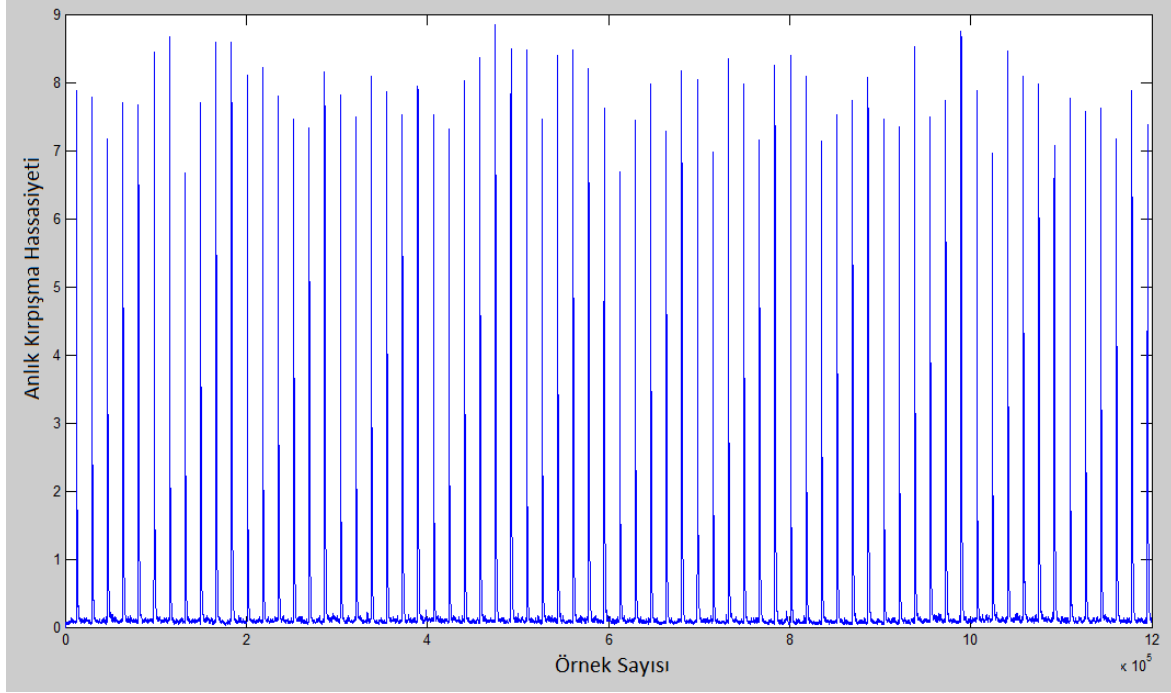
Şekil 3.11. Çizelge 3.1'deki değere göre $\Delta V / V$ oranı iki kat artırılmış, dakikada dikdörtgen biçimli değişiklik sayısı yedi olan sinyalin örnek sayısına karşılık anlık kırpışma hassasiyeti.

Dakikadaki dikdörtgen biçimli değişiklik sayısı yedi olan sinyalin Çizelge 3.1'e göre $\Delta V / V$ oranı %1,46 olan hali Şekil 3.12'de, $\Delta V / V$ oranı %1,46 olan haline göre elde edilmiş anlık kırpışma hassasiyeti de Şekil 3.13'te verilmiştir.

Dakikada 7 dikdörtgen biçimli değişiklik varken gerilim dalgalanmasının gerilime oranının ($\Delta V / V$) %1,46'dan %2,92'ye iki kat artırıldığında, MATLAB ortamında yapılan benzetim sonucunda da P_{kd} değeri 2,0029 bulunmuş, hata oranı %0,29 olarak tespit edilmiştir.



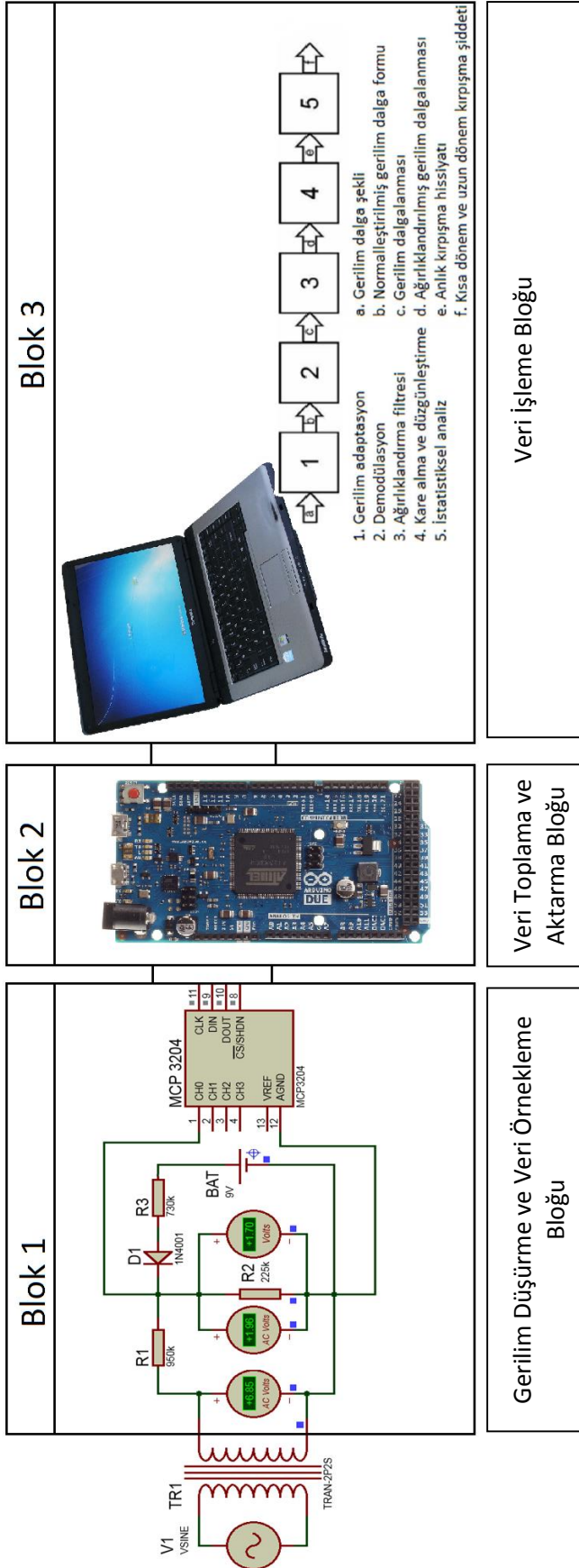
Şekil3.12. Çizelge 3.1'deki değere göre $\Delta V / V$ oranı %1,46 olan, dakikadaki dikdörtgen biçimli değişiklik sayısı 7 olan sinyal.



Şekil3.13. Çizelge 3.1'deki değere göre $\Delta V / V$ oranı %1,46 olan, dakikadaki dikdörtgen biçimli değişiklik sayısı yedi olan sinyalin örnek sayısına karşılık anlık kırışma hassasiyeti.

