

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DARBE YÜKSEK GERİLİM ÖLÇÜM SİSTEMİ TASARIMI
VE YAPIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Serkan DEDEOĞLU

Anabilim Dalı : Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Serhat YILMAZ

KOCAELİ, 2012

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DARBE YÜKSEK GERİLİM ÖLÇÜM SİSTEMİ TASARIMI
VE YAPIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Serkan DEDEOĞLU

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 09 ARALIK 2011

Tezin Savunulduğu Tarih : 03 ŞUBAT 2012

**Tez Danışmanı
Yrd.Doç.Dr. Serhat YILMAZ**

(.....)

**Üye
Prof.Dr. Özcan KALENDERLİ**

(.....)

**Üye
Yrd.Doç.Dr. Mustafa ÇAKIR**

(.....)

KOCAELİ, 2012

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Günümüzde elektrik enerjisine olan talebin artmasıyla, bu enerji türünün kullanıcılara en az maliyette ve elektriksel kayıpta ulaştırmanın önemi de artmıştır. Elektrik enerjisinin ekonomik bir biçimde kullanıcılara ulaştırılması, gerilim seviyelerinin artmasını ve enerji sistemi içerisindeki donanımların boyutlarının küçülmesini zorunlu hale getirmektedir. Başta kullanıcıların güvenliği olmak üzere, sistem güvenilirliği ve üreticilerin karlılığı için, üretilen donanımların ulusal veya uluslararası standartlara göre çeşitli deneylere tabi tutulması gerekmektedir. Darbe yüksek gerilim deneyleriyle, yüksek gerilim teknolojisinde kullanılan donanımların yalıtım kabiliyetleri belirlenmektedir. Bu deneylerde kullanılan referans ölçüm sistemlerinin ulusal ve uluslararası standartlara göre belirli ölçütlere sahip olması ve güvenilirliğinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu teze konu olan ve yapımı anlatılan darbe yüksek gerilim ölçüm sistemi ile ulusal kaynakların kullanımıyla güvenilir bir ölçüm sistemi oluşturulmuş ve edinilen bilgi birikimi ile yerli sanayimize destek olunması sağlanmıştır.

Darbe yüksek gerilim ölçüm sistemi yapımı ve tasarımı ile ilgili çalışmamda benden bilgi, yardım ve anlayışını esirgemeyen sayın hocam Yrd. Doç. Dr.Serhat YILMAZ'a, proje ve tez aşamasında fikirleri ile beni yönlendiren sayın Dr. Ahmet MEREV'e teşekkür ederim. Ayrıca hayatım boyunca beni destekleyen ve yanımda olan aileme minnet duygularımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ.....	vii
SİMGELER	viii
ÖZET.....	ix
İNGİLİZCE ÖZET.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Yüksek Darbe Gerilim Nedir?.....	3
2.2. Yüksek Darbe Gerilimlerin Ölçülmesi Neden Önemlidir?.....	4
2.3. Yüksek Darbe Gerilim Çeşitleri.....	4
2.3.1. Yıldırım darbe gerilimler.....	4
2.3.2. Anahtarlama darbe gerilimler.....	5
2.3.3. Kesik darbe gerilimler.....	6
2.4. Yüksek Darbe Gerilimlerin Üretilmesi.....	6
2.4.1. Tek katlı darbe üreteçleri.....	7
2.4.2. Çok katlı darbe üreteçleri.....	7
2.5. Yüksek Darbe Gerilim Ölçüm Yöntemleri.....	8
2.5.1. Küresel elektrotlar ile ölçme.....	9
2.5.2. Yüksek gerilim bölücülerini ile ölçme.....	10
2.5.2.1. Dirençsel gerilim bölücüler.....	11
2.5.2.2. Kapasitif gerilim bölücüler.....	12
2.5.2.3. Karma (Sönümlü) tip gerilim bölücüler.....	12
2.6. Yüksek Darbe Gerilim Ölçümlerinde Kullanılan Diğer Cihazlar.....	14
2.6.1. Darbe voltmetreleri.....	14
2.6.2. Osiloskoplar.....	15
2.6.3. Sayısal darbe gerilim kaydedicileri.....	16
2.6.4. Ölçüm kabloları ve topraklama bağlantıları.....	17
3. SAYISAL KAYDEDİCİNİN TASARIMI VE YAPIMI.....	18
3.1. Sayısal Kaydediciler.....	18
3.2. Genlik Çözünürlüğü.....	19
3.3. Örnekleme Hızı.....	20
3.4. Sayısal Kaydedici Yapımında Kullanılan Programlanabilir Ölçüm Kartı.....	21
3.5. Kullanılacak Programlanabilir Ölçüm Kartının Özellikleri.....	21
3.6. Programlanabilir Ölçüm Kartı ile Bilgisayar Arası İletişim.....	23
3.7. Programlanabilir Ölçüm Kartı Haberleşme ve Kontrol Yazılımı.....	24
3.7.1. Darbe tipi penceresi.....	25
3.7.2. Kutbiyet penceresi.....	26
3.7.3. Kanal seçimi ve ölçüm bölgesinin seçildiği pencere.....	26
3.7.4. Aktivasyon penceresi.....	27
3.7.5. Ölçüm kartının kontrolünü sağlayan programın akış diyagramı.....	28

3.8. Darbenin Analizi, Genlik ve Zaman Parametrelerinin Hesaplanması	
Grafik Çizimi, Sonuçların Kaydı ve Raporlanması.....	29
3.9. Genlik ve Zaman Parametrelerinin Hesaplanması, Grafik Çizimi, Sonuçların Kaydı ve Raporlanması Yazılımı.....	30
3.9.1. Grafik penceresi.....	31
3.9.2. Bölüm oranı penceresi.....	32
3.9.3. Kutbiyet penceresi.....	33
3.9.4. Darbe tipi penceresi.....	33
3.9.5. Ölçüm sonuçlarının ekrana yazıldığı pencere.....	34
3.9.6. Yeni proje açma butonu.....	34
3.9.7. Eski dosyaları açma butonu.....	36
3.9.8. Son uygulanan darbenin sonuçlarını gösterme butonu.....	37
3.9.9. Grafiği kaydet butonu.....	38
3.9.10. Yazıcıya gönder butonu.....	39
3.9.11. Hareket butonları.....	40
3.9.12. Darbe numarası sayıcıları.....	40
3.9.13. Darbenin analizini gerçekleştiren programın akış diyagramı.....	41
4. SAYISAL KAYDEDİCİNİN DAHİLİ BÖLÜCÜSÜ VE KOMPANZASYON DEVRESİNİN TASARIMI.....	42
4.1. Sönümlü Kapasitif Gerilim Bölücünün Bölüm Oranının Belirlenmesi.....	43
4.2. Yüksek ve Alçak Gerilim Kollarının Zaman Sabitlerinin Eşitlenmesi.....	44
4.3. Dahili Bölücü Devrenin Tasarımı ve Analizi.....	45
4.4. Devrenin Kompanzasyonu.....	47
4.5. Devrenin Kurulması ve Referans Darbe Kalibratörü ile Deneyinin Yapımı.....	47
5. SAYISAL YÜKSEK DARBE GERİLİM KAYIT CİHAZININ MONTAJI.....	51
5.1. Sayısal Darbe Kayıt Cihazı Yapımında Kullanılan Bilgisayar ve Özellikleri.....	51
5.2. Programlanabilir Ölçüm Kartının Ekranlanması.....	52
5.3. 50:1 Bölüm Oranına Sahip Dahili 1000 V'luk Gerilim Bölücüsü ve Kompanzasyon Devresinin Ekranlanması.....	52
5.4. Sayısal Darbe Kayıt Cihazının Dış Kutusu Tasarımı ve Yapımı.....	53
5.5. Sayısal Darbe Kayıt Cihazının Son Montaj Aşaması.....	55
6. 200 kV REFERANS YÜKSEK DARBE GERİLİM BÖLÜCÜ YAPIMI.....	58
6.1. Referans (Dirençsel) Gerilim Bölücünün Yüksek Gerilim Kolu Tasarımı.....	58
6.2. Referans (Dirençsel) Gerilim Bölücünün Alçak Gerilim Kolu Tasarımı.....	63
6.3. Referans (Dirençsel) Gerilim Bölücünün Taşıyıcı Sisteminin Tasarımı.....	67
7. PERFORMANS DENEYLERİ.....	71
7.1. Referans Gerilim Bölücüsünün Bölüm Oranının Belirlenmesi Deneyi.....	71
7.2. Anahtarlama Darbe Ölçüm Deneyi.....	81
7.3. Yüksek Darbe Gerilim Ölçüm Sisteminin Doğrusallığı Deneyi.....	90
7.4. Yüksek Darbe Gerilim Ölçüm Sisteminin Dalga Şekli Etkisi Deneyi.....	91
7.5. Yüksek Darbe Gerilim Ölçüm Sisteminin Kesik Darbe Deneyi.....	98
7.6. Yüksek Darbe Gerilim Ölçüm Sisteminin Yüksek Gerilim Dayanım Deneyi.....	100
7.7. Yüksek Darbe Gerilim Ölçüm Sisteminin Sıcaklık Etkisi Deneyi.....	102
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	105
KAYNAKLAR.....	106
EKLER.....	107
KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER.....	138
ÖZGEÇMİŞ.....	139

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1: Yüksek Darbe Gerilim Dalga Şekli.....	3
Şekil 2.2: (a)Standart Yıldırım Darbe Şekli, (b)Standart Anahtarlama Darbe Şekli.....	5
Şekil 2.3:Yıldırım Darbe Gerilim Dalga Şekli.....	6
Şekil 2.4: Tek Katlı Darbe Gerilim Üretici Eşdeğer Devresi.....	7
Şekil 2.5: Çok Katlı Darbe Gerilim Üretici Eşdeğer Devresi.....	8
Şekil 2.6: Küresel Elektrot Düzenleri.....	9
Şekil 2.7: Yüksek Gerilim Bölücülü Ölçüm Sistemi.....	10
Şekil 2.8: Dirençsel Gerilim Bölücü Eşdeğer Devresi.....	11
Şekil 2.9: Kapasitif Gerilim Bölücü Eşdeğer Devresi.....	12
Şekil 2.10: Karma (Sönümlü) Tip Gerilim Bölücü Eşdeğer Devresi.....	13
Şekil 2.11: 1000 kV'luk Karma (Sönümlü) Tip Kapasitif Gerilim Bölücü.....	13
Şekil 2.12: Darbe Voltmetreleri.....	14
Şekil 2.13: Osiloskop.....	15
Şekil 2.14: Sayısal Darbe Gerilim Kaydedicisi.....	16
Şekil 2.15: Ölçüm Kablosu ve Topraklama Bağlantıları.....	17
Şekil 3.1: Sayısal Yüksek Darbe Gerilim Kaydedicisi.....	18
Şekil 3.2: Sayısal Kaydedicilerin Genlik Çözünürlüğü.....	19
Şekil 3.3: Programlanabilir Ölçüm Kartı.....	21
Şekil 3.4: Yüksek Darbe Gerilim İşaretinin Sayısal Örneklenmesi.....	22
Şekil 3.5: Sayısal Kaydedici Yapımında Kullanılan Programlanabilir Ölçüm Kartı.....	22
Şekil 3.6: Programlanabilir Ölçüm Kartı ile Bilgisayar Arasında Bağlantı Kurulmasını ve Veri Alış Verişini Sağlayan Programın Yazımında Kullanılan Visual Basic Derleyicisi.....	24
Şekil 3.7: Ölçüm Kartı ile Bilgisayar Arasında Bağlantı Kurulmasını ve Veri Alış Verişini Sağlayan Programın Kullanıcı Arayüzü.....	25
Şekil 3.8: Darbe Tipinin Seçildiği Pencere.....	25
Şekil 3.9: Darbenin Kutbiyetinin Seçildiği Pencere.....	26
Şekil 3.10: Kanal ve Ölçüm Bölgesinin Seçildiği Pencere.....	26
Şekil 3.11: Aktivasyon Penceresi.....	27
Şekil 3.12: Bağlantı Kurulumunu Gösteren Yükleme Çubuğu.....	27
Şekil 3.13: Ölçüm Kartı Kontrol Programının Akış Diyagramı.....	28
Şekil 3.14: MATLAB Derleyicisi.....	29
Şekil 3.15: MATLAB Arayüzü.....	31
Şekil 3.16: Darbe Şeklinin Ekranı Çizildiği Pencere.....	32
Şekil 3.17: Bölüm Oranı Penceresi.....	32
Şekil 3.18: Kutbiyet Penceresi.....	33
Şekil 3.19: Darbe Tipinin Seçildiği Pencere.....	33
Şekil 3.20: Ölçüm Sonuçlarının Ekranı Yazdırıldığı Pencere.....	34
Şekil 3.21: Yeni Proje Butonu.....	34
Şekil 3.22: Yeni Proje Oluşturma Penceresi.....	35

Şekil 3.23: Ölçüm Sonuçlarının Kaydedildiği Doküman.....	35
Şekil 3.24: Eski Dosyaları Açma Butonu.....	36
Şekil 3.25: Eski Dosyaları Açma Butonu Basıldığında Açılan Pencere.....	36
Şekil 3.26: Önceden Kaydedilmiş Bir Dosyanın Açılmış Görünümü.....	36
Şekil 3.27: Sonuçları Gösterme Butonu.....	37
Şekil 3.28: Ölçüm Sonuçlarının Kaydedilmekte Olduğu Dosya.....	37
Şekil 3.29: Grafiği Kaydet Butonu.....	38
Şekil 3.30: Grafik Kayıt Penceresi.....	38
Şekil 3.31: Yazıcıya Gönder Butonu.....	39
Şekil 3.32: Yazıcıya Gönderilecek Dosyanın Ön İzlemesi.....	39
Şekil 3.33: Hareket Butonları.....	40
Şekil 3.34: Darbe Numarası Sayıcıları.....	40
Şekil 3.35: Sayıcı Sıfırlama Butonu.....	40
Şekil 3.36: Darbe Analiz Programının Akış Diyagramı.....	41
Şekil 4.1: Sönümlü Kapasitif Tip Dahili Bölücünün Devre Yapısı.....	42
Şekil 4.2: Sönümlü Kapasitif Bölücünün Bölüm Oranının Belirlenmesi.....	43
Şekil 4.3: Bölücü Kolları Arasındaki Zaman Sabitinin Eşitlenmesi.....	44
Şekil 4.4: Farklı Kompanzasyon Tipleri için Karma Tip Bölücünün Çıkışı.....	44
Şekil 4.5: Devrenin Simülasyon Programı ile Tasarımı ve İncelenmesi (1).....	45
Şekil 4.6: Devrenin Simülasyon Programı ile Tasarımı ve İncelenmesi (2).....	46
Şekil 4.7: Devrenin Simülasyon Programı ile Tasarımı ve İncelenmesi (3).....	47
Şekil 4.8: Devrenin Simülasyon Programı ile Tasarımı ve İncelenmesi (4).....	48
Şekil 4.9: Karma Tip Bölücünün Devre Şeması.....	48
Şekil 4.10: Bölüm Oranlarındaki Eşitliğin Sağlanması.....	49
Şekil 4.11: Zaman Sabitlerindeki Eşitliğin Sağlanması.....	49
Şekil 4.12: Kapasitif Kollardaki Zaman Sabitlerinin Eşitliğinin Sağlanması.....	50
Şekil 4.13: Devre Kartının Görünümü.....	50
Şekil 4.14: Devre Kartının ve İçine Koyulacağı Alüminyum Kutunun Görünümü.....	50
Şekil 5.1: Dokunmatik Ekranlı Panel PC.....	51
Şekil 5.2: Alüminyum Kutu ile Ekranlanmış Programlanabilir Ölçüm Kartı.....	52
Şekil 5.3: Alüminyum Kutu ile Ekranlanmış Bölücü ve Kompanzasyon Devresi.....	53
Şekil 5.4: Cihaz Kutusunun Çizim Programı ile Modellenmesi.....	53
Şekil 5.5: Cihaz Kutusunun Önden Görünümü.....	54
Şekil 5.6: Cihaz Kutusunun Arkadan Görünümü.....	54
Şekil 5.7: Sigortalı ve Harmonik Filtreli Besleme Modülü.....	55
Şekil 5.8: 24V/4A DC Güç Kaynağı.....	55
Şekil 5.9: BNC Kabloların Görünümü.....	56
Şekil 5.10: Cihaz Kutusunun Son Montaj Görünümü.....	56
Şekil 5.11: Darbe Kayıt Cihazının Son Görünümü.....	57
Şekil 6.1: Direnç Yapımında Kullanılan Tel Direnç.....	59
Şekil 6.2: Bifilar (Wire-Wound) Sarım Tipi ile Yapılan Direncin Sarım Yönlerinin Görünümü.....	59
Şekil 6.3: Bifilar (Wire-Wound) Sarım Direnç Yapım Aşaması.....	59
Şekil 6.4: Polipropilen Boruya Sarılan Direnç Teli ve Kontak Noktasının Görünümü.....	60
Şekil 6.5: Direnç Modülünün Kestamit Boru İçine Yerleştirilmesi.....	60
Şekil 6.6: Montaj Noktalarındaki O-ringlerin Görünümü.....	61