3.4. Gerçekleştirilen Sayısal Kırışma Ölçer Sisteminin Genel Özellikleri

Tasarımı ve gerçeklemesi yapılan sayısal kırışma ölçer sisteminde örnekleme için 12 bit çözünürlük tercih edilmiş ve saniyede 2000 örnek alınmıştır. Bu durumda gerilim, 4096 adıma bölünmüş ve temel frekansın bir çevrimi başına 40 örnek alınmıştır. Gerilim sinyali en baştan örneklenmiş olduğu için, geliştirilen sistemde IEC kırışma ölçerinin dördüncü bloğunun (Şekil 2.7) sonunda elde edilen anlık kırışma hassasiyeti sayısaldir ve 2kHz örnekleme frekansındadır. Dolayısıyla, geliştirilen sistemde IEC kırışma ölçerinin beşinci bloğunun başındaki analogdan sayısala dönüştüren kısım yoktur. Analogdan sayısala dönüştürme işlemi gerilim uyarlama bloğunun hemen sonrasında bulunmaktadır. Şekil 3.14'te yapılan çalışmanın akış şeması verilmiştir. Bu şemaya göre verinin şehir şebekesinden toplanması öncelikle giriş transformatörü ve örnekleme entegresi vasıtası ile yapılmaktadır. Ardından örneklenen veri mikrodenetleyici (Arduino Due) vasıtasıyla toplanmakta ve bilgisayara aktarılmaktadır. Veri bilgisayara aktarıldıktan sonra 2. Bölümde anlatılan IEC kırışma ölçer standardındaki bloklara göre gelen veri işlenmekte ve sonuç olarak bilgisayardan kısa dönem kırışma şiddeti (Pkd) değeri alınmakta, anlık kırışma hassasiyet, giriş sinyali gibi grafikler de çizdirilebilmektedir.



Şekil 3.14. Geliştirilen kırpışma ölçer sisteminin akış şeması

4. Bölüm’de Sayısal Kırpışma Ölçer Sisteminin gerçekleştirilme aşamaları ayrıntılarıyla anlatılacaktır.

4. SAYISAL KIRPIŞMA ÖLÇER SİSTEMİNİN GERÇEKLEŞTİRİLME AŞAMALARI

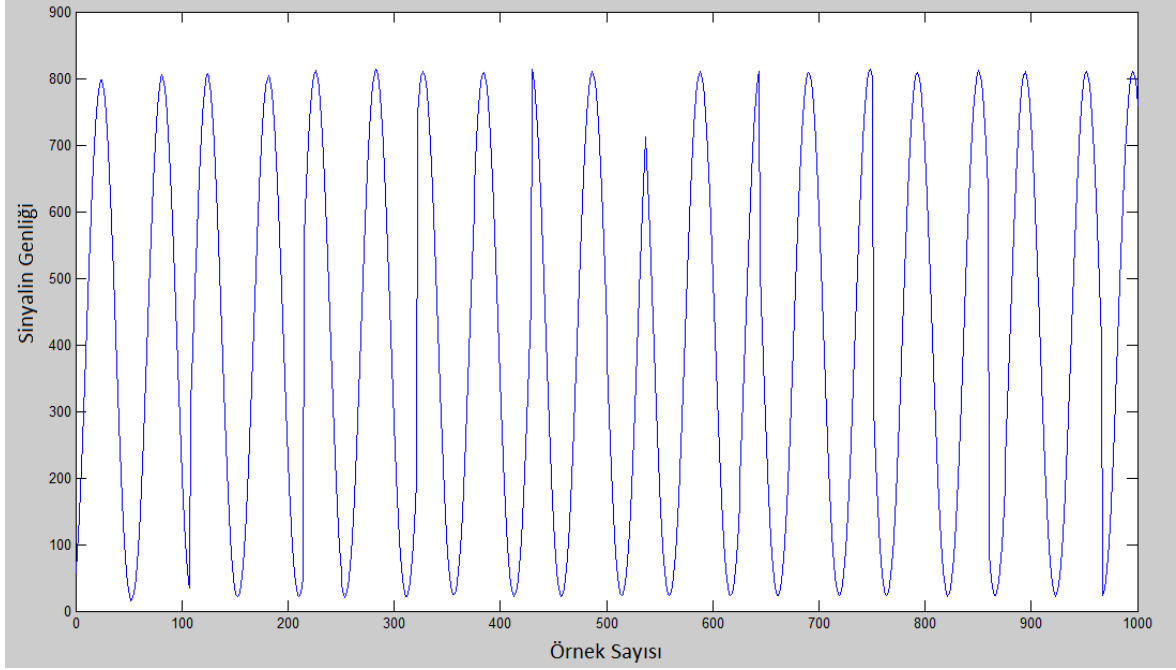
Bu kısımda, Sayısal Kırpışma Ölçer Sisteminin gerçekleştirilme aşamaları açıklanacaktır. Çalışma kapsamında 32 bit ARM işlemcili 84MHz işlemci hızına, donanımsal olarak 4 seri haberleşme portuna (UART: Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) sahip Arduino Due kullanılmıştır. Bu mikrodenetleyicinin iki seri portu kullanılmıştır. Kullanılan portların ilki örnekleme yapmaya yarayan MCP3204 entegresi ile iletişimi sağlarken ikincisi örneklenen verinin kayba uğramadan bilgisayara aktarılmasında kullanılmıştır. Arduino Due'nin girişinden uygulanabilecek gerilim 0-3,3V olarak değişmektedir. Bu bakımdan 230V KOK değerinden 7V KOK değerine düşürülmüştür. Arduino Due'nin üzerinde analogdan sayısala dönüştürücü olmasına rağmen başarımı çok iyi bulunmamış ve alınan örneklerin daha sağlıklı olması amacıyla Texas Instruments tarafından üretilen MCP3204 isimli ADC entegresi kullanılmıştır.

Elektrik şebekesinden örnek almak için ilk etapta Arduino Uno ve ardından Arduino Due kullanılmıştır.

4.1. Mikrodenetleyici Olarak Arduino Uno Kullanılarak Yapılan Deneyler

İlk etapta Arduino Uno'nun 10 bit ADC'si kullanıldığında sinyal üretici tarafından üretilen sinyal tam sinüs olmasına rağmen örnekleme başarısız olmuştur.

Şekil 4.1'de 10 bit kullanılarak elde edilen sinyalin MATLAB benzetim ortamında çizdirilmiş hali mevcuttur. Şekilden de anlaşıldığı üzere Arduino'dan alınan bu verinin MATLAB benzetim ortamında çalıştırılması sonucu P_{kd} değeri yüksek bir değer elde edilecektir. Hali hazırda örnekleme frekansını tespit etmek için 600 msn boyunca veri alınmış ve hafıza kartında depolanmıştır. 600 msn süresince alınan 1500 örnek, örnekleme frekansının 2500Hz olduğunu belirtmektedir.



Şekil 4.1. Arduino Uno'nun ADC'si kullanıldığında elde edilen sinyal

Örneklemenin başarısız olma sebepleri incelendiği zaman ilk öne çıkan neden, seri haberleşme hızının 9600 sembol/sn. olmasıdır. Saniyede 2500 örnek alındığı ve her örneğin 10bit olduğu göz önünde bulundurulursa bu sembol hızının yetersiz olduğu görülmektedir. Veriler bu şekilde alındığında $f_s = 2500Hz$ ve hat frekansı 50Hz olmak üzere sinyal üretici ayarlandığında $P_{kd} = 13,1615$ olarak bulunmuştur ki bu durumda çok yanlış bir kısa dönemli kırışma değeri elde edildiği görülmektedir.

IEC kırışma ölçer standardında sinyal analog olarak işlenmekte ve ancak 4. Blok'un çıkışındaki anlık kırışma hassasiyeti örneklenmektedir. Bu noktadaki örnekleme frekansının en az 50Hz olması gerektiği standartta belirtilmiştir [16]. Standarttaki 5. Blok öncesi süzgeçlerin etkili olabilmesi için sayısal gerçekleştirme yapılırken örnekleme frekansının çok daha yüksek olması gerekmektedir. Kullanılan sayısal gerçekleştirme kodunda giriş geriliminin örnekleme frekansının en az 2kHz olması gerektiği belirtilmiştir. Dolayısıyla seçilen mikrodenetleyicinin en az 2kHz hızında başarılı bir örnekleme yapabiliyor olması gerekmektedir.

Arduino'nun ya da herhangi bir mikroişlemcinin analog girişi kullanıldığında tedbir amaçlı tüm gerilim aralığı kullanılmaz. Yani Arduino Uno'nun analog girişi 0-5V aralığında değişmektedir. Bu yapılan çalışmalar kapsamında giriş geriliminin tepe değeri 4V ile

sınırlandırılmıştır. Bu sınırlandırma olası bir aşırı gerilim durumu olduğunda işlemciyi koruyacaktır.

Bu yapılan deneyde, 10bitlik ADC kullanıldığı için $2^{10} = 1024$ olduğundan toplam adım sayısı, 0'dan başlayıp 1023'te bitmek üzere, 1024 adımdır. ADC'ye uygulanan gerilim 0-5V arası değiştiğinden $\frac{5}{1024} = 4,88mV$ ADC'nin adım gerilimi olarak hesaplanabilir. Eğer ki ölçülen gerilim 230V KOK ise bu sinyalin tepeden tepeye değeri 650V olacaktır. 0 - 650V arası değişen bir sinyal 1024 adımda incelendiğinde adım gerilimi $0,634V$ olarak tespit edilmektedir. Bu sayısal veriler şu şekilde de yorumlanabilir; örnekleme frekansından ötürü sapmaların olmadığı varsayılırsa, tepe gerilim değeri 0,449V KOK değerinin altındaki değişimler adım geriliminden ötürü fark edilemeyecek seviyede olacaktır. Bu bağlamda ADC'nin çözünürlüğünün artırılması gerekliliği aşıkardır.

4.2. MCP 3204 entegresi

Bir önceki bölümde açıklanan nedenlerden ötürü, çözünürlüğü artırmak adına mikrodenetleyiciye ek olarak bir ADC kullanmak gerekliliği ortaya çıkmıştır. Zira Arduino'nun çözünürlüğünü tek başına yazılımsal olarak artırmak mümkün değildir.

Bu bakımdan Arduino ile uyumluluğu, açık kaynak kodlarına erişimin kolaylıkla sağlanması, piyasadan kolaylıkla temin edilebilmesi gibi avantajlara sahip MCP3204 entegresinin kullanılmasına karar verilmiştir [22]. Bu entegre 12 bit çözünürlüğe sahiptir. Bir önceki bölümde yapılan hesaplar 12 bit çözünürlük için tekrar yapılacak olursa, 12 bit ADC kullanıldığında $2^{12} = 4096$ olduğundan toplam adım sayısı, 0'dan başlayıp 4095'te bitmek üzere, 4096 adımdır. ADC'ye uygulanan gerilim 0-5V arası değiştiğinden $\frac{5}{4096} = 1,22mV$ ADC'nin adım gerilimi olarak hesaplanabilir. 0 – 650V arası değişen bir sinyal 4096 adımda incelendiğinde adım gerilimi $0,158V = 158mV$ olarak tespit edilmektedir.

Çözünürlüğün daha da artırılması, örneğin 16 bit ya da 24 bit kullanılması mümkündür. Ancak bu sefer de, gerilim düşürüldüğü için, düşürülen gerilime etki eden çevresel gürültüler sistemi daha fazla etkileyecektir. Örneğin 16bit kullanıldığında adım gerilimi $0,061mV$ olarak hesaplanmaktadır. Bu bakımdan 12bitlik çözünürlüğün en uygun çözünürlük olacağı öngörülmüştür.

4.3. MCP3204 Entegresi ile Arduino Uno Çalışmaları

MCP3204 entegresi ile Arduino Uno'nun birlikte çalışmasıyla ilgili olarak ilk etapta entegrenin düzgün çalışması için gerekli kütüphaneler yüklenmiştir.

Yapılan ilk denemelerde veriyi örneklemede sıkıntı yaşanmadığı, ancak veriyi düzgün şekilde göndermekte ve/veya tutmakta sıkıntı yaşandığı tespit edilmiştir. Bunun nedeni MCP3204 entegresinin Arduino Uno'nun seri çevresel arayüz (SPI - serial peripheral interface) birimini kullanmasıdır. Arduino Uno'da seri iletişimi sağlayacak SPI sadece 1 tanedir. Bu bakımdan MCP3204 SPI arayüzünü kullandığından, veri UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) üzerinden gönderilmiştir.

İlk olarak Arduino Uno üzerine bir hafıza kartı eklentisi kurularak örnekleme ile alınan verilerin hafıza kartına atılması amaçlanmıştır. 10 saniyeden kısa sürede başarılı olan bu deneme, sürenin artmasıyla başarısızlığa uğramıştır. Bu deneme şu şekilde yapılmıştır: İlk olarak hafıza kartı temizlenerek veri yazma işlemi için boş alan yaratılmıştır. Bu işlem sayesinde ilk 10 saniyede alınan veride sıkıntı yaşanmadığı düşünülmektedir. Zira örnekleme frekansı 2500Hz'den 2KHz'e indirildiği zaman düzgün örnek alınan süre 12 saniyenin biraz üzerine çıkmaktadır. Bu bahsedilen 10 saniyelik süreden sonra alınan veriler üst üste yazılmaya başlanmıştır. MATLAB benzetim ortamında hafıza kartından alınan veriler çizdirildiği zaman 10 saniyeden sonraki verilerin üst üste geldiği tespit edilmiştir. Örnekleme sonucu elde edilebilecek en büyük değer 4095 olmasına rağmen alınan bazı değerler 6-7 haneli, yani on milyonlar mertebesinde çıkmaktadır. Bu olayın nedeni şudur; ilk etapta boş olan hafıza kartına veriler yazıldıkça boş alan bulmak için daha fazla zaman geçmektedir, geçen bu zaman zarfında da veriler tam yazılmadan yazılacak yeni veriler gelmektedir.

Dolayısıyla MCP3204 ile Arduino Uno'nun birlikte çalışması mümkün görünmemektedir. Bu bakımdan ilk yapılması gereken veri toplama için kullanılan işlemcinin değiştirilmesidir. Arduino Uno 16MHz'lik işlemcisi, tek SPI ve tek UART birimiyle yetersiz geldiğinden 84MHz 32bit ARM işlemcili, 4 UART ve 2 SPI birimi içeren Arduino Due kullanılmasına karar verilmiştir.

Arduino Due’de dikkat edilmesi gereken tek husus giriş birimlerinin diğer Arduino çeşitlerinden farklı olmasıdır. Diğer tüm Arduino’larda girişe uygulanabilecek gerilimin değeri 0 – 5V arası değişirken Arduino Due’de bu gerilim 0 – 3,3V arası değişmektedir. Bu bakımdan kullanılacak kaynak ona göre ayarlanmalıdır.

4.4. Mikrodenetleyici Olarak Arduino Due Kullanılarak Yapılan Çalışmalar

Arduino Due ile ilgili olarak önceki bölümlerde genel bir bilgi verilmişti. Bu çalışma kapsamında yapılan bütün başarılı denemeler, Arduino Due ile yapılmıştır. Kullanılan bu Arduino modeli 32 bit ARM işlemciye sahip tek Arduino modelidir. Ayrıca diğer Arduino modellerinde giriş gerilim aralığı 0-5V arası değişirken Arduino Due’de giriş gerilim aralığı 0-3,3V arası değişmektedir.

Arduino Due’nin girişlerine uygulanabilecek gerilimin değeri 0 – 3,3V arası değiştiğinden, bir önceki bölümde Arduino Uno için yapılan adım gerilimi hesabı tekrar Arduino Due için yapılmalıdır. ADC’ye uygulanan gerilim 0 – 3,3V arası değişeceğinden ADC’nin adım gerilimi $\frac{3,3}{4096} = 0,8mV$ değerine düşecektir. Başta belirtildiği gibi işlemciyi korumak adına giriş gerilimi 0,325V ile 3,1V arasında değişmektedir. Bu bağlamda ADC’nin tüm bitleri kullanılmamaktadır. Kullanılmayan bit sayısının hesaplanması için öncelikle Eş. 4.1’de üst sınırdaki ve alt sınırdaki bulunan gerilim aralıklarından faydalanılarak, kullanılmayan gerilim aralığı hesaplanmış, ardından Eş. 4.2’de kullanılmayan bit sayısı yaklaşık olarak elde edilmiştir.

$$0,325 + (3,3 - 3,1) = 0,525V \quad (4.1)$$

$$0,525V / 0,8 * 10^{-3} \cong 657 \text{ bit} \quad (4.2)$$

Bu bakımdan $4096 - 657 = 3439$ bit örneklemede kullanılmaktadır. Dolayısıyla şebeke geriliminde gözlemlenebilen en düşük gerilim $650V/3439 = 0,189V$ olmaktadır. Yani gerilimdeki 189mV’luk değişimler gözlemlenebilir.