Şekil 6.7: Alan Düzeltici Elektrot ve Alüminyum Flanşın Montajı.....	61
Şekil 6.8: Gaz Dolum Valfi ve Basınç Göstergesi Montajı.....	62
Şekil 6.9: Referans Gerilim Bölücüsünün Modüllerine SF6 Gazı Dolumu.....	62
Şekil 6.10: Silindirik ve Radyal Yapıda Tasarlanan Alçak Gerilim Kollarının Görünümü.....	63
Şekil 6.11: Referans Gerilim Bölücünün Alçak Gerilim Kolu Elemanları.....	64
Şekil 6.12: Referans Gerilim Bölücünün Alçak Gerilim Dirençleri.....	65
Şekil 6.13: Referans Gerilim Bölücünün Alçak Gerilim Kutusu.....	65
Şekil 6.14: Dirençsel Darbe Gerilim Bölücünün Temel Eşdeğer Devresi.....	66
Şekil 6.15: Yapımı Tamamlanmış 75Ω'luk Empedans Uyumlaştırıcısının Görünümü.....	66
Şekil 6.16: Ölçüm Kablosu ve 75Ω'luk Empedans Uyumlaştırıcısı.....	67
Şekil 6.17: Taşıyıcı Sistemin Teknik Resmi.....	68
Şekil 6.18: Taşıyıcı Sistemin Alçak Gerilim Kolu Koruma Kutusunun Teknik Resmi.....	68
Şekil 6.19: Alüminyum Taşıyıcı Sisteme Alçak Gerilim Kolunun Montajı.....	69
Şekil 6.20: Alçak Gerilim Koruma Kutusunun Monte Edilmiş Görünümü.....	69
Şekil 6.21: Referans Gerilim Bölücüsü, Darbe Kayıt Cihazı ve Ölçüm Kablosundan Oluşan Yüksek Darbe Gerilim Ölçüm Sisteminin Görünümü.....	70
Şekil 7.1: Bölüm Oranının Belirlenmesi için Kurulan Deney Düzeneği.....	72
Şekil 7.2: Anahtarlama Darbe Gerilim Ölçümü Deney Düzeneği.....	81
Şekil 7.3: Gerilim Bölücüsü Modülünün Sıcaklık Kabinindeki Görünümü.....	103
Şekil 7.4: Referans Gerilim Bölücünün Sıcaklık Etkisi Deneyi.....	104

TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1: Kullanılan Programlanabilir Ölçüm Kartının Teknik Özellikleri.....	23
Tablo 7.1: Bölüm Oranı Belirleme Deneyinde Kullanılan Referans Cihazlar.....	72
Tablo 7.2: Kanal-1 için Bölüm Oranı Deneyi (50 kV, 100 kV, 150 kV).....	73
Tablo 7.3: Kanal-1 için Bölüm Oranı Deneyi (170 kV, 200 kV, -50 kV).....	74
Tablo 7.4: Kanal-1 için Bölüm Oranı Deneyi (-100 kV, -150 kV, -170 kV).....	75
Tablo 7.5: Kanal-1 için Bölüm Oranı Deneyi (-200 kV).....	76
Tablo 7.6: Kanal-1 için Bölüm Oranı Belirleme Deneyi Ölçüm Sonuç Tablosu	76
Tablo 7.7: Kanal-2 için Bölüm Oranı Deneyi (50 kV, 100 kV, 150 kV).....	77
Tablo 7.8: Kanal-2 için Bölüm Oranı Deneyi (170 kV, 200 kV, -50 kV).....	78
Tablo 7.9: Kanal-2 için Bölüm Oranı Deneyi (-100 kV, -150 kV, -170 kV).....	79
Tablo 7.10: Kanal-2 için Bölüm Oranı Deneyi (-200 kV).....	80
Tablo 7.11: Kanal-2 için Bölüm Oranı Belirleme Deneyi Ölçüm Sonuç Tablosu....	80
Tablo 7.12: Deneyde Kullanılan Referans Cihazlar.....	81
Tablo 7.13: Anahtarlama Darbe Gerilim Deneyi_Kanal-1 (50 V, 100 V, 200 V).....	82
Tablo 7.14: Anahtarlama Darbe Gerilim Deneyi_Kanal-1 (250 V, 300 V, -50 V).....	83
Tablo 7.15: Anahtarlama Darbe Gerilim Deneyi_Kanal-1 (-100 V,-200 V,-250 V)..	84
Tablo 7.16: Anahtarlama Darbe Gerilim Deneyi_Kanal-1 (-300 V).....	85
Tablo 7.17: Anahtarlama Darbe Gerilim Ölçümleri Sonuç Tablosu_Kanal-1.....	85
Tablo 7.18: Anahtarlama Darbe Gerilim Deneyi (50 V, 100 V, 200 V)_Kanal-2.....	86
Tablo 7.19: Anahtarlama Darbe Gerilim Deneyi (250 V, 300 V, -50 V)_Kanal-2.....	87
Tablo 7.20: Anahtarlama Darbe Gerilim Deneyi (-100 V,-200 V,-250 V)_Kanal-2..	88
Tablo 7.21: Anahtarlama Darbe Gerilim Deneyi (-300 V)_Kanal-2.....	89
Tablo 7.22: Anahtarlama Darbe Gerilim Ölçümleri Sonuç Tablosu_Kanal 2.....	89
Tablo 7.23: Yüksek Darbe Gerilim Ölçüm Sistemi Doğrusallık Deneyi_Kanal 1.....	90
Tablo 7.24: Yüksek Darbe Gerilim Ölçüm Sistemi Doğrusallık Deneyi_Kanal_2.....	91
Tablo 7.25: Deneyi Yapılacak Dalga Şekilleri.....	91
Tablo 7.26: Kısa Süreli Darbeler İçin Dalga Şekli Etkisi Deneyi_Kanal 1.....	92
Tablo 7.27: Standart Süreli Darbeler İçin Dalga Şekli Etkisi Deneyi_Kanal 1.....	93
Tablo 7.28: Uzun Süreli Darbeler İçin Dalga Şekli Etkisi Deneyi_Kanal 1.....	94
Tablo 7.29: Kısa Süreli Darbeler İçin Dalga Şekli Etkisi Deneyi_Kanal 2.....	95
Tablo 7.30: Standart Süreli Darbeler İçin Dalga Şekli Etkisi Deneyi_Kanal 2.....	96
Tablo 7.31: Uzun Süreli Darbeler İçin Dalga Şekli Etkisi Deneyi_Kanal 2.....	97
Tablo 7.32: Kesik Darbe Gerilim Deneyi_Kanal 1.....	98
Tablo 7.33: Kesik Darbe Gerilim Deneyi_Kanal 2.....	99
Tablo 7.34: Dayanım Deneyi_Kanal 1.....	100
Tablo 7.35: Dayanım Deneyi_Kanal 2.....	101
Tablo 7.36: Sıcaklık Etkisi Deneyi.....	103

SİMGELER

D	: Küre Çapı
d	: Hava Yoğunluğu
p	: Atmosfer Basıncı
R_m	: Empedans Uyumlaştırıcı Direnç
s	: Hava Aralığı
T	: Sıcaklık
T_c	: Kesme Süresi
T_p	: Tepedeğere Çıkma Süresi
T_1	: Cephe Süresi
T_2	: Sırt Yarideğer Süresi
\hat{U}	: Gerilimin Tepe Değeri
U_d	: Delinme Gerilimi
Z_o	: Kablo Empedansı
δU	: Genlik Sapması
δT_1	: Cephe Süresi Sapması
δT_2	: Sırt Yarideğer Süresi Sapması

Alt indisler

E	: Elektrik alan şiddeti
E_r	: Radyal elektrik alan şiddeti bileşeni
E_z	: Eksenel elektrik alan şiddeti bileşeni

Kısaltmalar

AC	: Alternative Current
DC	: Direct Current
LI	: Lightning Impulse
SI	: Switching Impulse
YG	: Yüksek Gerilim

DARBE YÜKSEK GERİLİM ÖLÇÜM SİSTEMİ TASARIMI VE YAPIMI

Serkan DEDEOĞLU

Anahtar Kelimeler: Dijital darbe kayıt cihazı, Yüksek Gerilim, Genlik ve Zaman Parametreleri, Ölçme, Darbe Gerilim Bölücü

Özet: Bu tez çalışmasında; 200 Ms/s örnekleme hızına ve 1000 V giriş gerilimine sahip, yüksek çözünürlük ile genlik ölçümü yapan, genlik ve zaman parametrelerini otomatik olarak bir yazılımla hesaplayabilen, darbe şeklini çizebilen, kayıt edebilen ve rapor haline dönüştürebilen özelliklere sahip sayısal kaydedici ve 200 kV'a kadar yıldırım gerilimlerini yaklaşık olarak 250:1 oranında bölen yüksek darbe gerilim bölücüsünden oluşan darbe yüksek gerilim ölçüm sisteminin yapımına ve tasarımına yer verilmiştir.

Yüksek darbe gerilim ölçümlerinde darbe voltmetreleri, standart osiloskoplar ve kayıt özellikli sayısal kaydediciler kullanılmaktadır. Darbe voltmetrelerini darbe gerilim ölçümlerinde kullanmak yeterli olmamaktadır. Çünkü darbe ölçümlerinde zaman parametrelerini ölçememektedirler. Standart osiloskoplar ile darbe gerilim ölçümlerinde genlik ve zaman parametrelerini ölçmemiz mümkündür. Fakat kullanıcı, genlik ve zaman parametrelerini bulurken osiloskobun yakaladığı işaret üzerinde genlik ve zaman ayar düğmelerini elle hareket ettirerek genlik ve zaman parametrelerinin olduğu noktaları tespit eder ve çeşitli matematiksel işlemleri yaptıktan sonra işaretin genlik ve zaman değerlerini belirler. Bu yöntem uzun zaman alan ve hataya açık bir yöntemdir. Sayısal kaydediciler yüksek darbe gerilim çalışmaları için en ideal cihazlardır. Diğer sistemlerde kullanıcının yaptığı ölçme ve hesaplamaları özel olarak hazırlanmış olan yazılım otomatik olarak yapar.

DESIGN AND CONSTRUCTION OF IMPULSE HIGH VOLTAGE MEASURING SYSTEM

Serkan DEDEOĞLU

Keywords: Digital Impulse High Voltage Recorder, High Voltage, Voltage and Time Parameters, Measurement, Impulse Voltage Divider.

Abstract: This thesis is related to desing and construction of digital impulse high voltage measuring system with recorder which have 200 Ms/s sample rate and 1000 V input voltage and it's software which have high measurement speed, high resolution, calculate the amplitute and time parameters automatically with software, draw the impulse shape, record the results, convert the results to a report and a resistive impulse divider up to 200 kV with divider ratio approximately 250:1.

After dividing the high voltage signal to the measurable low voltage level, evaluation of this signal is made by high voltage measurement systems which are peakvoltmeters, digital recorders or oscilloscops. It is not enough to use the peak voltmeters at impulse high voltage measurements. Because peak voltmeters can not measure the time parameters. With standart oscilloscopes, it is possible to measure the amplitude and time parameters. But when the oscilloscope users want to find the voltage and time parameters, they have to move voltage and time cursors of oscilloscope manually of the signal shape on the screen. After determined the places of voltage and time parameters with cursors, the user have to make some various matematical calculations for determined the impulse signals voltage and time parameters. Users spent very long time and this method opening for user errors. Recorders are the most ideal measurement device for the impulse high voltage measurements. This measuring system can measure and calculate the impulse high voltage parameters with high time resolution and voltage resolution with special software so this instrument far from the user errors. At the same time, the measurement results are calculated more quickly and saved automatically.

1. GİRİŞ

Yüksek gerilim teknolojisinde; yüksek darbe gerilimler, yıldırım (LI) ve anahtarlama (SI) aşırı gerilimlerin yol açtığı zorlanmaları yüksek gerilim deneylerinde temsil edebilmek, malzemelerin yüksek gerilime dayanım mekanizmaları ile ilgili temel araştırmalar yapmak ve üretilen elektromekanik ürünlerin ulusal/uluslararası standartlara uyumluluğunu deneylerle belirlemek için gerekmektedir. Darbe gerilimlerinin yüksek genlik ve kısa süreli darbeler biçiminde olması doğru biçimde ölçme zorluğunu meydana getirmektedir [1]. Buna göre yapılacak ölçüm cihazının ölçüm hızının yüksek olması, yüksek çözünürlük ile genlik ölçümü yapması, genlik ve zaman parametrelerini otomatik olarak bir yazılımla hesaplanabilmesi, darbe şeklini çizmesi, kayıt edebilmesi, rapor haline dönüştürebilmesi ve çıktı alabilmesi gerekmektedir. Bu özellikler ile darbe yüksek gerilimle ilgili kalibrasyon ve deneylerde kullanıcı kaynaklı hatalar oluşmaksızın darbe yüksek gerilimlerin ölçülmesi sağlanacaktır.

Gerek elektromekanik sanayi üreticilerinin ürettiği ürünlerin rutin yüksek darbe gerilim dayanım deneylerinde, gerek araştırma geliştirme faaliyetleri yürüten laboratuvarlarda, gerekse yüksek gerilim konusunda kalibrasyon hizmeti veren kurumlarda sinyalin ölçülmesi aşamasında, doğru ve güvenilir bir şekilde ölçülmesi gerekmektedir. Darbe gerilim ölçümlerinde darbe voltmetreleri, standart osiloskoplar ve özel kayıt özellikli dijital kaydediciler kullanılmaktadır [2].

Darbe Voltmetrelerini darbe gerilim ölçümlerinde kullanmak yeterli olmamaktadır. Çünkü bu cihazların darbe işaretlerinde zaman parametreleri belirleme özellikleri yoktur. Standart osiloskoplar ile darbe gerilim ölçümlerinde genlik ve zaman parametrelerini ölçmemiz mümkündür, fakat kullanıcı genlik ve zaman parametrelerini bulurken osiloskobun kaydettiği işaret üzerinde genlik ve zaman ayar düğmelerini elle hareket ettirerek genlik ve zaman parametrelerinin olduğu noktaları belirler ve çeşitli matematiksel işlemleri yaptıktan sonra işaretin genlik ve zaman değerlerini belirler. Bu yöntem uzun zaman alan ve hataya açık bir yöntemdir. Özel

kayıt özellikli sayısal kaydediciler, darbe yüksek gerilim çalışmaları için en ideal cihazlardır. Diğer sistemlerde kullanıcının yaptığı ölçme ve hesaplamaları özel olarak hazırlanmış olan yazılım otomatik olarak yapar [3].

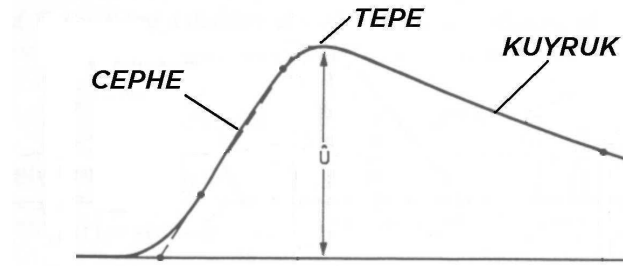
Bu tez çalışmasında; yüksek ölçüm hızına sahip, yüksek çözünürlük ile genlik ölçümü yapan, genlik ve zaman parametrelerini otomatik olarak bir yazılımla hesaplayabilen, darbe şeklini çizebilen, kayıt edebilen ve rapor haline dönüştürebilen özelliklere sahip sayısal kaydedici ve darbe yüksek gerilim bölüsünden oluşan darbe yüksek gerilim ölçüm sisteminin yapımına ve tasarımına yer verilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Yüksek Darbe Gerilim Nedir?

Yüksek darbe gerilim, kısa süreli, tek kutuplu ve yüksek frekanslı bir DC yüksek gerilim türüdür. Bu gerilimler, kendi aralarında yıldırım ve anahtarlama darbe yüksek gerilimler olarak ikiye ayrılırlar. Uygulamalarda darbe yüksek gerilimler, doğada oluşan ve yük boşalması biçiminde açıklanabilen yıldırım gerilimin (yıldırım darbesinin) ve bir şebekede anahtarlama ve kısa devreler sırasında ortaya çıkan darbelerin (anahtarlama darbesinin) benzerinin, laboratuvar koşullarında yapay olarak üretilmesine yarayan üreteçler kullanılarak elde edilmektedir. Bu üreteçlere Marx üreteçleri adı verilmektedir. Bu üreteçlerle yüksek gerilim elemanlarının ve devrelerinin yüksek darbe gerilimi altındaki davranışları ulusal ve/veya uluslararası standartlara göre incelenir ve doğrulanır [2, 4].