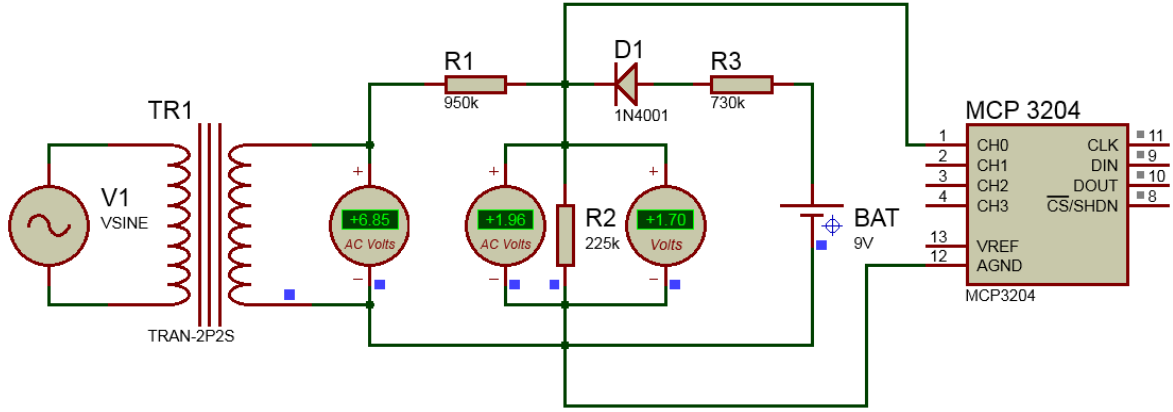
4.5. Sayısal Kırışma Ölçer Sisteminin Donanım Kısmı

Gerçekleştirilen sisteme şehir şebekesinden alınan gerilimin uygulanabilmesi için gerilimin bir önceki bölümde verilen değerlere düşürülmesi ve ofset geriliminin uygulanması

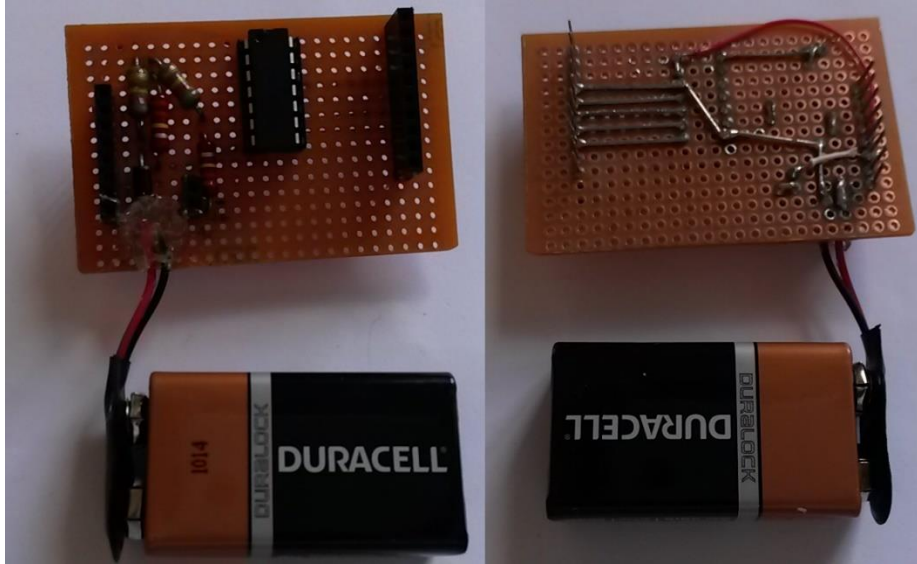
gerekmektedir. Arduino Due'nin girişlerine uygulanabilecek gerilimin $0 - 3,3V$ arası değişmesi yüzünden sinyale bir ofset gerilimi uygulanması gerekli olmuştur. Giriş geriliminin $0 - 3,3V$ arası değişmesi demek, mikrodenetleyiciye negatif gerilim uygulanırsa, bu uygulanan negatif gerilim değerinin örneklenememesi demektir. Bu bakımdan olası gerilim dalgalanmalarında örneklemenin sorunsuz alınabilmesi adına ofset gerilimi olması gerekenden biraz fazla uygulanmaktadır. Aynı şekilde giriş geriliminin $0 - 3,3V$ arası değişmesinden ötürü, olası dalgalanmalarda mikrodenetleyiciye zarar vermemek için $3,3V$ 'luk değerden daha düşük gerilim uygulanmaktadır. Dolayısıyla daha önce de belirtildiği gibi örnekleme amacıyla düşürülen gerilim $2V$ KOK ve $1,8V$ DA değere sahiptir. Şekil 4.2'de gösterildiği gibi devreye uygulanan gerilim $0,385V$ ile $3,2V$ aralığında değişmektedir. Alınan örnekler Şekil 4.2'de gösterilen devredeki R3 direnci üzerinden alınmaktadır.

Devrenin kullanılan mikrodenetleyiciyle uyumlu çalışması ve kolaylıkla sökülüp takılabilmesi adına baskı devresi Arduino Due'ye göre yapılmıştır. Ayrıca fazla yer kaplamaması açısından da örneklemede kullanılan MCP3204 entegresi Şekil3.2'de verilen devreyle bir arada yapılmıştır. Yapılan devrenin son hali, boyutlarını da göstermek için pil ile birlikte Resim 4.1'de gösterilmiştir.

Tasarlanan bu devrenin giriş empedansı mümkün olduğunca Arduino Due'nin giriş empedansına yakın tutulmaya çalışılmıştır. Arduino Due'nin analog girişlerinin empedansı $1M\Omega$ civarındadır. Dolayısıyla düşük direnç değerinden yüksek direnç değerine geçerken yansıma olmaması için yüksek değerlikli dirençler kullanılmıştır. Bu durum yansımadan kaynaklı sinyal bozulmalarının önüne geçmektedir. Ayrıca kullanılan osiloskopların da giriş empedansları $1M\Omega$ 'dur. Direnç değerlerinin uyumlu olması, aynı anda hem veri toplanmasına hem osiloskoptan alınan verilerin izlenmesine olanak sağlamaktadır. Elektrik şebekesi pozitif alternanstayken, doğru akım kaynağının etkilenmemesi için Şekil 4.2'deki D1 diyotu kullanılmıştır.



Şekil 4.2. Arduino Due'ye gerilim uygulamak için geliştirilen giriş devresi



Resim 4.1. Şekil 4.2'de verilen devrenin MCP3204 entegresi ile birlikte kullanılması.

9V'luk DA gerilim kaynağının kullanılmasının bir sebebi de mikrodenetleyicinin besleme gerilimini de sağlamaktır. Böylelikle gerilim kaynağı olarak bilgisayar kullanılmadığından bilgisayardan kaynaklı gürültülerin de önüne geçilmiş olacaktır.

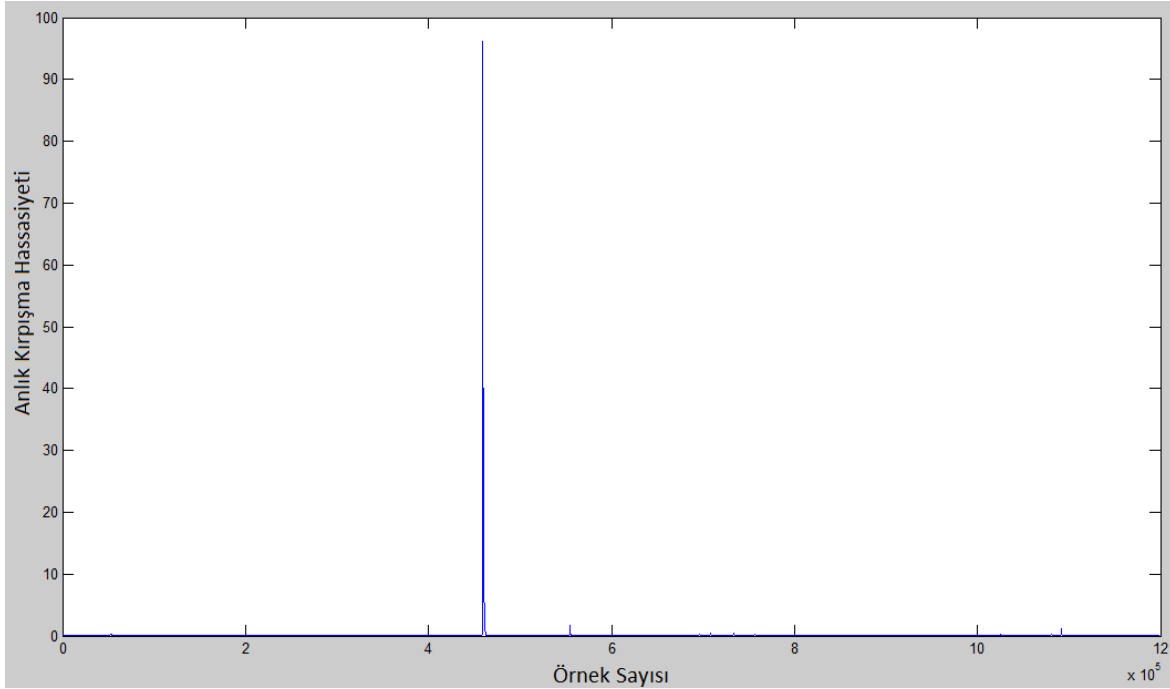
Giriş gerilimine ofset geriliminin uygulanması, sonucu kesinlikle etkilememektedir. Çünkü kırpışma değeri hesaplanırken MATLAB benzetim ortamında yapılan ilk iş, alınan gerilim sinyalinden DA bileşenleri çıkarmaktır.

5. GELİŞTİRİLEN SİSTEM İLE ALINAN ÖLÇÜMLER

Gerçekleştirilen Sayısal Kırışma Ölçer Sisteminin doğruluk testleri Resim 3.1’de gösterilen Agilent marka 33500B serisi sinyal üreticiyle yapılmıştır. IEC kırışma ölçer standardına uygun ölçüm yapılabilmesi için standartta belirtilen giriş sinyallerinin hassas bir biçimde oluşturulması ve bu giriş sinyallerine karşılık standartta belirtilen kırışma şiddeti değerlerinin çıkışta elde edilmesi gerekmektedir. Hassas bir şekilde giriş sinyallerinin üretilmesi için Agilent marka 33500 serisi sinyal üretici tercih edilmiştir [23].

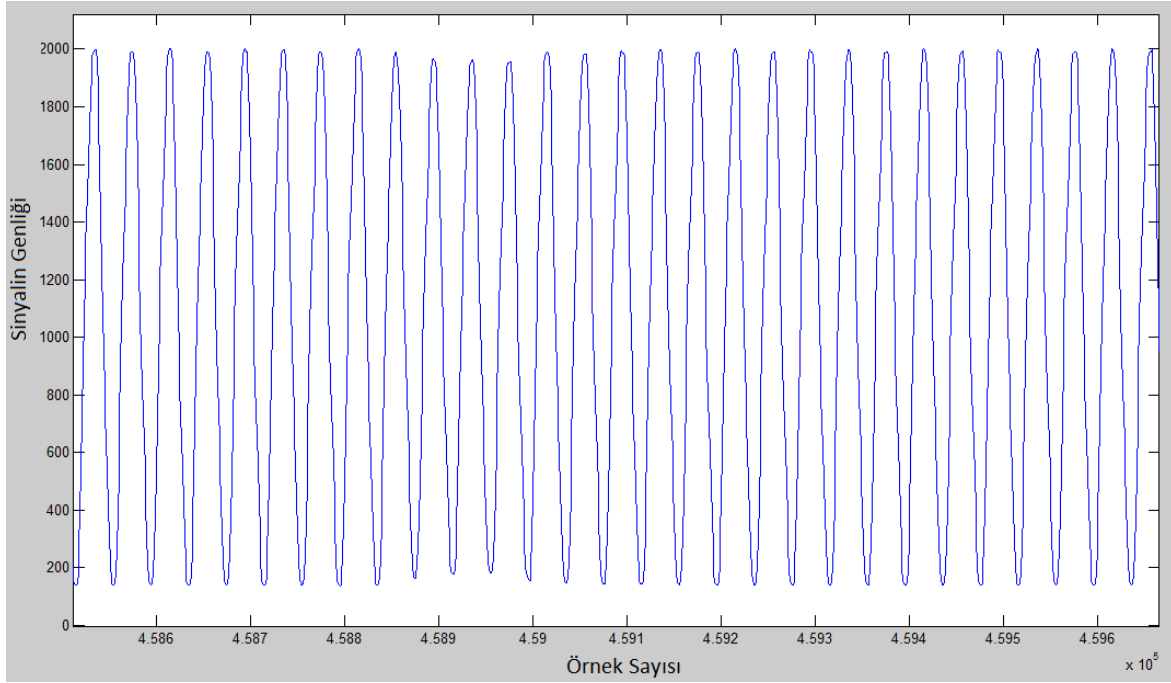
5.1. Kırışmalı Verinin Yakalanması

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalar esnasında elektrik şebekesinden ölçüm alınırken 8 Haziran 2015 tarihinde, saat 01:15 sularında gerçekleşen elektrik hattındaki gerilim düşmesinden kaynaklı kırışma olayı, Sayısal Kırışma Ölçer Sistemi tarafından algılanmış ve lambadaki kırışma olayı odada bulunan iki kişinin ikisi tarafından da gözlemlenmiştir. Bu olay sonucu, o esnada ölçüm alan Sayısal Kırışma Ölçer Sistemi, kısa dönemli kırışma şiddetini $P_{kd} = 1,4305$ olarak tespit etmiştir. Kırışmalı verinin yakalandığı zamana dair çizdirilen, örnek sayısına bağlı anlık kırışma hassasiyeti Şekil5.10’da verilmiştir.



Şekil 5.1. Kırışmalı verinin yakalanması esnasında örnek sayısına göre anlık kırışma hassasiyetinin değişimi.

Gerilim düşmesinin süresi Şekil 5.2'den tespit edilmiştir. Yaklaşık üç döngü boyunca devam eden olay, gerilimin bir döngüsünün 0,02 saniye olmasından ötürü yaklaşık 0,06 saniye sürmüştür. Olay Şekil 5.11'de $4,589 \times 10^5$ ila $4,59 \times 10^5$ örnekleri arasındadır.