Bir darbe gerilimini tanımlayan dört temel karakteristik büyüklük vardır. Bunlar, T_1 cephe süresi, T_2 sırt yarı değer süresi, \hat{U} gerilimin tepe değeri ve gerilimin kutbudur. Ayrıca, gerilimin zamanla değişimi yani dalga şekli de önemlidir. Şekil 2.1'de gösterilen bir darbe geriliminin türü; tepe değeri, cephe süresi, kuyruk (sırt yarı değeri) süresi ile belirlenir [5].



Şekil 2.1: Yüksek Darbe Gerilim Dalga Şekli [13]

Standart tür bir darbe gerilim, standart dışı bir salınım yapmadan hızla bir \hat{U} tepe değere yükselir ve daha yavaş bir şekilde sıfıra düşer. Darbe gerilim devamı sırasında yüksek gerilim devresinde istemli ya da istemsiz bir delinme (breakdown) olursa,

darbe gerilimin ön cephesinde, tepesinde veya kuyruk kısmında ani bir düşme gerçekleşir. Bu tür gerilimlere kesik darbe gerilim denir [6].

2.2. Yüksek Darbe Gerilimlerin Ölçülmesi Neden Önemlidir?

IEC 60060-1 ve IEC 60060-2 standartlarında belirtilen ve Şekil 2’de dalga şekilleri verilen standart yıldırım ve anahtarlama darbe gerilimler, elektromekanik cihazların çeşitli yüksek gerilim deneylerinde kullanılmaktadır. Deney gerilimleri birkaç yüz kV mertebesinden MV mertebesine kadar uzanmaktadır.

Malzemelerin ve ürünlerin doğada gerçekleşen yıldırım gerilimlerine dayanım mekanizmaları ile ilgili araştırma geliştirme yapmak için ve üretilen malzeme ve elektromekanik ürünlerin ulusal ve uluslararası standartlara göre uygunluğunu belirlemek amacıyla yapılan deneylerin gerçekleştirilmesi için gerekli ve önemlidir [7].

2.3. Yüksek Darbe Gerilim Çeşitleri

Elektrik güç iletim ve dağıtım sistemlerinde sıklıkla bozulmalara neden olan üç çeşit yüksek darbe gerilim tipi vardır. Bunlar; yıldırım darbe, anahtarlama darbe ve kesik darbe gerilimlerdir.

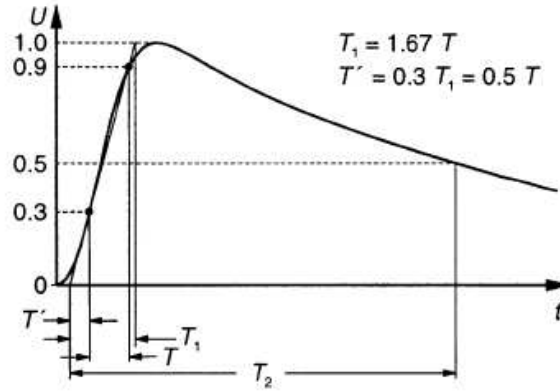
2.3.1. Yıldırım darbe gerilimler

Doğada yıldırımların neden olduğu aşırı gerilimlerin tepe değere ulaşma süresinin 1 μ s mertebelerinde olduğu darbe yüksek gerilim tipidir. Yıldırım darbelerinin etkileri genellikle, iletim ve dağıtım hatlarına veya trafo merkezlerine yıldırımın düşmesiyle ortaya çıkmaktadır. Darbelerin genlikleri yaklaşık olarak 1000 kV ve üzerindedir. Ayrıca her yıldırım darbe, iletim hattında genliği maksimum izolasyon dayanım seviyesinde ve yaklaşık 100 kA değerlerinde olan yürüyen darbe akımlarının oluşmasına neden olur. Yürüyen dalgaların dik yükselen kenarı ve dik düşen kenarı, güç transformatörlerinin ve diğer yüksek gerilim cihazlarının izolasyonları üzerinde aşırı gerilimler oluşturarak çok yüksek seviyedeki gerilimlerde birdenbire izolasyonun delinmesiyle atlamalara neden olur. Darbe geriliminin tepe değerinin %30 ve %90’ı arasında kalan sürenin 1,67 ile çarpımı T_1 süresini, yani cephe süresini verir. Darbe

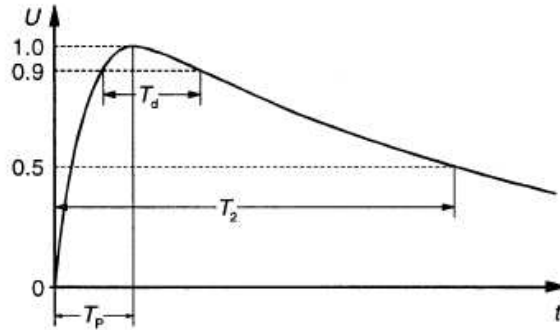
geriliminin başlangıç noktası ile tepe değerinin %50'sine düştüğü nokta arasında kalan süre T_2 süresini, yani sırt yarı değer süresini verir [6]

2.3.2. Anahtarlama darbe gerilimler

Elektromekanik aygıtların açma-kapama olaylarında ortaya çıkan ve iç aşırı gerilimlerin cephe süresinin $200 \mu\text{s}$ mertebelerinde olduğu yüksek darbe gerilim tipidir. Bu tip darbelerin genliği daima uygulama gerilimi ile ilgilidir ve darbenin şekli sistemin empedansı ve anahtarlama koşullarına bağlıdır. Gerilimin yükselişi yıldırım darbe gerilim tipine göre daha yavaştır, fakat bu dalga şekli bilindiğinin aksine yalıtım sistemleri için çok daha tehlikeli olabilmektedir. Darbe geriliminin tepe değerinin %30 ve %90'ı arasında kalan sürenin 1,67 ile çarpımı ile T_p tepe değer süresi belirlenebilmektedir. Darbe geriliminin başlangıç noktası ile tepe değerinin %50'sine düştüğü nokta arasında kalan süre ise T_2 sırt yarı değer süresi olarak kabul edilmektedir [6, 8, 9].



(a)

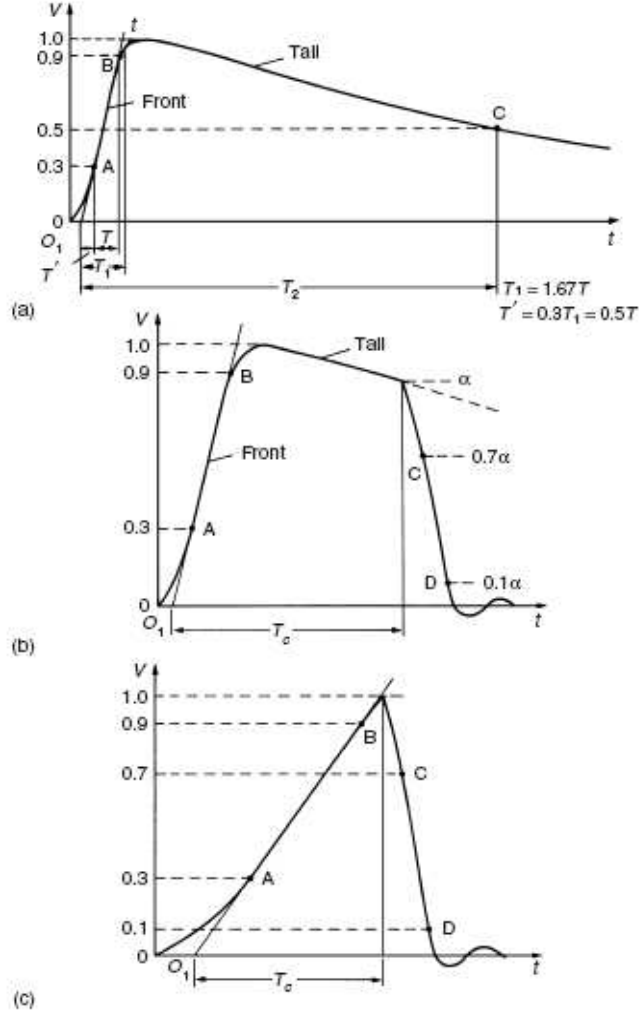


(b)

Şekil 2.2: (a) Standart Yıldırım Darbe Dalga Şekli ($T_1 = 1,2 \mu\text{s}$ ve $T_2 = 50 \mu\text{s}$)
(b) Standart Anahtarlama Darbe Dalga Şekli ($T_p = 250 \mu\text{s}$ ve $T_2 = 2500 \mu\text{s}$) [2].

2.3.3. Kesik darbe gerilimler

Standart yıldırım darbe işaretinin kendini tamamlayamadan işaretin aniden cephesinde veya kuyruk kısmında sıfıra düşmesiyle oluşan darbe yüksek gerilimlere kesik darbe gerilimler denir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3: Yıldırım Darbe Gerilim Dalga Şekli (LI) [2]

(a) Tam LI (b) Kuyruk kısmında kesik LI (c) Cephe kısmında kesik LI

T_1 : Cephe zamanı, T_2 : Yarı değer zamanı, T_c : Kesme zamanı, O_1 : Sanal orijin

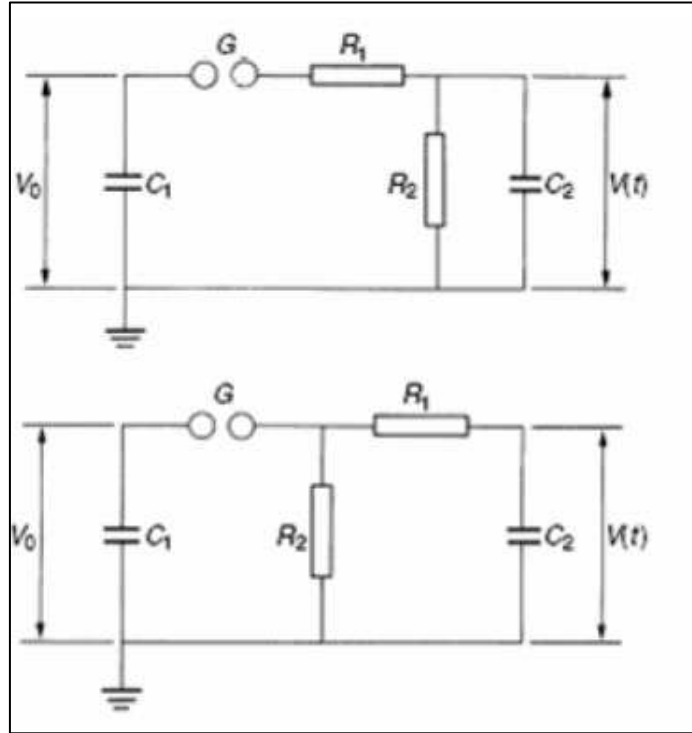
2.4. Yüksek Darbe Gerilimlerin Üretilmesi

Yüksek Darbe Gerilimleri genellikle özel bir devre ile (Marx Jeneratörü); paralel bağlı kondansatörlerin bir doğru gerilim kaynağından şarj edilmesi ve sonra aynı kondansatörlerin seri bağlanarak deney cisminde bağlı bulunduğu bir devreye deşarj edilmesi suretiyle elde edilir.

Darbe geriliminin şekli, deney yapılacak deney cismi devredeyken tayin edilmelidir. Deneyi yapılacak her deney cisminin empedansı farklı olacağı için darbe geriliminin şekli, kaynağın dirençlerinin değiştirilmesi suretiyle toleranslar içine sokulduktan sonra deneye başlanmalıdır. Boyut ve yapıları aynı olan deney cisimleri için darbe geriliminin şeklinin bir defa doğrulanması yeterlidir [2, 10].

2.4.1. Tek katlı darbe üreticileri

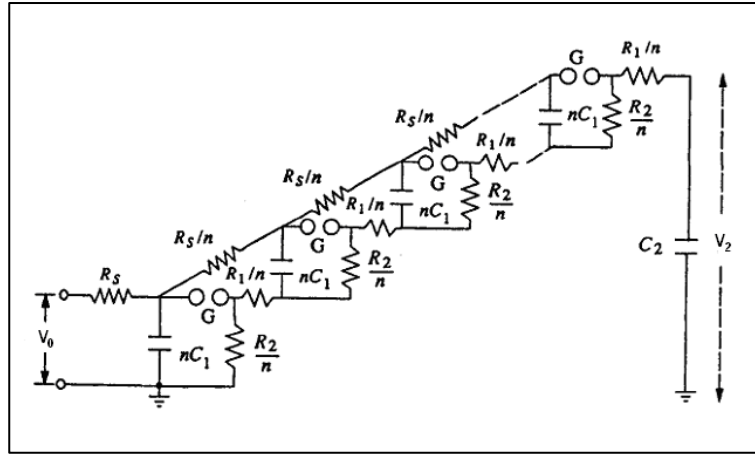
Şekil 2.4'te iki tip tek katlı darbe üreticilerinin devresi verilmiştir. R_1 , R_2 dirençleri ve C_2 kondansatörü yıldırım dalga şeklinin belirlenmesinde çok etkin rol oynayan devre elemanlarıdır. R_1 direnci devreyi sönmülendirmektedir ve T_1 cephe süresini kontrol etmektedir. R_2 direnci devredeki kondansatörlerin boşalmasını sağlamaktadır ve T_2 sırt yarı değer süresini kontrol etmektedir. Standart devrede C_2 kondansatörü yük görevi görmektedir ve devreye bağlanan deney cisminin kapasitansına göre değişim göstermektedir. Darbe üreticinin enerjisi aşağıdaki denklemden hesaplanabilir [2].



Şekil 2.4: Tek Katlı Darbe Gerilim Üretici Eşdeğer Devresi [2]

2.4.2. Çok katlı darbe üreticileri

Marx üretici olarakta bilinen bu yapı, çok yüksek gerilimlere çıkılması gerektiğinde kullanılmaktadır. Prensip olarak peş peşe bağlanmış tek katlı darbe üretici ile aynıdır. Tek fark katlar arası kondansatörleri yükleyen R_s dirençlerinin kullanılmasıdır. Yüklenen kondansatörler bir ateşleme ünitesi ile küçük değerli R_1 dirençler üzerinden seri olarak C_2 üzerine boşalır. Bu işlem T_1 süresinde gerçekleşmektedir. Gerilimin tekrar R_1 ve R_2 dirençleri üzerinden boşalması olayı ise T_2 süresinde gerçekleşmektedir [11].



Şekil 2.5: Çok Katlı Darbe Gerilim Üretici Eşdeğer Devresi [11]

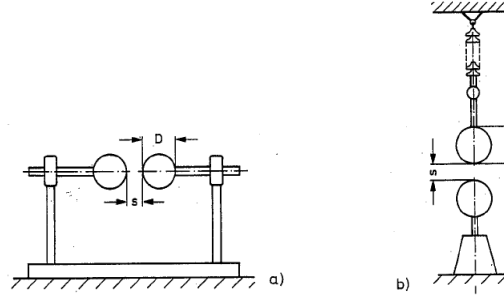
2.5. Yüksek Darbe Gerilim Ölçüm Yöntemleri

Yüksek darbe gerilimlerin ölçülmesi oldukça zordur çünkü gerilimin genlik değeri çok yüksektir ve bilinen ölçüm teknikleri ve cihazlarla doğrudan ölçüm olanağı imkansızdır. Günümüzde yüksek darbe gerilimlerin ölçülmesinde genellikle özel gerilim bölücülerini ve kaydedicilerini kullanılmaktadır. Ölçüm küreleri kullanılarak da ölçüm yapılabilmektedir ancak ölçüm belirsizliğinin %3 olması sebebiyle pek tercih edilmemektedir. Günümüzde küresel elektrotlar kullanılarak doğrusallık (linearite) deneyleri gerçekleştirilmektedir. Yüksek darbe gerilim ölçümlerinde kullanılan yöntemler şunlardır [2]:

1. Küresel Elektrotlarla Ölçüm
2. Yüksek Gerilim Bölücülerıyla Ölçüm

2.5.1. Küresel elektrotlar ile ölçme

Şekil 2.6’da küresel elektrotlar kullanılarak yapılan ölçümler için oluşturulmuş iki temel ölçme düzeneği gösterilmektedir. Yatay düzeneğe genellikle küre çapı $D < 500$ mm olan kürelerle gerçekleştirilir. Daha büyük gerilim seviyeleri için, daha büyük çaplı kürelerin ise düşey düzenekte kullanılması tercih edilir.



Şekil 2.6: Küresel Elektrot Düzenleri [13]
(a) Yatay Düzeneğe (b) Düşey düzeneğe

Ölçümün yapıldığı ortamın sıcaklığının ve atmosfer basıncının, küresel elektrotların atlama geriliminde önemli etkisi bulunmaktadır. Normal ortam koşulları altında ($p = 1013$ mbar ve $T = 20$ °C) delinme gerilimi, küre çapı D ve hava aralığı s 'ye bağlı olarak değişmektedir. Bu değişim (2.1) bağıntısı ile ifade edilmektedir[13].

$$U_{do} = f(D, s) \quad (2.1)$$

U genlikli bir gerilimi ölçmek için en küçük küre çapı D (2.2) ifadesine göre seçilmelidir[13].

$$D(\text{mm}) \geq U(\text{kV}) \quad (2.2)$$

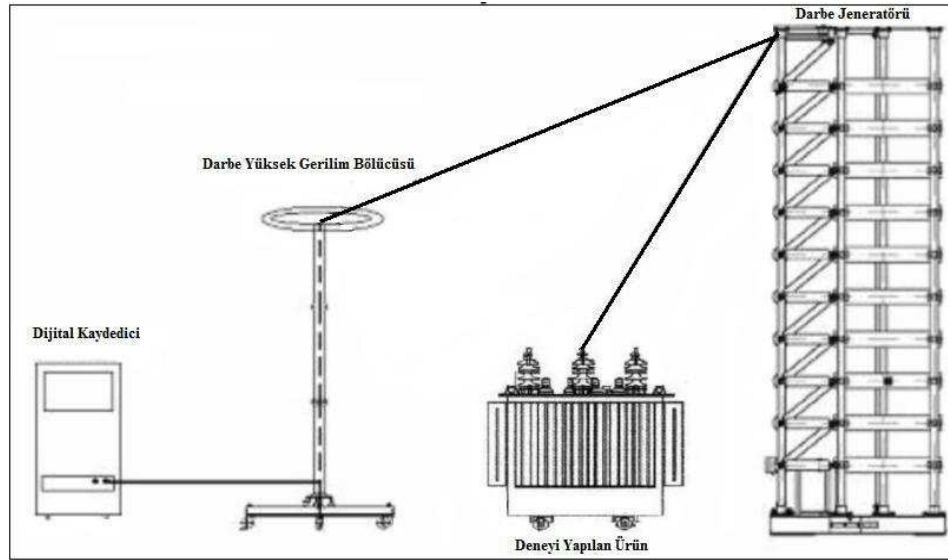
U_d atlama gerilimi bağıl hava yoğunluğu d ile $0,9 < d < 1,1$ için orantılı olduğundan, bir d için atlama gerilimi U_d , normal atmosfer koşulları için verilen U_{do} değeri yardımı ile (2.3) bağıntısı ile hesaplanabilir[13].

$$U_d \approx d \cdot U_{do} = \frac{p}{1013} \cdot \frac{273 + 20}{273 + T} \cdot U_{do} = 0,289 \frac{p}{273 + T} \cdot U_{do} \quad (2.3)$$

burada p mbar cinsinden atmosfer basıncını ve T ise °C cinsinden ortam sıcaklığını ifade etmektedir.

Deney geriliminin yalnızca tepe değerini ölçmek için küresel elektrotlar kullanılabilir. Prensip olarak küreler arasındaki atlama mesafesi ile test gerilimi arasında kurulan bağıntıya göre çalışmaktadır. Fakat elektrot şeklinin tam küresel ve yüzeyinin pürüzsüz olmayışı, elektrot açıklığının hassaslıkla ayarlanamaması, bağıl nem ve sıcaklığın doğru olarak dikkate alınmaması gibi ölçümü etkileyen birçok etkenlerden dolayı ölçüm sonuçları kaba bir ölçüm sistemidir [5, 7].

2.5.2. Yüksek gerilim bölücüleri ile ölçme



Şekil 2.7: Yüksek Gerilim Bölücülü Ölçüm Sistemi [13]

Bir yüksek gerilim sistemi genel olarak bir bölücü, ölçüm kablosu ve voltmetre/kaydediciden oluşur (Şekil 2.7). Optimize edilmiş bir ölçüm sistemi, gerekli performansı yerine getiren benzer karakterdeki bu elemanlardan oluşur. Bölücü ölçülen işaretin genliğini kablo ve voltmetre/kaydedici elemanlarının ölçebileceği uygun değere indirgemektedir. Bölücünün çıkış geriliminin şekli ile giriş geriliminin sinyal şekilleri bire bir aynı olmalıdır. Bu şartlara çok önem verilmeli ve ölçüm hataları dikkatli bir şekilde elenmelidir. Ölçüm kablosu olarak genellikle, işaretin genliğini etkilemeyen fakat kısmen transfer davranışını etkileyen koaksiyel kablo kullanılır. Sistem içerisinde kullanılan kaydedici ise, girişine gelen gerilimin

genliğine ek bir dönüştürme işlemi yapmakta ve verileri kaydetmektedir. Bu dönüştürme işlemi oldukça iyi bir transfer davranışı göstermektedir.

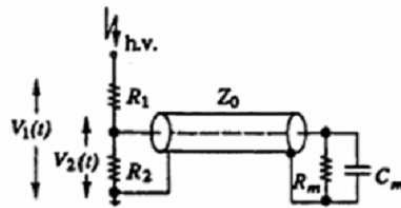
Gerilim bölücü deneyi yapılan deney cisminde paralel olarak bağlanmalıdır. Gerilim bölücü belli bir bölüm oranına sahiptir ve yüksek gerilimi bu orana bölerek konvansiyonel ölçüm cihazlarıyla ölçülebilir büyüklüğe düşürür. Üç tip gerilim bölücü vardır [11].

1. Dirençsel Gerilim Bölücüleri
2. Kapasitif Gerilim Bölücüleri
3. Karma (Sönümlü) Tip Gerilim Bölücüleri

2.5.2.1. Dirençsel gerilim bölücüler

Dirençsel gerilim bölücüler DC yüksek gerilimler kadar yıldırım darbe yüksek gerilimleri ölçülmesinde de kullanılmaktadır. Kapasitif ve karma tip gerilim bölücülerine göre birim basamak cevap süreleri daha düşük olduğu için, genellikle yüksek darbe gerilim ölçümlerinde referans gerilim bölücüler olarak kullanılmaktadır. Fakat direnç elemanlarının karakteristiğinden dolayı anahtarlama darbe yüksek gerilimde kullanılamazlar. Bölücünün bölüm oranı, darbe işaretinin yapısında salınımlar olmadıkça, çok geniş bir frekans bandı içerisinde sabit olmalıdır. Bu bölücü tiplerinde genellikle sarım dirençler kullanılmaktadır. Bu dirençler endüktif özelliği bulunmamaktadır. Dirençlerin yapımı ne kadar iyi olursa bölücü için o derecede düşük self-endüktans ve kapasitans değerleri elde edilir. Basit bir dirençsel gerilim bölücü birbirlerine seri bağlı R_1 ve R_2 direncinden oluşur. (Şekil 2.8). Bölücünün skala faktörü veya bölüm oranı (2.4)'te verilmektedir [5].

$$a = \frac{V_1(t)}{V_2(t)} = 1 + \frac{R_1}{R_2} \quad (2.4)$$

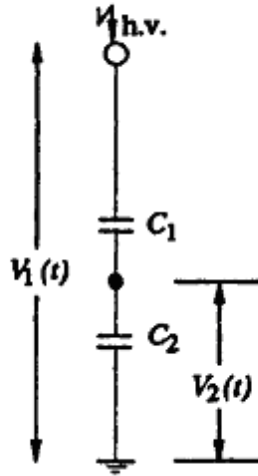


Şekil 2.8: Dirençsel Gerilim Bölücü Eşdeğer Devresi [11]
(Kaydedici ve ölçüm kablolu bir dirençsel gerilim bölücü)

2.5.2.2. Kapasitif gerilim bölücüler

Kapasitif gerilim bölücülerini, genellikle AC yüksek gerilimlerin ölçülmesinde kullanıldığı gibi, yüksek darbe gerilimlerin ölçülmesinde de kullanılmaktadır. Tamamı kondansatör bloklarından oluşturulmuş gerilim bölücülerinin yüksek darbe gerilimlerin ölçülmesinde pek tercih edilmemesinin en önemli nedeni yüksek frekanslı gerilimler ve yükler altında dalga şeklinin özellikle tepe değer bölgesinde ciddi salınımlara neden olması ve tam kapasitif gerilim bölücülerde yüksek frekanslı salınımlar bölücünün bölüm oranında sapmalara yol açmasıdır. LI ve SI her ikisinde de kullanılabilir. Yüksek gerilim ölçümleri için kullanılan bir kapasitif bölücü ve bunun elektriksel eşdeğer yapısı Şekil 2.9'da verilmiştir. Bölücünün bölüm oranı ifadesi (2.5)'de verilmiştir [11].

$$a = \frac{V_1(t)}{V_2(t)} = 1 + \frac{C_2}{C_1} \quad (2.5)$$

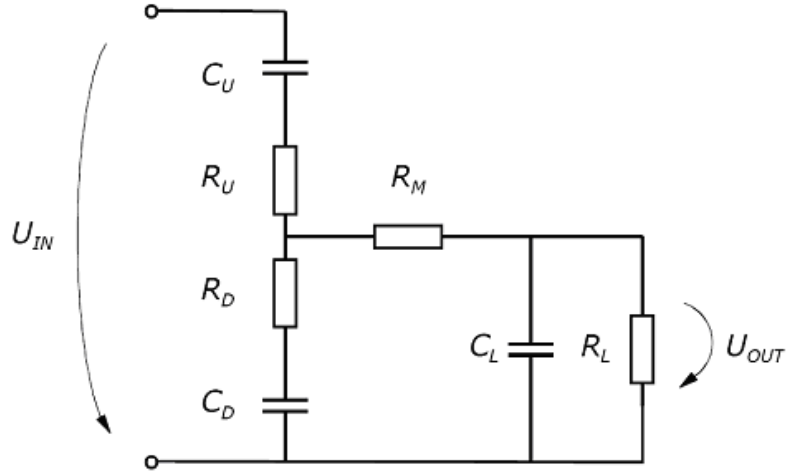


Şekil 2.9: Kapasitif Gerilim Bölücü Eşdeğer Devresi [11]

2.5.2.3. Karma (Sönümlü) tip gerilim bölücüler

Bu tip bölücüler yüksek darbe gerilim ölçümlerinde yüksek frekans osilasyon problemi yaşayan kapasitif bölücüler yerine kullanılırlar. Bu bölücüler LI ve SI ölçümlerinde kullanılabildiği gibi aynı zamanda AC yüksek gerilim bölücü olarak da

kullanılırlar. Sönümlü kapasitif gerilim bölücünün tipik devre diyagramı Şekil 2.10'da gösterilmiştir. Şekil 2.11'de 3,5 metre yüksekliğindeki bölücü görülmektedir [2, 12].



Şekil 2.10: Karma (Sönümlü) Tip Gerilim Bölücü Eşdeğer Devresi [2]

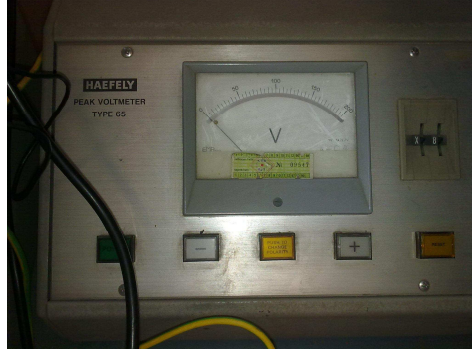


Şekil 2.11: 1000 kV'luk Karma (Sönümlü) Tip Kapasitif Gerilim Bölücü

2.6. Yüksek Darbe Gerilim Ölçümlerinde Kullanılan Diğer Cihazlar

Yüksek darbe gerilim ölçüm sistemlerindeki bölünmüş yüksek gerilim işaretinin işlenmesi ve değerlendirilmesi, darbe voltmetreleri, osiloskoplar ve sayısal kaydediciler tarafından gerçekleştirilmektedir.

2.6.1. Darbe voltmetreleri



(a)



(b)

Şekil 2.12: Darbe Voltmetreleri
(a) Analog Darbe Voltmetreleri (b) Dijital Darbe Voltmetreleri

Darbe voltmetreler, bölücü çıkışındaki bölünmüş darbe işaretinin maksimum değerini gösteren cihazlardır. Darbenin şekli ve zaman parametreleri ile ilgili hiçbir bilgi vermezler. Tüm Ulusal/Uluslararası komitelerce kabul edilen IEC 60060-1 ve IEC 60060-2 standartlarında yıldırım ve anahtarlama darbe gerilimlerinin şekli ve zaman parametreleri tanımlanmıştır ve yapılacak deney ve/veya kalibrasyonlarda darbe işaretinin dalga şekli standartlarda belirtilen değerlerde olması gerekmektedir. Bu nedenle darbe voltmetreleri darbe gerilim ölçümlerinde kullanmak yeterli olmamaktadır. Çünkü darbe ölçümlerinde zaman parametrelerini ölçememektedirler. Şekil 2.12’de görüldüğü gibi analog ve dijital darbe voltmetreler, elektromekanik sanayi üreticileri tarafından darbe yüksek gerilim ölçümlerinde hala kullanılmaktadırlar.

2.6.2. Osiloskoplar



Şekil 2.13: Osiloskop

Standart osiloskoplar ile darbe gerilim ölçümlerinde genlik ve zaman parametrelerinin ölçülmesi ve darbe şeklinin ekranda görülmesi mümkündür, fakat kullanıcı genlik ve zaman parametrelerini belirlerken osiloskobun kaydettiği işaret üzerinde genlik ve zaman ayar düğmelerini elle hareket ettirerek genlik ve zaman parametrelerinin olduğu noktaları tespit eder ve çeşitli matematiksel işlemleri yaptıktan sonra işaretin genlik ve zaman değerlerini belirler. Bu yöntem uzun zaman alan ve hataya açık bir yöntemdir. Ayrıca standart osiloskoplar ile yapılan ölçümlerde genlik ve zaman parametreleri bilgisi hesaplanmadığı için bu bilgilerin kayda mümkün olmamaktadır. Kullanıcı genlik ve zaman ayar düğmeleri aracılığı ile hesapladığı genlik ve zaman bilgilerini kağıt üzerine veya başka bir bilgisayara elle kayıt etmek zorunda kalmaktadır. Aynı zamanda darbenin şeklide bir sonraki darbe geldiğinde ekrandan silindiği için darbe şeklide kayıt altına alınamamaktadır [12].

2.6.3. Sayısal darbe gerilim kaydedicileri



Şekil 2.14: Sayısal Darbe Gerilim Kaydedicisi

Özel kayıt özellikli sayısal kaydediciler kullanılarak yüksek darbe gerilim ölçümleri gerçekleştirmek en ideal yöntemdir (Şekil 2.14). Diğer sistemlerde kullanıcının yaptığı ölçme ve hesaplamaları özel olarak hazırlanmış olan yazılım ile otomatik olarak gerçekleştirilmektedir. Saniyede 100-200 milyon örnekleme hızına sahip ve 8, 10 veya 12 bit çözünürlükte çalışan sayısal kaydediciler, son yıllarda yüksek gerilim teknolojilerinde hızla yerini almaktadır. Sayısal kaydediciler; yüksek ölçüm hızına sahip, yüksek çözünürlük ile genlik ölçümü yapan, genlik ve zaman parametrelerini otomatik olarak bir yazılımla hesaplayabilen, darbenin şeklini ekrana çizen, uygulanan her darbenin genlik ve zaman parametreleri bilgisayara kaydedebilen ve daha sonra bir rapor halinde istenen herhangi bir dosya adı altında kaydedebilen bir ölçüm cihazıdır. Ayrıca istendiğinde rapor halindeki sonuçları ve darbe şeklini yazıcıya gönderilebilmekte, yapılan deney veya kalibrasyonların sonuçlarını kayıt altında tutulabilmekte ve deney veya kalibrasyon sonuç raporlarını otomatik olarak hazırlayabilmektedirler. Bu özelliklerinin yanında herşeyin otomatik olarak kendi yazılımı tarafından yapıldığından dolayı kullanıcı hatalarının olmadığı bir ölçüm sistemidir [12, 13].

2.6.4. Ölçüm kabloları ve topraklama bağlantıları



Şekil 2.15: Ölçüm kablosu ve Topraklama bağlantıları
(a) Çift ekranlı koaksiyel ölçüm kablosu (b) Bakır topraklama bağlantısı

Yüksek gerilim ölçüm sistemlerindeki en önemli problemlerden birisi sistemlerin elektromanyetik girişimlere olan duyarlılığıdır. Ölçümlerimizin elektromanyetik girişimlerden etkilenmemesi için çift ekranlı koaksiyel ölçüm kabloları kullanılması gerekmektedir. Ayrıca toprak bağlantılarını yaparken bağlantılar arasındaki empedansı düşük tutmak için yassı şerit bakır levhalar kullanılmalıdır (Şekil 2.15).