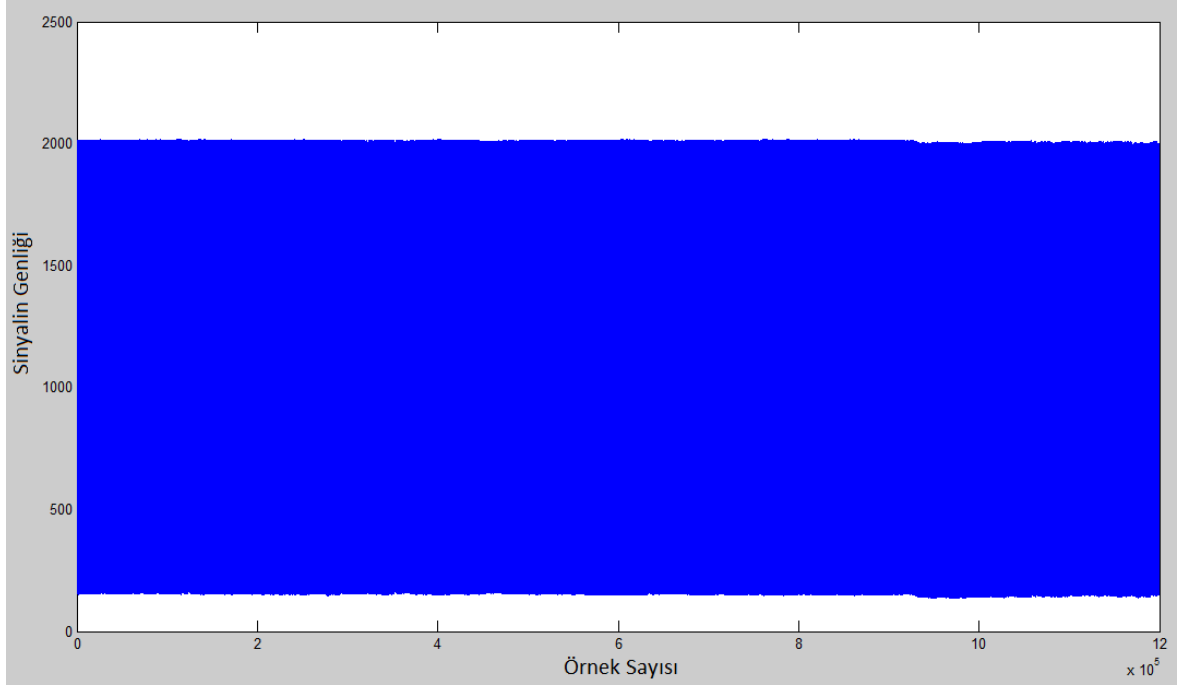


Şekil 5.2. Kırıpsmalı verinin yakalanması esnasında örnek sayısına göre sinyalin genliğinin değişimi (Gerilimin düştüğü bölge $4,589 \times 10^5$ ila $4,59 \times 10^5$ örnekleri arasındadır).

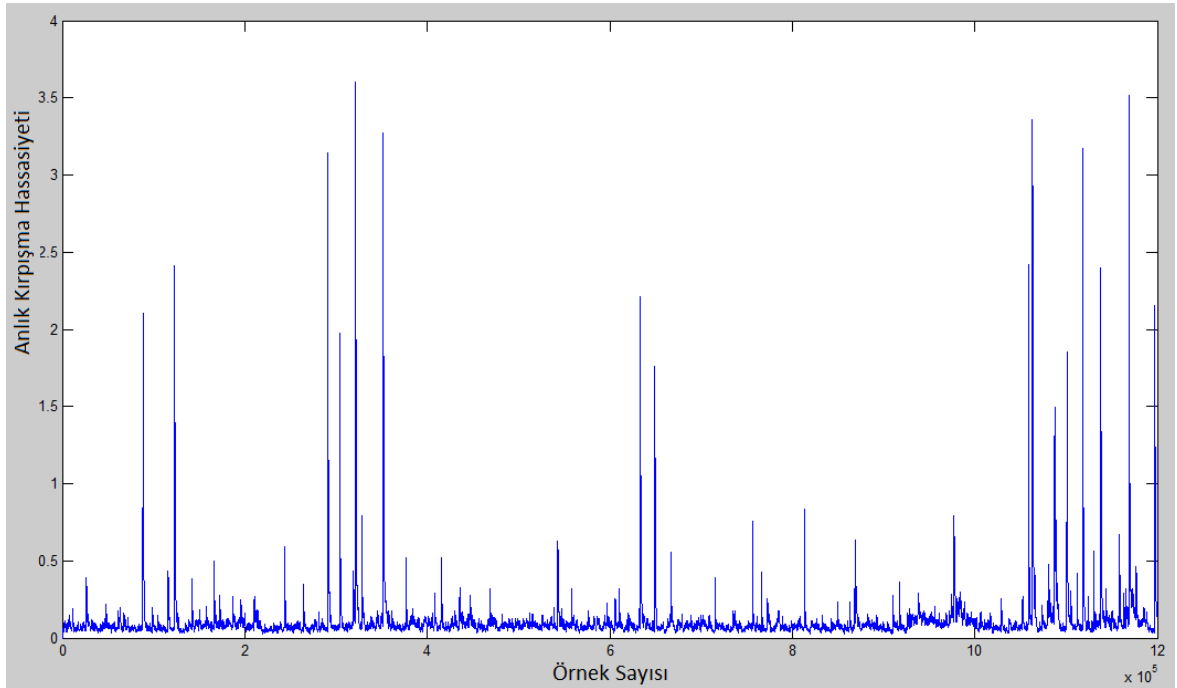
5.2. Aynı Bölgede 12 Saat Arayla Yapılan Kırıpsma Ölçümü

Yapılan bu çalışmada aynı prizden alınan ölçümlere göre gündüz ve gece kırıpsma değerlerinin ne kadar değiştiğini tespit etmek hedeflenmiştir. Alınan ilk ölçüm 6 Haziran 2015 tarihinde saat 12:00 sularında iken, ikinci ölçüm bu tarihten yaklaşık 12 saat sonra 7 Haziran gecesi 00:30 civarında alınmıştır. Ölçümün alındığı yer konum itibarı ile Batıkent Turgut Özal Mahallesi'ndedir. Bu nokta, İvedik Organize Sanayi Bölgesine 4 km, OSTİM Organize Sanayi Bölgesine 5 km, Sincan Organize Sanayi Bölgesine 18 km uzaklıkta yer almaktadır. Dolayısıyla gece ve gündüz arasında bir fark olması beklenmektedir.

Gündüz alınan ölçümde kısa dönem kırıpsma şiddeti $P_{kd} = 0,4557$ olarak tespit edilirken gece alınan ölçümlerde bu değer $P_{kd} = 0,2434$ olarak tespit edilmiştir. Gündüz alınan ölçüme dair örnek sayısına göre sinyalin genliğinin değişimi Şekil 5.12'de, örnek sayısına göre anlık kırıpsma hassasiyetinin değişimi Şekil 5.4'te verilmiştir. Şekil 5.4'teki veriye bakıldığı zaman, sinyale yakınlığa hiç gerek olmadan bile gerilimdeki değişimler gözlemlenebilmektedir.