3. SAYISAL KAYDEDİCİNİN TASARIMI VE YAPIMI

3.1. Sayısal Kaydediciler

Darbe voltmetrelerini darbe gerilim ölçümlerinde kullanmak yeterli olmamaktadır. Çünkü darbe ölçümlerinde zaman parametrelerini ölçememektedirler. Standart osiloskoplar ile darbe gerilim ölçümlerinde genlik ve zaman parametrelerinin ölçülmesi mümkündür. Ancak kullanıcı genlik ve zaman parametrelerini belirlerken osiloskobun kaydettiği işaret üzerinde genlik ve zaman ayar düğmelerini elle hareket ettirerek genlik ve zaman parametrelerini olduğu noktaları tespit eder ve çeşitli matematiksel işlemleri yaptıktan sonra işaretin genlik ve zaman değerlerini belirler. Bu yöntem uzun zaman alan ve hataya açık bir yöntemdir. Bu teze konu olan sayısal kaydedici ile yapılacak ölçüm sistemi; darbe yüksek gerilim ölçümleri için en ideal cihazdır. Diğer sistemlerde kullanıcının yaptığı ölçme ve hesaplamaları özel olarak hazırlanmış olan yazılım otomatik olarak yaptığından kullanıcı kaynaklı hatalar oluşmaz.



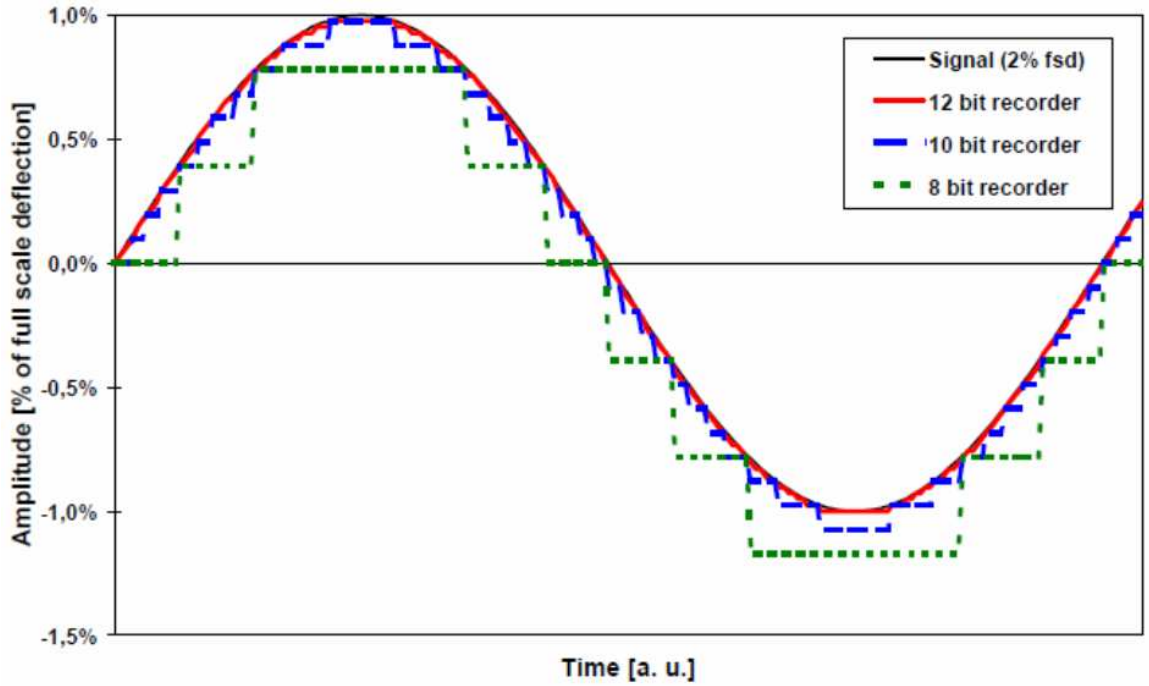
Şekil 3.1 Sayısal Yüksek Darbe Gerilim Kaydedicisi

Özel kayıt özellikli dijital kaydediciler, yüksek darbe gerilim çalışmaları için en ideal cihazlardır. Diğer sistemlerde kullanıcının yaptığı ölçme ve hesaplamaları özel olarak hazırlanmış olan yazılım otomatik olarak yapar. Saniyede 100-200 milyon örnekleme hızına sahip ve 8, 10 veya 12 bit çözünürlükte çalışan sayısal kaydediciler, son yıllarda yüksek gerilim teknolojilerinde hızla yerini almaktadır [13].

3.2.Genlik Çözünürlüğü

Genlik çözünürlüğündeki bit sayısı, dijital kayıt cihazının analog dijital dönüştürücüsünün giriş gerilimini kaçar voltluk adımlarla okuduğunu göstermektedir.

8 bit için kaydedici giriş gerilimini $1 / 2^8$ 'e bölerek okumakta iken, bit sayısının artması genlik çözünürlüğünü artırır bu durumda 10 bit çözünürlüğe karşılık kaydedici giriş gerilimini $1 / 2^{10}$ 'a bölerek daha küçük gerilim adımlarını okur ve böylece daha hassas ölçümler yapabilir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: Sayısal Kaydedicilerin Genlik Çözünürlüğü [13]

(8 bit çözünürlük, bir sinüs sinyalinin yarım periyodunu 5 adım ile modüle ederken, 10 bit 20 adım ile modüle etmektedir. 12 bit çözünürlük ise aynı sinyali 80 adımla modüle etmektedir.)

3.3.Örnekleme Hızı

Bir sinyali analogdan sayısala çevirirken dikkat edilmesi gereken en önemli konudan biri de işaretin örnekleme hızıdır (sample rate). Örnekleme hızı, analog bir işaretin bir saniye boyunca kaç kez ölçüldüğünü gösteren bir bilgi olarak tanımlanabilir. Düşük frekanslı sinyallerin ölçülmesinde örnekleme hızının çok yüksek olmasına gerek yoktur. Fakat yüksek frekanslı işaretler ölçülecekse örnekleme hızının yüksek olması gerekmektedir. Nyquist teoreminden de bilindiği gibi analog bir işareti sayısala çevirirken örnekleme frekansı, sinyalin frekansının en az 2 katı olması gerekmektedir.

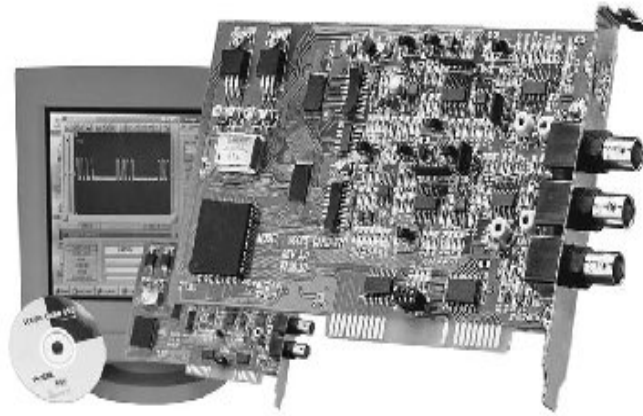
$$F_{\text{Nyquist}} = \frac{F_{\text{sample}}}{2} \quad (3.1)$$

Nyquist'in ortaya attığı teoriye göre; analog bir sinyalin minimum distorsiyon (bozulma) ile sayısala dönüştürülebilmesi için kullanılan en yüksek frekans değerinin 2 katı alınmalıdır. Sayısal darbe yüksek gerilim kayıt cihazları, analog işaretleri sayısal değerlere çevirirler. Bu işlem için ADC'ler (Analog Dijital Converter) kullanılır. Bu işlem yapılırken örnekleme (sampling) yöntemi kullanılır. Örnekleme hızı analog işaretin saniyede kaç analog değerini sayısallaştırdığını gösterir. Bir saniye içinde kaç tane örneğe sahip olmamız gerektiği Nyquist teorisiyle bulunur.

Yıldırım darbe işaretinin frekansının 1 MHz'ler mertebesinde olduğu bilinmektedir. Bu durumda zaman domeninde bu işaretin cephe süresi 1 µs'ler mertebesinde. Örneğin saniyede 1 milyon (1 MS/s) örnekleme yapan bir osiloskobun 1 µs'de sadece 1 örnek alabildiği bilinmektedir. Buna göre bu özellikte bir osiloskobun kullanılmasıyla 1 µs'de darbe yüksek gerilimlerini hassas olarak ölçebilmek imkânsızdır. Nyquist teorisine göre; işaretin en az (2 MS/s) örnekleme hızı ile örnekleme durumunda işaretin kaybedilmeden geri kazanılabilecektir. Bu projede oldukça hızlı çalışan ve örnekleme hızı oldukça yüksek ADC'lere sahip olan ölçüm kartı kullanılmıştır. Kullanılan ölçüm kartının örnekleme hızı 200 MS/s olarak seçilmiştir. Bunun anlamı, darbe işaretinin analizi gerçekleştirilirken 1 µs'lik bir süre içinde 200 adet örneğin işlenmesidir. Bu tercih doğru ölçüm yapabilmek için Nyquist teorisinin önerdiği minimum örnekleme hızından 100 kat daha fazladır [2, 13].

3.4. Sayısal Kaydedici Yapımında Kullanılan Programlanabilir Ölçüm Kartı

Programlanabilir ölçüm kartları, bilinen laboratuvar tipi osiloskoplarla aynı özellikleri taşımaktadır. Küçük boyutları ve kolaylıkla taşınabilir yapısıyla saha uygulama ve çalışmalarında kullanımı oldukça pratiktir. Programlanabilirlik özelliği sayesinde standart laboratuvar tipi osiloskoplar gibi yalnızca işareti göstermekle kalmayıp kullanıcı tarafından yazılabilecek özel yazılımlarla işaretin analizini eş zamanlı olarak gerçekleştirebilmek mümkündür. Laboratuvar tipi osiloskoplarda bulunan ve işaretin genlik ve zaman parametrelerini ölçmek için kullanılan ayrıca manuel olarak hareket ettirilen kursörler kullanmak yerine kullanıcı tarafından yazılabilecek yazılım ile cihazı kontrol edebilmek ve ölçümler yaptırabilmek mümkündür (Şekil 3.3).

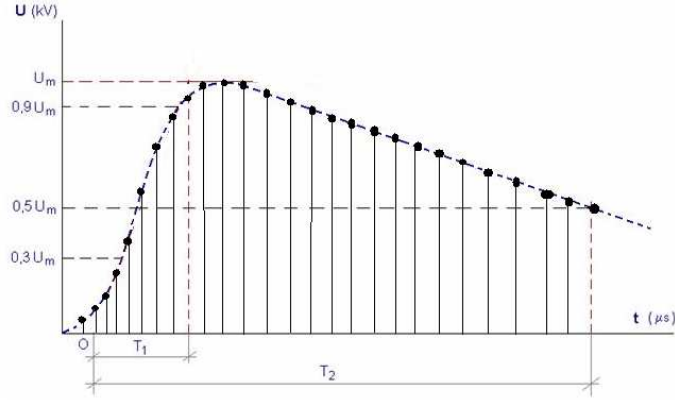


Şekil 3.3: Programlanabilir Ölçüm Kartı

3.5. Kullanılacak Programlanabilir Ölçüm Kartının Özellikleri

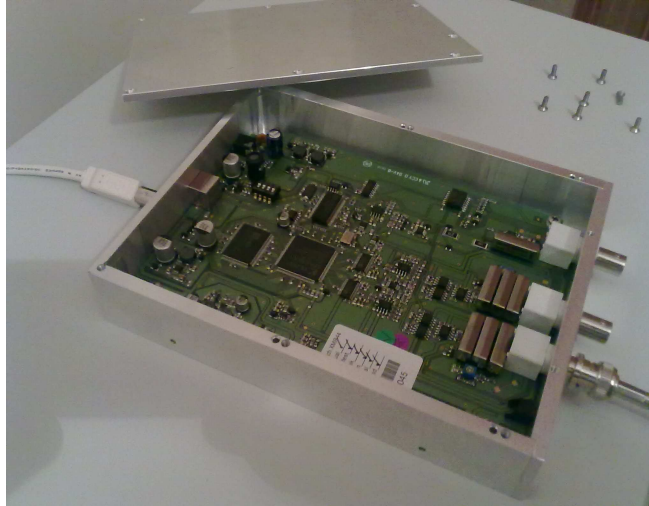
Bu çalışmada tasarımı yapılan kaydedicinin, özellikle yıldırım darbe gerilim işaretlerinin ölçülmesi ve analizinde kullanılması amaçlanmış ayrıca destekleyici yazılımlarla anahtarlama darbe ölçümlerinde de kullanımına elverişli hale getirilmiştir. Yıldırım darbe işaretinin cephe süresi $1 \mu\text{s}$ 'ler mertebesinde olmasından dolayı, bu çalışmada kullanılan ölçüm kartının mümkün olduğunca yüksek örnekleme hızına sahip olması istenmektedir. Örneğin saniyede 1 milyon (1 MS/s) örnekleme yapan bir osiloskobun $1 \mu\text{s}$ 'de sadece 1 örnek alabildiği bilinmektedir. Buna göre bu

özelliğinde bir osiloskobun kullanılmasıyla yüksek darbe gerilimleri hassas olarak ölçülebilmek neredeyse imkânsızdır (Şekil 3.4) .



Şekil 3.4: Yüksek Darbe Gerilim İşaretinin Sayısal Örneklenmesi

Bu tez çalışmasında kullanılan ölçüm kartının özellikleri Tablo 3.1'de verilmiştir. Kartın örnekleme hızı 200 MS/s olarak seçilmiştir. Bunun anlamı, darbe işaretinin analizi gerçekleştirilirken 1 µs'lik bir süre içinde 200 adet örneğin alınmasıdır. Bu tercih işaretin daha doğru olarak ölçülebilmesi için iyi bir örnekleme hızı olarak kabul edilebilir. Daha hassas ölçümler için örnekleme hızı yüksek sayısal ölçüm kartlarının seçimi gerekmektedir. Yüksek gerilim deney uygulamalarında 200 MS/s örnekleme hızına sahip kaydedicilerle çalışmak yeterlidir. Şekil 3.5'te yapımı gerçekleştirilen sayısal kaydedicide kullanılan ölçüm kartı görülmektedir. Bu karta, darbe yüksek gerilim uygulamalarında çok büyük önem arz eden elektriksel gürültü problemlerinin ölçme hassasiyetine etki etmemesi için özel ekranlama uygulanmıştır.



Şekil 3.5: Sayısal Kaydedici Yapımında Kullanılan Programlanabilir Ölçüm Kartı

Tablo 3.1: Kullanılan Programlanabilir Ölçüm Kartının Teknik Özellikleri

Bant Genişliği	200 MHz
Örnekleme Hızı	100 MS/s
Kanal Sayısı	2
Zaman Ölçüm Aralığı	1 ns/div - 50 s/div
Gerilim Ölçüm Aralığı	± 100 mV - ± 20 V
Zaman Ölçüm Belirsizliği	50 ppm
Gerilim Ölçüm Belirsizliği	$\pm \%1$
Spektrum Aralığı	0-100 MHz
Çözünürlük	8 bit
Giriş Empedansı	1 M Ω , 20 pF
PC Bağlantısı	USB
Desteklenen Yazılımlar	C, Delphi, Visual Basic, LabVIEW

3.6.Programlanabilir Ölçüm Kartı ile Bilgisayar Arası İletişim

Bu çalışmada programlanabilir ölçüm kartı ile bilgisayar arasında bağlantı kurulmasını sağlamak ve veri alış verişini gerçekleştirmek için bir arayüz programı yazılması gerekmektedir. Bu programın yazımında Visual Basic derleyicisi kullanılmıştır (Şekil 3.6). Yazılan program; yüksek darbe gerilim işaretini osiloskop gibi cihazlarla ölçebilmek için öncelikle genlik ölçüm bölgesi, zaman ölçüm bölgesi, eşik değeri, kutbiyet bilgisi, örnekleme hızı, ölçümün yapılacağı kanal, tetikleme ayarları, AC/DC kuplaj mod bilgisi gibi koşullandırmaların otomatik olarak ölçüm kartına gönderilmesini sağlamaktadır. Bu koşullandırmaların osiloskoba doğru bir şekilde yapılmadığı durumda işareti osiloskop ekranında görebilmek mümkün değildir. Bu tez ile yazılmış olan özel yazılım ile ayar düğmeleri ile elle yapılan tüm bu koşullandırmalar tamamen otomatik olarak yazılım tarafından gerçekleştirilmektedir. Kullanıcı sadece hazırlanan yazılımın kullanıcı arayüzünden ölçüm yapacağı genlik bölgesini ve kutbiyet bilgisini seçmesi durumunda tüm ayarları otomatik olarak ölçüm kartına gönderebilmektedir.

```
Private Sub Open_Click()  
    baslangic:  
  
    'polarite seciminin kontrolu,polariteye göre threshold'un yonu direction carpanıyla degistirilir.  
    If Combo4.ListIndex = 0 Then  
        direction = 1  
    End If  
    If Combo4.ListIndex = 1 Then  
        direction = -1  
    End If  
  
    'Kanal seçimi için gerekli dönüşümler bu kısımda yapılmaktadır.  
    channel_1 = Combo1.ListIndex * 2 'kanalı seçimi 2 ile carpılarak,kanalı verisiyle toplanarak kombinasyon belirlenir.  
    channel_2 = Combo6.ListIndex  
    channel = channel_1 + channel_2  
    Select Case channel  
        Case 2: aktive_channel = 0  
        Case 1: aktive_channel = 1  
        Case 3: aktive_channel = 2  
        Case 0: aktive_channel = 3  
    End Select  
  
    If aktive_channel = 3 Then  
        'Kanal seçilmemiş ise bu kısım çalışır.  
        message = MsgBox("Lütfen bir kanal seçiniz!", 0 + 48, "Warning!")  
    Exit Sub  
    End If  
  
    If alreadyopen = 1 Then  
        'alreadyopen olarak tanımlanan değişken sistem ilk çalıştığında (0)'dir  
        message = MsgBox("ps3000 already open", 0 + 48, "Warning!") 'sistem ilk açıldığında bu If 'e girmeden alt satırdaki open_unıt ile cih  
    Exit Sub  
    End If  
  
    'dongu dongu alt programında l'e çekilir  
    'boylice program çalışırken Open a tekrar basıldığında cihaz kilitlenmez  
    've Uyarı mesajı verir.  
    .....
```

Şekil 3.6: Programlanabilir Ölçüm Kartı ile Bilgisayar Arasında Bağlantı Kurulmasını ve Veri Alış Verişini Sağlayan Programın Yazılmasında Kullanılan Visual Basic Derleyicisi

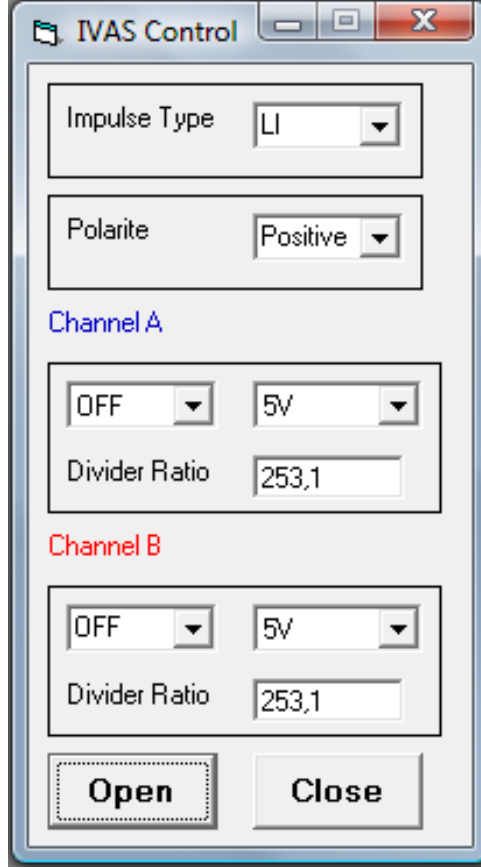
3.7. Programlanabilir Ölçüm Kartı Haberleşme ve Kontrol Yazılımı

Programlanabilir ölçüm kartı ile bilgisayar arasında bağlantı kurulmasını ve veri alış verişini sağlayan programın kullanıcı arayüzü Şekil 3.7’de gösterildiği şekildedir. Program, “Impulse Voltage Analyzing System Control” isminin kısaltılmışı olan “IVAS Control” olarak isimlendirilmiştir.

Hazırlanan olan bu yazılım ile;

- * Programlanabilir ölçüm kartı ile bilgisayar arasında haberleşme bağlantısı (connection) kurulması sağlanmıştır.
- * İşaretin programlanabilir osiloskop kartı tarafından yakalanabilmesi için gerekli koşullandırmalar (kanal ayarları) osiloskoba gönderilmiştir. Bu koşullandırmalar; genlik ve zaman bölgesi, eşik değeri, örnekleme hızı, ölçümün yapılacağı kanal bilgisi, tetikleme ayarları, AC/DC kuplaj mod bilgisidir.
- * Darbe işareti programlanabilir osiloskop kartı tarafından örneklenecek yakalandıktan sonra osiloskobun ara belleğine kaydedilmektedir. Ara bellekteki veri, işaretin genlik ve zaman datalarından oluşan 10000×2 boyutunda bir matristir.

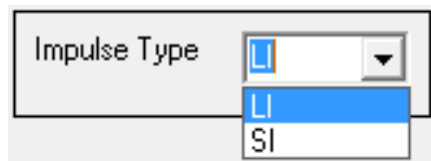
Hazırlanan bu yazılımla ara bellekteki veri bilgisayara iletilir. Böylece bilgisayara kaydedilen veri işlenip, çeşitli ölçüm ve analizlerin yapılabileceği bir ortama kaydedilmiş olur.



Şekil 3.7: Ölçüm Kartı ile Bilgisayar Arasında Bağlantı Kurulmasını ve Veri Alış Verişini Sağlayan Programın Kullanıcı Arayüzü

3.7.1. Darbe tipi (impulse type) penceresi

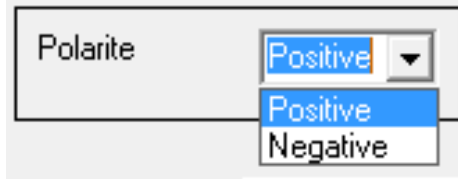
Programda bulunan darbe tipi (impulse type) penceresi ile ölçülecek darbe şekline göre; yıldırım darbe (LI) veya anahtarlama darbe (SI) darbe tipleri için zaman eksenini ayarlarını osiloskop kartına göndermek için Şekil 3.8’de gösterilen pencere aracılığı ile otomatik olarak ayarlanması sağlanmıştır.



Şekil 3.8: Darbe Tipinin Seçildiği Pencere

3.7.2. Kutbiyet penceresi

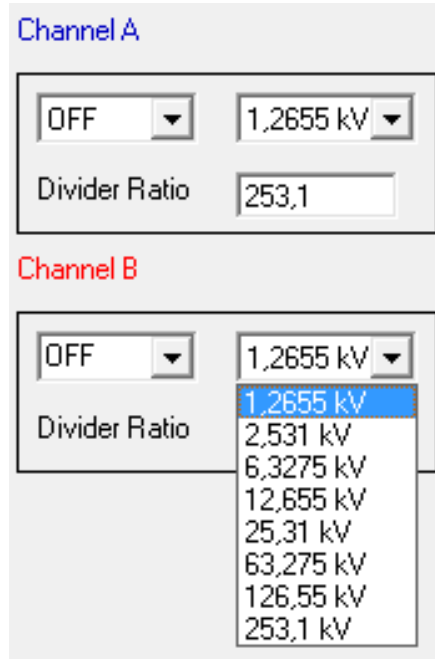
Programda bulunan kutbiyet penceresi ile ölçülecek darbenin kutbiyetine göre; eşik değeri, tetikleme ayarları, pozitif veya negatif işaret bilgileri ve ayarlarının programlanabilir ölçüm kartına Şekil 3.9'da gösterilen pencere aracılığı ile otomatik olarak yüklenmesi sağlanmıştır.



Şekil 3.9: Darbenin Kutbiyetinin Seçildiği Pencere

3.7.3. Kanal seçimi ve ölçüm bölgesinin seçildiği pencere

Programda bulunan Kanal Seçim pencereleri ile; ölçümün yapılacağı kanal bilgisi, genlik ve zaman ölçüm bölgesi gibi bilgileri içeren ayarları programlanabilir ölçüm kartına Şekil 3.10'da gösterilen pencere aracılığı ile otomatik olarak yüklenmesi sağlanmıştır. Bu pencereye bölücünün bölüm oranı da girilebilmektedir.



Şekil 3.10: Kanal ve Ölçüm Bölgesinin Seçildiği Pencere

3.7.4. Aktivasyon penceresi

Program ara yüzündeki tüm ayarlar seçildikten sonra Şekil 3.11'deki "Open" tuşuna basıldığında program ile ölçüm kartı arasında bağlantı kurulmaktadır.



Şekil 3.11: Aktivasyon Penceresi

Bağlantı kurulurken ekranda Şekil 3.12'deki yazı ve yükleme uyarı penceresi açılmaktadır. Bu yükleme penceresinin ilerlemesi sırasında program hem ölçüm kartı ile bağlantı kurmakta hemde ölçüm kartına kullanıcının seçtiği koşullandırmaları yüklemektedir.

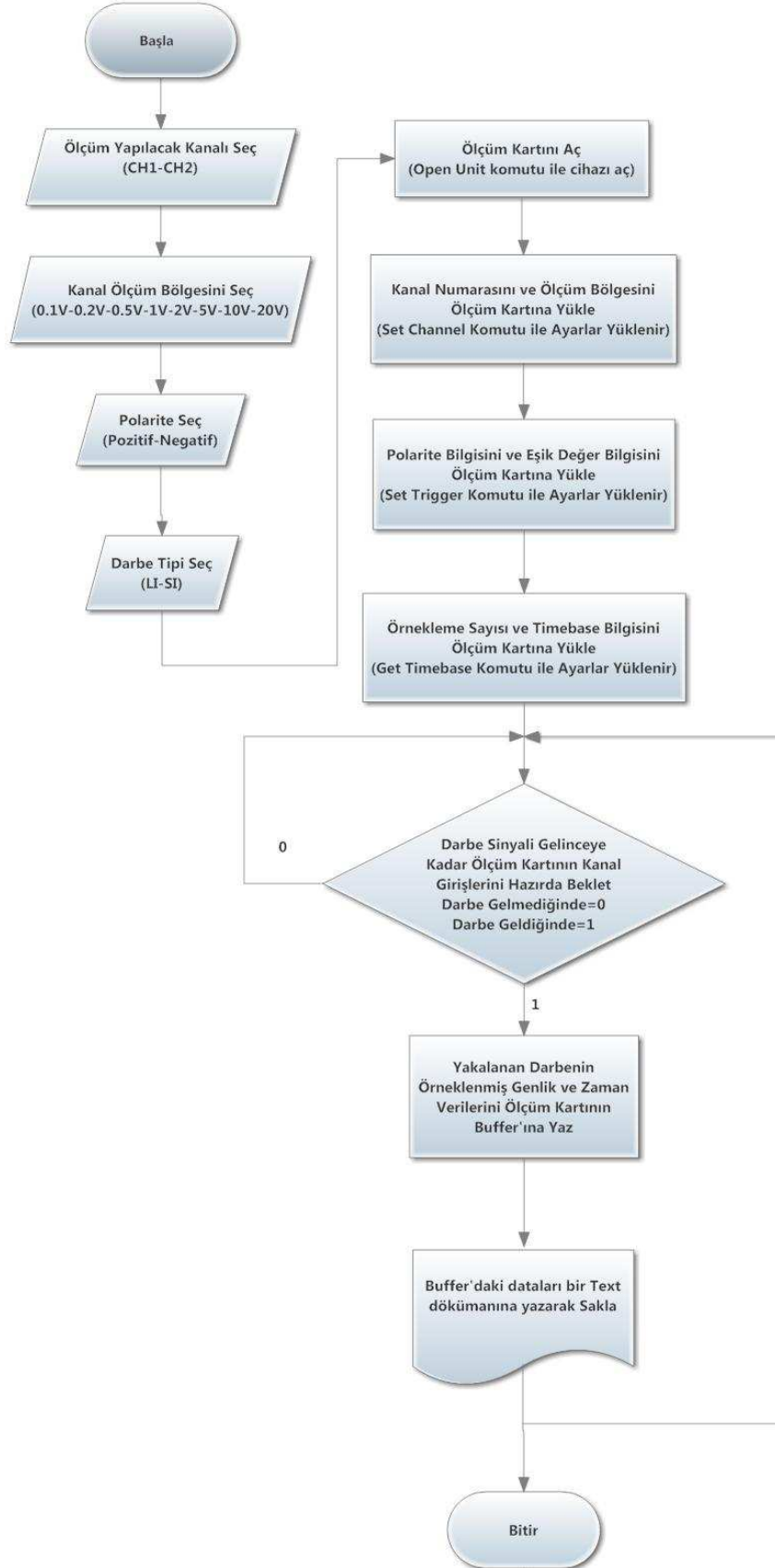


Şekil 3.12: Bağlantı Kurulumunu Gösteren Yükleme Çubuğu

Bu aşamadan sonra program ve ölçüm kartı yeni bir darbe gelene kadar hazırda bekler ve darbe geldiği an bunu algılar ve yakaladığı darbenin sayısal verilerini bir dosyaya kaydeder. Bu datalar daha sonra MATLAB ile yazılmış olan ölçüm ve analiz yazılımı tarafından işlenir.

Programda bulunan "Close" butonuna basıldığında ise program ile ölçüm kartı arasındaki bağlantı kesilmekte ve ölçüm sisteminin aktivasyonu sonlandırılmaktadır.

3.7.5. Ölçüm kartının kontrolünü sağlayan programın akış diyagramı



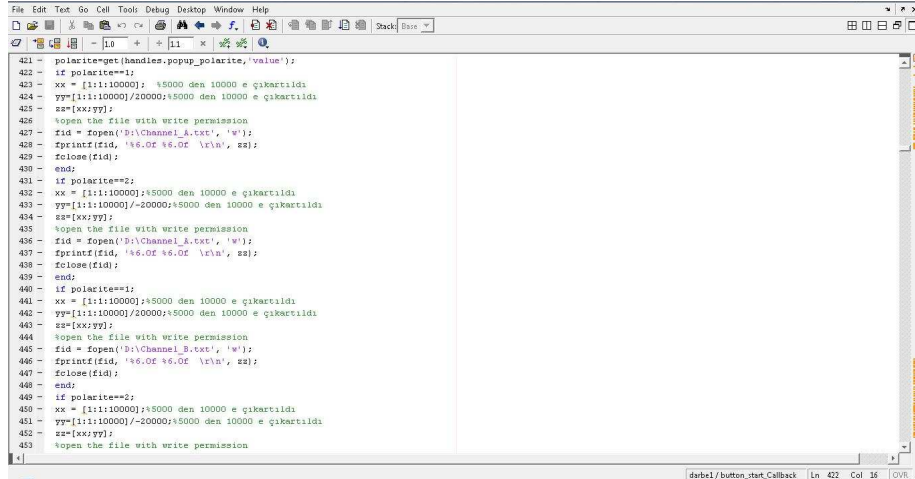
Şekil 3.13: Ölçüm Kartı Kontrol Programının Akış Diyagramı

3.8. Darbe Sinyalinin Analizi ,Genlik ve Zaman Parametrelerinin Hesaplanması, Grafik çizimi, Sonuçların Kaydı ve Raporlanması

MATLAB programlama dili ile hazırlanan yazılım ile ölçüm kartından gelen iki tabanlı veriler onluk tabanlı sayısal verilere dönüştürülecektir. Ölçüm sisteminde bölücü olarak kullanılan yüksek gerilim bölücüsünün bölüm oranı, hazırlanan yazılıma bir katsayı olarak girilerek yazılıma ve ölçüm kartı tarafından ölçülen bölünmüş gerilim değerleri bu bölüm oranıyla çarpılarak uygulanan gerçek yüksek gerilim değeri kV olarak hesaplanmaktadır. Matristeki veriler kullanılarak, darbenin türüne göre (LI veya SI), gerekli matematiksel analizler yapıldıktan sonra darbenin T_1 ve T_2 süreleri ilgili deney standartlarında öngörülen hesaplama yöntemleri ile otomatik olarak yazılım tarafından hesaplanarak belirlenmektedir.

Standart osiloskoplar ile kullanıcı genlik ve zaman parametrelerini tespit etmek için osiloskobun kaydettiği işaret üzerinde genlik ve zaman ayar düğmeleri elle hareket ettirerek genlik ve zaman parametrelerinin olduğu noktaları bulur ve çeşitli matematiksel işlemleri yaptıktan sonra işaretin genlik ve zaman değerlerini belirler. Bu yöntem uzun zaman alan ve hataya açık bir yöntemdir.