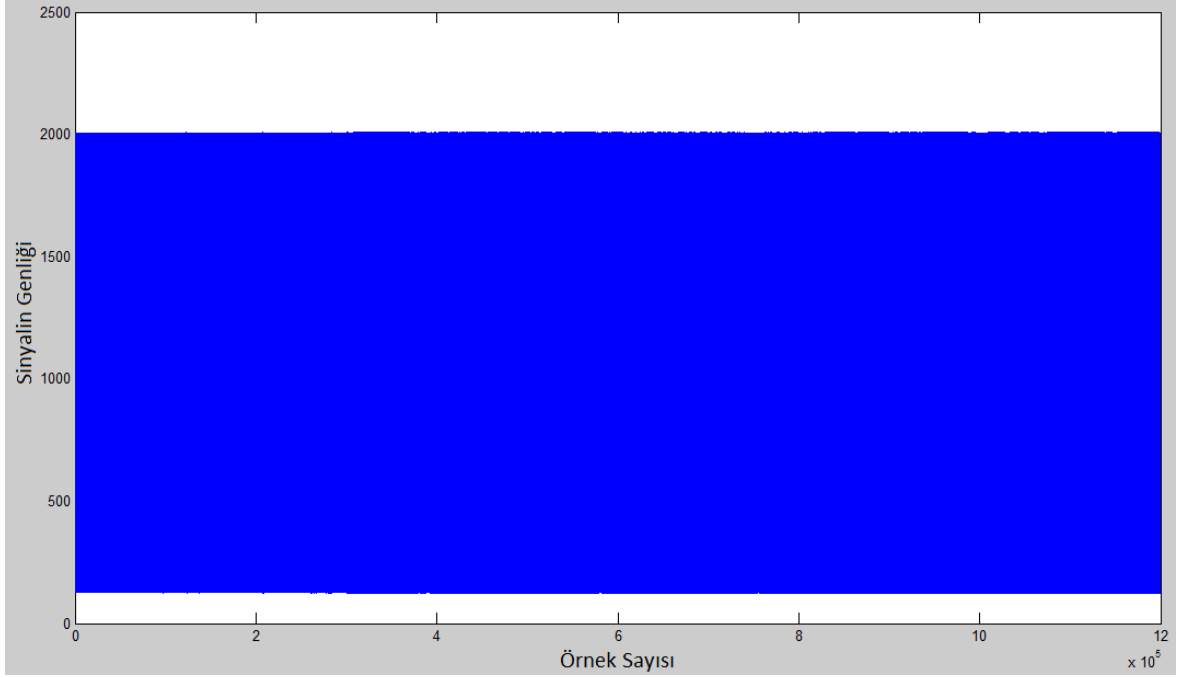
Şekil 5.3. Şehir şebekesinden öğle vakti alınan verinin örnek sayısına göre genliğinin değişimi.



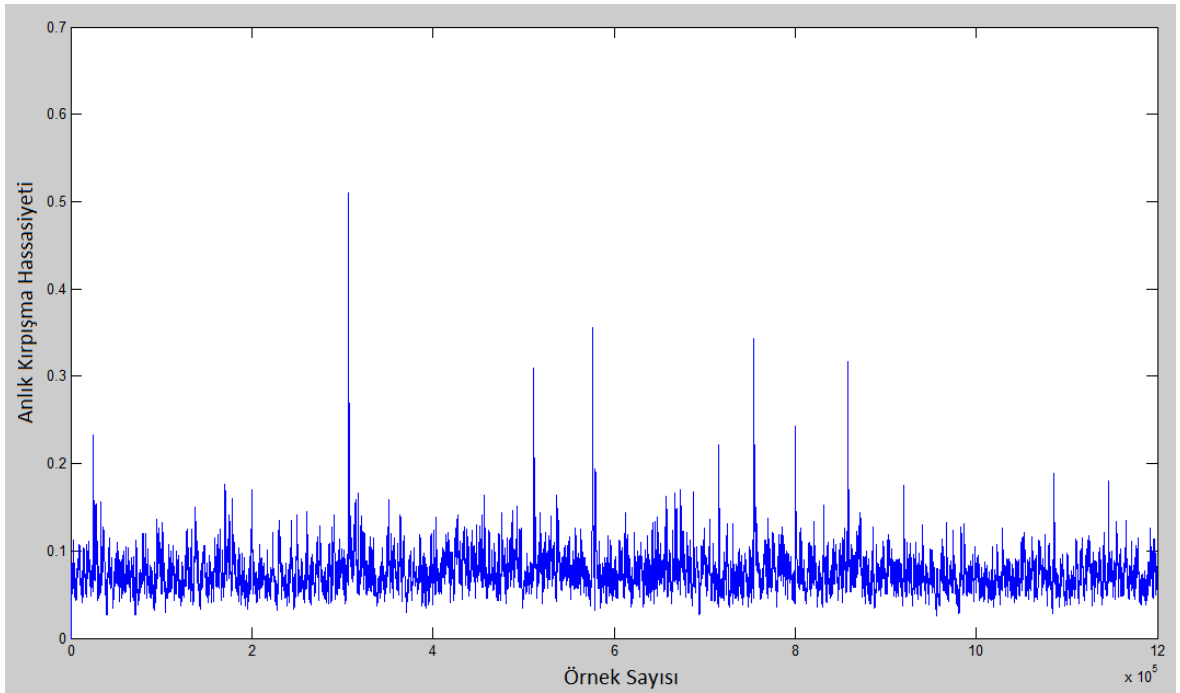
Şekil 5.4. Şehir şebekesinden öğle vakti alınan verinin örnek sayısına göre anlık kırpışma hassasiyetinin değişimi.

Gündüz alınan bu verilerin yanı sıra, aynı günün gecesinde de kısa dönem kırpışma şiddeti ölçülmüş ve $P_{kd} = 0,2434$ olarak tespit edilmiştir. Gece alınan ölçüme dair örnek sayısına göre sinyalin genliğinin değişimi Şekil 5.5'te, örnek sayısına göre anlık kırpışma hassasiyetinin değişimi Şekil 5.6'da verilmiştir. Şekil 5.6'daki veri, Şekil 5.4'teki veriye

nazaran daha düzgün bir veri olmasına rağmen, yine sinyale yakınlığa hiç gerek olmadan gerilimdeki değişimler gözlemlenebilmektedir.



Şekil 5.5. Şehir şebekesinden gece vakti alınan verinin örnek sayısına göre genliğinin değişimi.



Şekil 5.6. Şehir şebekesinden öğle vakti alınan verinin örnek sayısına göre anlık kırpışma hassasiyetinin değişimi.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Deneysel gözlem sürecinin geçmişteki aşamalarında veya herhangi bir şeyin bilimsel açıdan gözleminde, olaylara makul bir açıklama getiren şey sezgi olmuştur. Sezgi ise günlük şeylerle ilgili basit deneyimlerimizden kaynaklanır. Gördüklerimizi daha kapsamlı ve daha tutarlı şekilde açıklamaya çalıştıkça, alan genişleyip daha çok daha çeşitli olgularla karşılaştıkça, açıklamalar da basit açıklamalar yerine yasalara dönüşür [24]. Bu tez çalışmasında da insan sezgisinden yola çıkılarak bir standart belirlenmiş ve belirlenen bu standarda göre de bir sistem tasarımı yapılmıştır. Tasarlanan bu sistem, analog tarifi IEC 61000-4-15 standardında verilen sistemin sayısal bir uygulamasıdır. Sayısal Kırpışma Ölçer Sisteminin tüm özellikleri IEC 61000-4-15 standardına uygun olarak geliştirilmiştir. Doğruluk testleri de yine aynı standarda göre yapılmış ve standardın belirlediği aralıkta sonuçlar alınmıştır.

Bu tez çalışmasında, 2 kHz örnekleme frekansı ve 12 bit çözünürlük kullanılarak bir mikrodenetleyici ile doğrudan şebeke üzerinden alınan gerilimden, IEC standardında belirtilen kısa ve uzun dönemli kırpışma şiddeti hesaplanmaktadır. Gerçekleştirilen kırpışma ölçer, 230V (Karekök – Ortalama - Kare) KOK değerine sahip 50Hz frekansında çalışan elektrik sistemleri için tasarlanmıştır. Doğrudan prizden alınan gerilim ölçümü ile o bölgedeki kırpışma değerini anında göstermektedir. Geliştirilen kırpışma ölçerin doğruluğu, IEC 61000-4-15 standardında önerilen test sinyallerinin sinyal üretici ile ve bilgisayar ortamında oluşturulmasıyla elde edilen kırpışmalı gerilim sinyalleri kullanılarak test edilmiş ve ortalama %3 hata payı ile ışık kırpışmasının hesaplanabildiği gösterilmiştir. Bilgisayar ortamında üretilen sinyallere karşılık elde edilen sonuçlarla, sinyal üretici kullanılarak elde edilen sinyallerden elde edilen kısa dönem kırpışma şiddeti (Pkd) değerleri arasında küçük farklılıklar olmasına rağmen tutarlı sonuçlar elde edilmiştir.