Bu çalışma ile yapılan ölçüm sistemi; yüksek ölçüm hızına sahip, yüksek çözünürlük ile genlik ölçümü yapan, genlik ve zaman parametrelerini otomatik olarak bir yazılımla hesaplayabilen ve kullanıcı hatalarının olmadığı bir ölçüm sistemi geliştirilmiştir. Şekil 3.14’de darbe sinyalinin analizinin yapıldığı MATLAB derleyicisi görülmektedir.



```
421 - polarite=1; %polarite=1; %value';
422 - if polarite==1;
423 - xx = [1:10000]; %5000 den 10000 e çikartildi;
424 - yy=[1:10000]/20000;%5000 den 10000 e çikartildi;
425 - sz=[xx;yy];
426 - %open the file with write permission
427 - fid = fopen('D:\Channel_A.txt', 'w');
428 - fprintf(fid, '%6.0f %6.0f \n\n', sz);
429 - fclose(fid);
430 - end;
431 - if polarite==2;
432 - xx = [1:10000];%5000 den 10000 e çikartildi;
433 - yy=[1:10000]/-20000;%5000 den 10000 e çikartildi;
434 - sz=[xx;yy];
435 - %open the file with write permission
436 - fid = fopen('D:\Channel_B.txt', 'w');
437 - fprintf(fid, '%6.0f %6.0f \n\n', sz);
438 - fclose(fid);
439 - end;
440 - if polarite==3;
441 - xx = [1:10000];%5000 den 10000 e çikartildi;
442 - yy=[1:10000]/20000;%5000 den 10000 e çikartildi;
443 - sz=[xx;yy];
444 - %open the file with write permission
445 - fid = fopen('D:\Channel_C.txt', 'w');
446 - fprintf(fid, '%6.0f %6.0f \n\n', sz);
447 - fclose(fid);
448 - end;
449 - if polarite==2;
450 - xx = [1:10000];%5000 den 10000 e çikartildi;
451 - yy=[1:10000]/-20000;%5000 den 10000 e çikartildi;
452 - sz=[xx;yy];
453 - %open the file with write permission
```

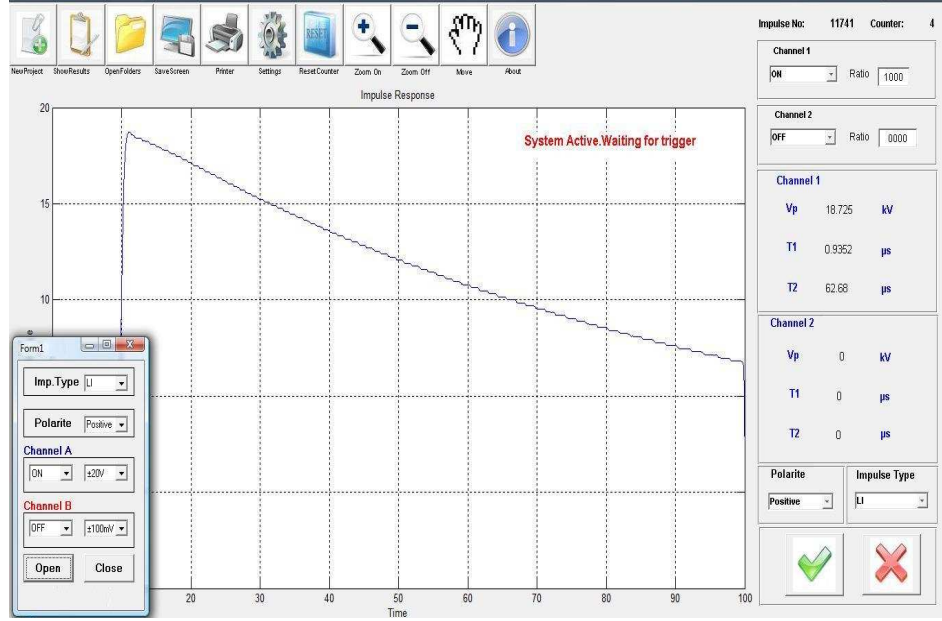
Şekil 3.14: MATLAB Derleyicisi

3.9. Genlik ve Zaman Parametrelerinin Hesaplanması, Grafik çizimi, Sonuçların Kaydı ve Raporlanması Yazılımı

Darbe sinyalinin analizi, genlik ve zaman parametrelerinin hesaplanması, grafik çizimi, sonuçların kaydı ve raporlanmasını sağlayan programın arayüzü Şekil 3.15’de gösterildiği şekildedir. Program, “Impulse Voltage Analyzing System Measuring” isminin kısaltılmışı olan “TVAS Measuring” olarak isimlendirilmiştir.

Hazırlanan bu yazılım ile;

- * Programlanabilir osiloskop kartından gelen iki tabanlı veriler onluk tabanlı sayısal verilere dönüştürülmektedir.
- * Ölçüm sisteminde kullanılan yüksek gerilim bölücüsünün bölüm oranı, hazırlanan yazılıma bir katsayı olarak girilebilmekte ve ölçüm kartının ölçtüğü bölünmüş gerilim değerleri bu bölüm oranıyla çarpılarak uygulanan gerçek yüksek gerilim değeri hesaplanabilmektedir.
- * Ara bellekte saklanan matristeki veriler, yıldırım veya anahtarlama darbe işaretlerinin türüne göre (LI veya SI), standartlarda belirtilen matematiksel analizler yapılarak işlenmekte ve darbenin T1 ve T2 süreleri otomatik olarak belirlenebilmektedir.
- * Darbe şeklinin ilgili deney standartlarında tanımlanan yüksek darbe gerilim şekline uygun olup olmadığı, ekrana çizilen grafik ile kolayca belirlenebilmektedir.
- * Deneylerde veya kalibrasyonlarda peşpeşe çok sayıda darbe uygulanmaktadır. Bu yazılım ile uygulanan her darbenin genlik ve zaman parametreleri peşpeşe hızlı bir şekilde hesaplanabilmekte, bilgisayara kaydedilmekte ve daha sonra bir rapor halinde istenen herhangi bir dosya adı altında saklanabilmektedir.
- * Deney veya kalibrasyon sonuçları ve darbelerin dalga şekilleri, rapor halinde yazıcıdan çıktı biçiminde temin edilebilmektedir.



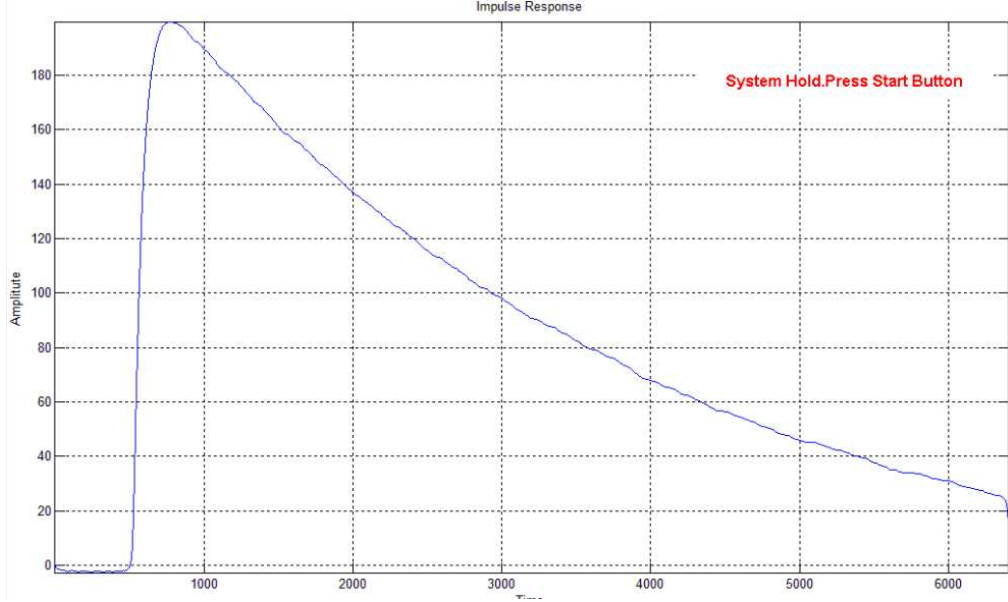
Şekil 3.15: MATLAB Arayüzü

MATLAB’de yazılan program .exe uzantılı dosyaya çevrilmiştir. Böylece hazırlanmış olan bu program MATLAB’ın kurulu olmadığı bilgisayarlarda da çalışabilir hale getirilerek endüstriyel bir cihaz olarak üreticilerin hizmetine sunulabilme imkanı taşımaktadır.

3.9.1. Grafik penceresi

Yazılımda bulunan grafik penceresi ile; darbe şeklinin IEC 60060-1 ve IEC 60060-2 standartlarında tanımlanan darbe yüksek gerilim şekline uygun olup olmadığını görebilmemiz için Şekil 3.16’da gösterilen pencere aracılığı ile darbenin grafiğinin ekrana çizdirilmesi sağlanmıştır. Yazılım çalıştırıldığı andan itibaren kanallarda herhangi bir darbe sinyalinin olup olmadığını bir döngü alt programı ile kontrol edilmektedir. Bu aşamada grafik ekranı üzerinde, sistemin darbe sinyalinin beklendiği bilgisini kullanıcıya vermek için, “System Active. Waiting for trigger” uyarısı grafik penceresinde yer almaktadır. Ölçüm sistemi kanallarda bir darbe sinyali algıladığı anda program analiz aşamasına geçerek darbenin genlik ve zaman parametrelerini hesaplamaya başlamaktadır. Bu aşama sırasında ekranda yazılımın analiz ve hesaplamalar yaptığını bildirmek amacıyla “Calculating Data....” yazısı yazar. Yakalanan sinyalin analizi yapıp, zaman ve genlik parametreleri hesaplandıktan sonra sinyalin grafiği grafik penceresine çizilmekte ve yazılım yeni bir darbeyi

beklemek üzere kanallarda herhangi bir darbe sinyalinin olup olmadığını kontrol eden döngü alt programı aşamasına dönerek yeni sinyalin yakalanabilmesi için hazırda beklemektedir (Şekil 3.16).



Şekil 3.16: Darbe Şeklinin Ekranı Çizdirildiği Pencere

3.9.2. Bölüm oranı penceresi

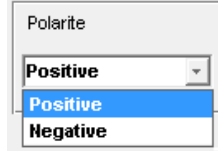
Ölçüm öncesi öncelikle hangi kanaldan ölçüm yapılacaktır o kanalın aktif yapılması gerekmektedir. Ölçümlerin gerçekleştirilebilmesi için ölçümün gerçekleştirileceği kanalın "ON", ölçüm yapılmayacak kanalın "OFF", eğer her iki kanaldan birden ölçüm yapılacaktır da her ikisini birden "ON" konumuna alınması gerekmektedir. Ölçüm yapılacak kanal seçimi yapıldıktan sonra programda bulunan bölüm oranı penceresi ile; ölçüm sisteminde kullanılan yüksek gerilim bölücüsünün bölüm oranı, Şekil 3.17'de gösterilen pencere aracılığı ile hazırlanan yazılıma bir katsayı olarak tanımlanmaktadır. Ölçüm kartının ölçtüğü bölünmüş alçak gerilim değerleri yazılım tarafından bu bölüm oranıyla otomatik olarak çarpılarak uygulanan gerçek yüksek gerilim değerinin hesaplanması sağlanmıştır.

Channel 1	
<input type="text" value="ON"/>	Ratio <input type="text" value="71285"/>
Channel 2	
<input type="text" value="OFF"/>	Ratio <input type="text" value="0000"/>

Şekil 3.17: Bölüm Oranı Penceresi

3.9.3. Kutbiyet penceresi

Programda bulunan kutbiyet penceresi ile; uygulanan darbenin hangi kutbiyette olduğu bilgisi yazılıma girilmektedir. Program tüm analiz ve hesaplamalarda bu bilgiyi kullanmakta ve matematiksel işlemler buna göre yapılmaktadır. Şekil 3.18’de kutbiyet (polarite) penceresi gösterilmektedir.



Şekil 3.18: Kutbiyet Penceresi

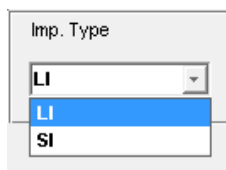
3.9.4. Darbe tipi penceresi

Bilindiği gibi, darbe yüksek gerilim deney ve kalibrasyonlarında yıldırım ve anahtarlama darbe (LI ve SI) olmak üzere iki temel darbe tipi vardır ve her iki darbe tipinin zaman parametreleri hesaplama yöntemleri farklıdır.

Yıldırım darbe gerilim zaman parametreleri $T_1 = 1,2 \mu s$ ve $T_2 = 50 \mu s$ 'dir. Standartlara göre yıldırım darbe geriliminin tepe değerinin %30 ve %90'ı arasında kalan sürenin 1,67 katı T_1 süresini verir. Yıldırım darbe geriliminin başlangıç noktası ile tepe değerinin %50'sine düştüğü nokta arasında kalan süre T_2 süresini verir.

Anahtarlama darbe gerilim zaman parametreleri $T_1=250 \mu s$ ve $T_2=2500 \mu s$ 'dir. Anahtarlama darbe geriliminin tepe değerinin %30 ve %90'ını arasında kalan sürenin 1,67 katı T_p süresini yani cephe süresini verir. Darbe geriliminin başlangıç noktası ile tepe değerinin %50'sine düştüğü nokta arasında kalan süre T_2 sırt yarı değer süresini vermektedir.

Programda bulunan darbe tipi penceresi ile; darbenin türüne (LI veya SI) göre ilgili standartlarda belirtilen matematiksel işlemlerin yapılmasını sağlamaktadır. Yıldırım ve anahtarlama darbe türleri için zaman parametrelerinin hesaplanma yöntemleri farklı olduğundan Şekil 3.19’da gösterilen pencere aracılığı ile darbe türüne göre T_1 ve T_2 sürelerinin hesaplanma metodunun otomatik olarak seçilmesi sağlanmıştır.



Şekil 3.19: Darbe Tipinin Seçildiği Pencere

3.9.5. Ölçüm sonuçlarının ekrana yazıldığı pencere

Programda bulunan ve Şekil 3.20’de gösterilen pencere aracılığı ile; yazılımın hesaplamaları sonunda bulunan, darbenin genliği (V_p), yükselme süresi (T_1) ve sırt yarı süresi(T_2)’nin ekrana yazdırılması sağlanmıştır.

Channel 1		
Vp	199.7	kV
T1	250.24	μ s
T2	2412.16	μ s

Channel 2		
Vp	0	kV
T1	0	μ s
T2	0	μ s

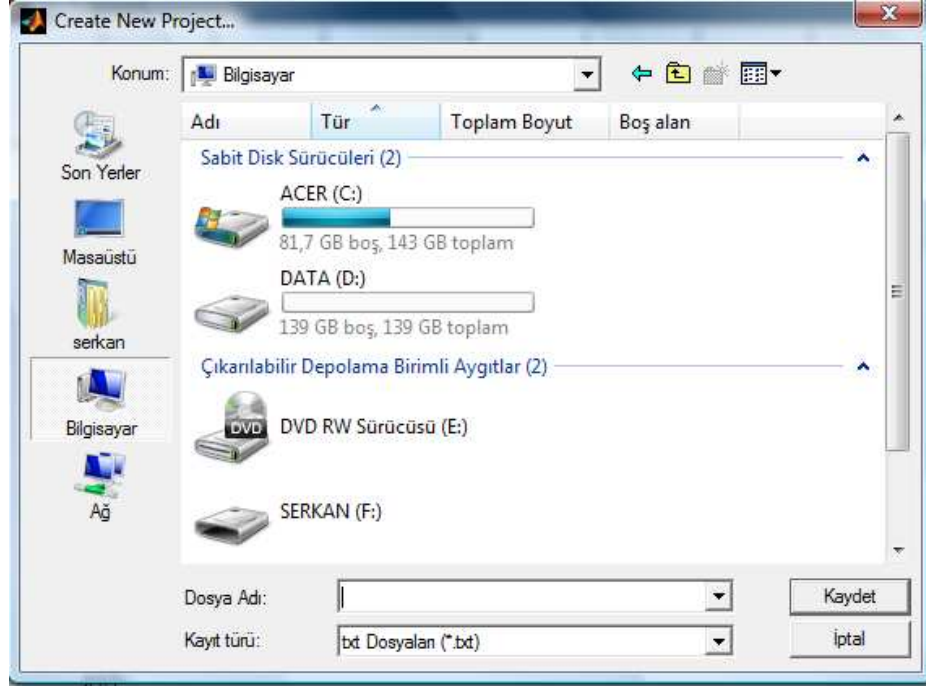
Şekil 3.20: Ölçüm Sonuçlarının Ekrana Yazdırıldığı Pencere