Bu çalışmada geliştirilen sayısal kırpışma ölçerin doğrulanması sırasında, IEC 61000-4-15 standardında önerilen test sinyalleri, ilk etapta benzetim ortamında oluşturulmuş ve kullanılmıştır. İkinci aşama doğrulama ve denemeler ise gerçek sinyallerle yapılmıştır. Kullanılan veriler hem harici bir sinyal üreticiden, hem de doğrudan elektrik şebekesinden alınmıştır. Sinyal üreticiden alınan verilerle, Sayısal Kırpışma Ölçer Sisteminin standarda uygun şekilde hata oranı %5'i geçmeyecek şekilde, ortalama %3 hata payıyla çalıştığı

gösterilmiştir. Elektrik şebekesinden alınan verilerde ise evlerde ve iş yerlerinde kullanılan elektriğin KOK değerinin sürekli değişim halinde olduğu, elektriğin yoğun kullanıldığı saatlerde bu değişimin daha fazla olduğu ve dolayısıyla geliştirilen kırpışma ölçer sisteminin daha yüksek değerlerde kırpışma şiddeti kaydettiği gözlemlenmiştir.

İleriki çalışma olarak, geliştirilen kırpışma ölçer sisteminin bilgisayardan bağımsız bir şekilde tamamen Arduino Due üzerinde çalışır hale getirilmesi planlanmaktadır. Üzerine eklenebilecek küçük bir ekran ile fişe takılarak doğrudan 10 dakika içinde kısa dönemli kırpışma değerini ekrana yazan kredi kartı büyüklüğünde bir sistem olması planlanmaktadır. Kırpışma ölçer özellikli güç kalitesi analizörlerinin pahalı ve hantal çözümlerine, çok ucuz ve pratik bir alternatif çözüm sunulması yapılan bu tez çalışması sayesinde düşünülebilir.

KAYNAKLAR

1. Drapela, J., & Slezinger, J. (2012). Design and utilization of a light flickermeter. In *Applied Measurements for Power Systems (AMPS)*, 2012 IEEE International Workshop on (pp. 1-6). IEEE.
2. Bollen M. H., & Gu, I. (2006). *Signal processing of power quality disturbances*(Vol. 30). John Wiley & Sons
3. Lee, B.B., Martin, P.R., Valberg, A. (1989) *Sensitivity of Macaque Retinal Ganglion Cells to Chromatic and Luminance Flicker*. Journal of Physiology. Vol. 414, pp. 223-243,
4. Gallo, D., Landi, C., & Pasquino, N. (2006). *Design and calibration of an objective flickermeter*. Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on, 55(6), 2118-2125.
5. Gutierrez, J. J., Ruiz, J., Leturiondo, L. A., Lazkano, A., & Azpiri, I. (2007, October). *A simplified implementation of the test protocol for the IEC flickermeter*. In Electrical Power Quality and Utilisation, 2007. EPQU 2007. 9th International Conference on (pp. 1-6). IEEE.
6. Bucci, G., Fiorucci, E., & Landi, C. (2008). *A digital instrument for light flicker effect evaluation*. Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on,57(1), 76-84.
7. Wiczyński, G. (2009). *A model of the flickermeter for frequency modulation of the input voltage*. Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on,58(7), 2139-2144.
8. Chang, G. W., Chen, C. I., & Huang, Y. L. (2009). *A digital implementation of flickermeter in the hybrid time and frequency domains*. Power Delivery, IEEE Transactions on, 24(3), 1475-1482.
9. Clarkson, P., & Wright, P. S. (2009). *The calibration of IEC standard flickermeters using complex modulated signals*. Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on, 58(4), 1017-1022.
10. S Fregosi, D., White, L. W., Green, E., Bhattacharya, S., & Watterson, J. (2010). *Digital Flickermeter design and implementation based on IEC Standard*. In Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), 2010 IEEE(pp. 4521-4526). IEEE.
11. Clarkson, P. J., & Wright, P. S. (2010). *Sensitivity analysis of flickermeter implementations to waveforms for testing to the requirements of IEC 61000-4-15*. Science, Measurement & Technology, IET, 4(3), 125-135.
12. Slezinger, J., & Drapela, J. (2012, September). *An alternative flickermeter evaluating high-frequency interharmonic voltages*. In Applied Measurements for Power Systems (AMPS), 2012 IEEE International Workshop on (pp. 1-6). IEEE

13. Hooshyar, A., & El-Saadany, E. F. (2013). *Development of a flickermeter to measure non-incandescent lamps flicker*. Power Delivery, IEEE Transactions on, 28(4), 2103-2115.
14. Yao, W., Tang, Q., Teng, Z., Gao, Y., & Wen, H. (2014). *Fast S-transform for time-varying voltage flicker analysis*. Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on, 63(1), 72-79.
15. Colnago, G. P., Macedo, J. R., & de Freitas Vieira, J. L. (2015). *Implementation of a light Flickermeter in a low cost embedded system*. IET Science, Measurement & Technology.
16. *IEC Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part4: Testing and measuring techniques – Section 15: Flickermeter—Functional and Design Specifications*, IEC 61000-4-15, 2003.
17. CEI/IEC 1000-2-1:1990, “*Electromagnetic Compatibility*”, Part 2: Environment, Sect. 1: *Description of the environment – Electromagnetic environment for low-frequency conducted disturbances and signalling in public power supply systems*. First Edition, 1990-05
18. Langella, R., & Testa, A. (2007). *Amplitude and phase modulation effects of waveform distortion in power systems*. Electrical Power Quality and Utilisation. Journal, 13(1), 25-32.
19. Thiringer, T., & Dahlberg, J. Å. (2001). *Periodic pulsations from a three-bladed wind turbine*. Energy conversion, iee transactions on, 16(2), 128-133.
20. Bal, G. (2001). *Doğru akım makinaları ve sürücüler*. Seçkin yayıncılık.
21. Oppenheim, A. V., Willsky, A. S., & Nawab, S. H. (1997). *Signals and Systems 2nd ed*. Prentice Hall.
22. İnternet: Arduino ile MCP 3208 entegresinin kullanımı. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fplayground.arduino.cc%2FCode%2FMCP3208&date=2015-08-26> , Son Erişim Tarihi 10.07.2015
23. İnternet: 33500B Serisi Sinyal Üretici. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.keysight.com%2Fen%2Fpd-2155053-pn-33522B%2Fwaveform-generator-30-mhz-2-channel-with-arb%3Fnid%3D-33134.1026944%26cc%3DTR%26lc%3Deng&date=2015-08-26> Son Erişim Tarihi 10.07.2015
24. Feynman, R. (1998). *Fizik Yasaları Üzerine*, Çev. Nermin Arık, Tübitak Popüler Bilim Kitapları.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : TOPÇU, Alican
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 21.09.1988, Bakırköy
 Medeni hali : Bekâr
 Telefon : 0532 355 2189
 Faks :
 e-mail : alicantopcu@gazi.edu.tr



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi /E.E.B.	Devam Ediyor
Lisans	Ankara Üniversitesi/ E.E.B	2012
Lise	Cumhuriyet Anadolu Lisesi	2006

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2013 – Halen	Gazi Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayımlar

[1] Melih Sarp, Alican Topçu, Hakkı Alparslan Ilgın, “Adaptive Cruise Control System and Its Implementation” Communications, Faculty of Science, Univ. Ank. Series A2-A3

[2] Alican Topçu, Ozgul Salor, “Practical Use Digital Flicker Meter Device and Implementation.” ICCESN 2015’ten kabul aldı, Konferans tarihi 14-19 Ekim 2015

Hobiler

Kitap okumak, futbol, müzik,



GAZİ GELECEKTİR..