3.9.6. Yeni proje açma butonu

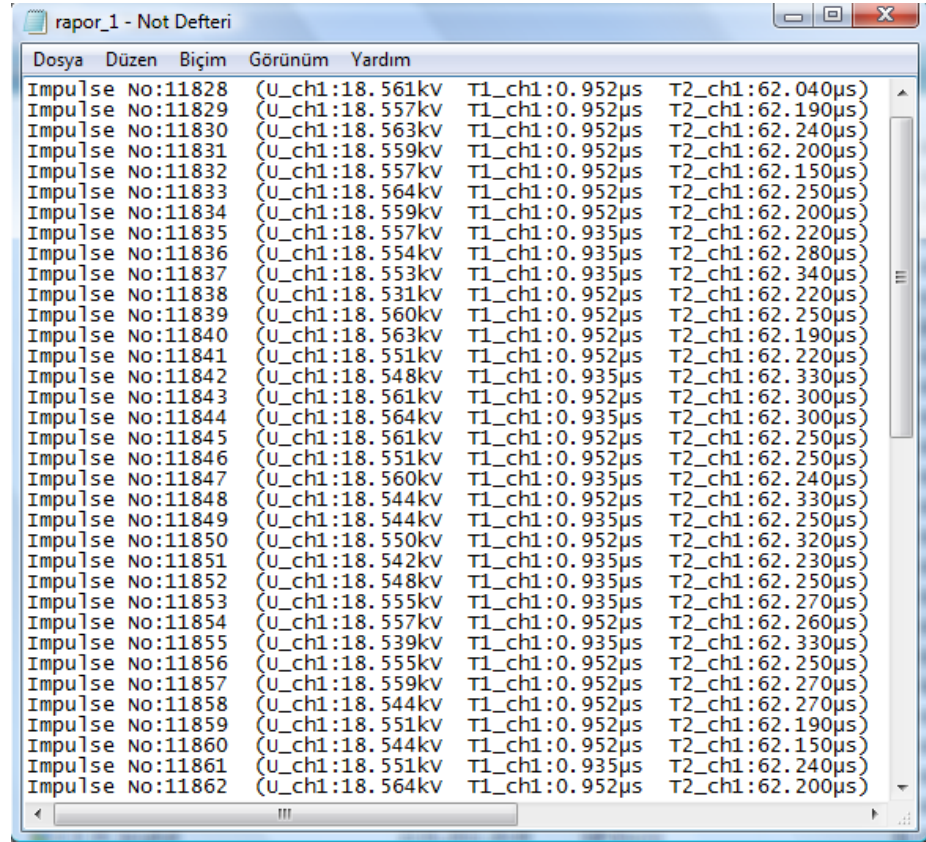
Programda bulunan ve Şekil 3.21’de gösterilen buton kullanılarak; Şekil 3.22’de gösterilen yeni bir çalışma penceresi açılmaktadır. Bu pencere aracılığıyla bilgisayarın istenilen herhangi bir dosyasına Şekil 3.23’deki gibi bir doküman açılmakta ve yapılan deneyin ölçüm sonuçları bu dokümana kaydedilmektedir.



Şekil 3.21: Yeni Proje Butonu



Şekil 3.22: Yeni Proje Oluşturma Penceresi



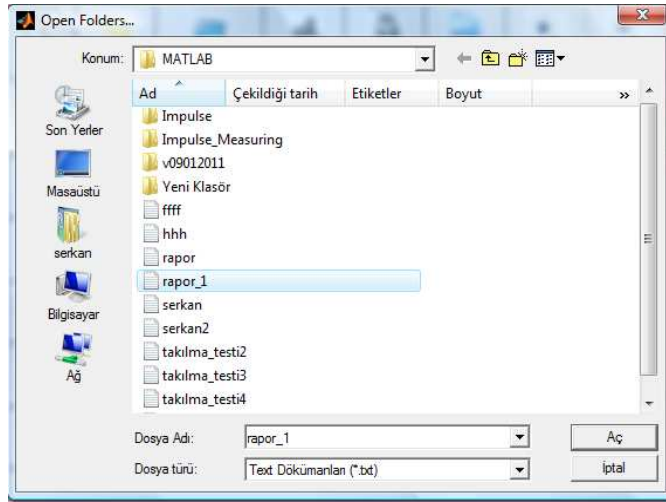
Şekil 3.23: Ölçüm Sonuçlarının Kaydedildiği Doküman

3.9.7. Eski dosyaları açma butonu

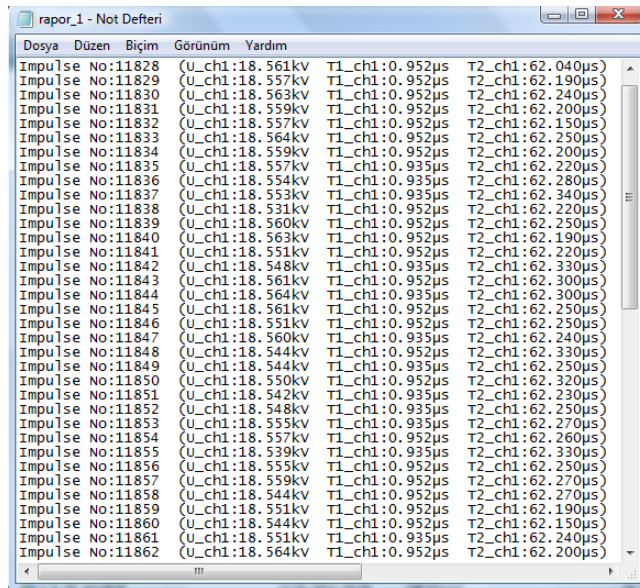
Programda bulunan ve Şekil 3.24’de gösterilen dosya aç komutu kullanıldığında; Şekil 3.25’de gösterilen pencere açılmaktadır. Bu pencere aracılığıyla daha önce yapılmış ve bilgisayara kaydedilmiş bir deneyin ölçüm sonuçlarını Şekil 3.26’da gösterildiği gibi bir dosya içerisinde görülebilmesi sağlanmıştır.



Şekil 3.24: Eski Dosyaları Açma Butonu



Şekil 3.25: Eski Dosyaları Açma Butonu Basıldığında Açılan Pencere

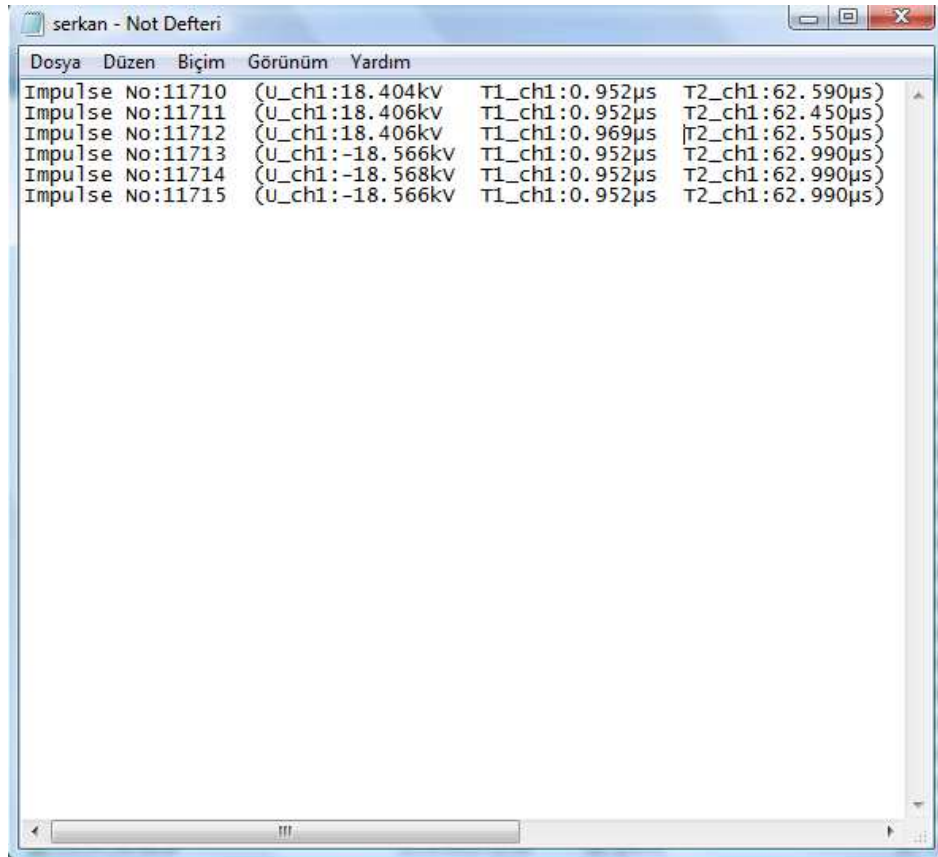


3.9.8. Son uygulanan darbenin sonuçlarını gösterme butonu

Bir ölçüm sırasında; bir veya birkaç darbe önceki bir darbenin ölçüm sonuçlarının görülmesi istendiği durumlarda programda bulunan ve Şekil 3.27’de gösterilen sonuç göster butonu kullanılmaktadır. Bu butonuna basıldığında; Şekil 3.28’de gösterilen ölçüm sonuçlarının kaydedilmekte olduğu doküman açılarak son uygulanan darbenin ölçüm sonuçlarının görülebilmesi sağlanmıştır.



Şekil 3.27: Sonuçları Gösterme Butonu

A screenshot of a Windows Notepad window titled 'serkan - Not Defteri'. The window contains a table of measurement results. The table has five columns: 'Dosya', 'Düzen', 'Biçim', 'Görünüm', and 'Yardım'. The data rows show impulse numbers and their corresponding voltage and time measurements for two channels (U_ch1 and T1_ch1, T2_ch1).

Dosya	Düzen	Biçim	Görünüm	Yardım
Impulse No:11710	(U_ch1:18.404kv	T1_ch1:0.952µs	T2_ch1:62.590µs)	
Impulse No:11711	(U_ch1:18.406kv	T1_ch1:0.952µs	T2_ch1:62.450µs)	
Impulse No:11712	(U_ch1:18.406kv	T1_ch1:0.969µs	T2_ch1:62.550µs)	
Impulse No:11713	(U_ch1:-18.566kv	T1_ch1:0.952µs	T2_ch1:62.990µs)	
Impulse No:11714	(U_ch1:-18.568kv	T1_ch1:0.952µs	T2_ch1:62.990µs)	
Impulse No:11715	(U_ch1:-18.566kv	T1_ch1:0.952µs	T2_ch1:62.990µs)	

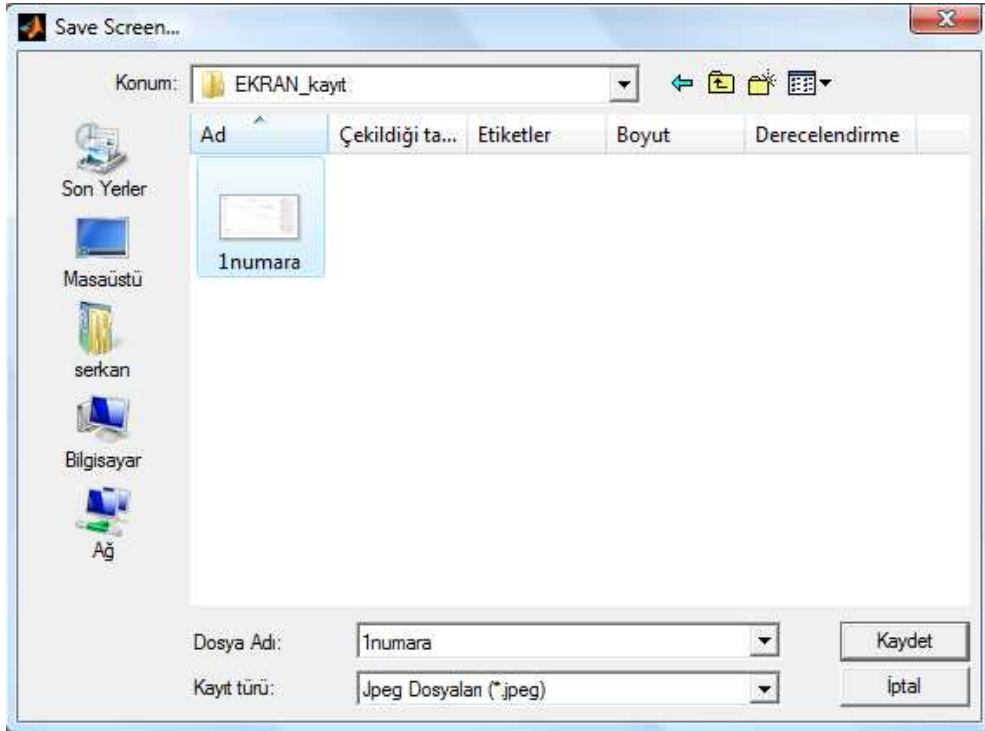
Şekil 3.28: Ölçüm Sonuçlarının Kaydedilmekte Olduğu Dosya

3.9.9. Grafiği kaydet butonu

Bir ölçümün yapılması esnasında; bir darbenin şeklinin kaydedilmesi gerektiği durumda Şekil 3.29'da gösterilen grafiğin kaydet butonuna basıldığında; Şekil 3.30'da gösterilen ilgili pencere açılmaktadır. Bu pencere aracılığıyla bilgisayarın herhangi bir yerine darbe şekli jpeg veya bitmap dosya formatında kaydedilmektedir.



Şekil 3.29: Grafiği Kaydet Butonu



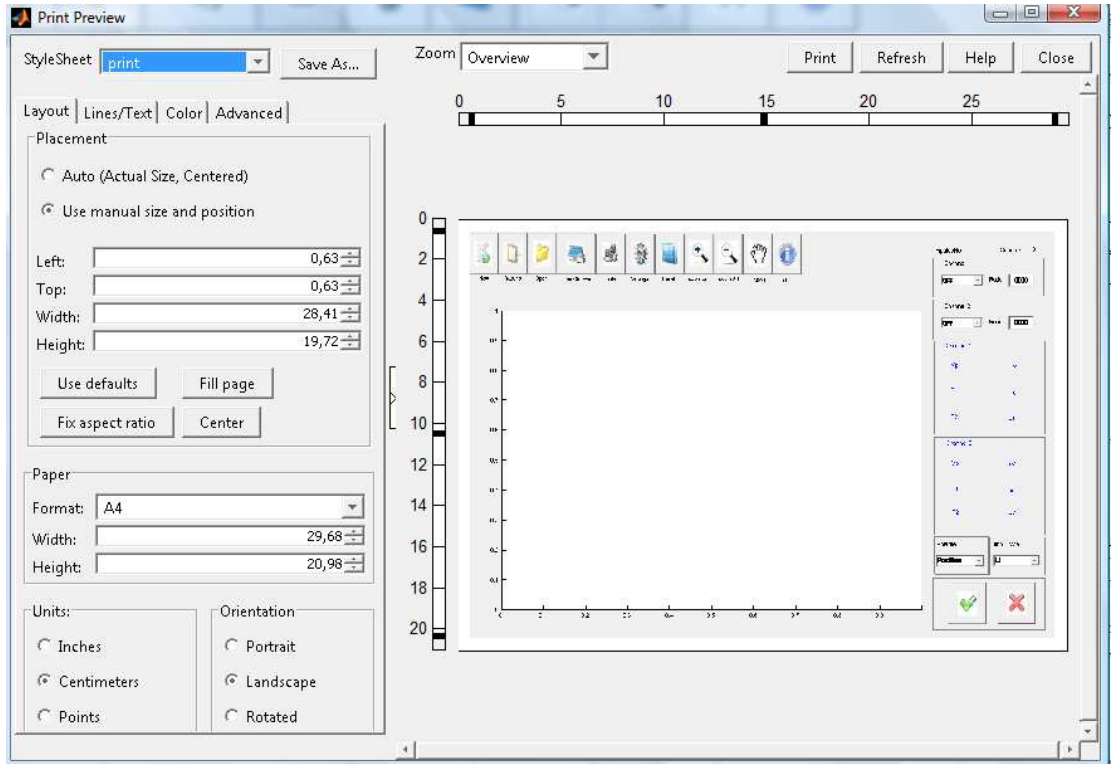
Şekil 3.30: Grafik Kayıt Penceresi

3.9.10. Yazıcıya gönder butonu

Bir darbenin şeklinin yazıcıya gönderilmesi durumunda Şekil 3.31’de gösterilen yazıcı butonuna basıldığında; Şekil 3.32’de gösterilen ilgili pencere açılmaktadır. Bu pencere aracılığıyla darbenin şekli yazıcıya gönderilebilmektedir.



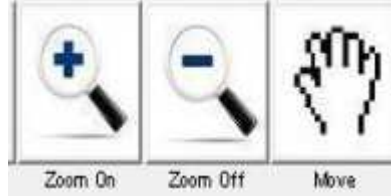
Şekil 3.31: Yazıcıya Gönder Butonu



Şekil 3.32: Yazıcıya Gönderilecek Dokümanın Ön İzlemesi

3.9.11. Hareket butonları

Ölçüm sonrasındaki ekran grafiğinin çeşitli butonlarla hareket ettirilmesi, grafiğin yakınlaştırılması ve uzaklaştırılması Şekil 3.33’de gösterilen butonlar ile mümkün olmaktadır.



Şekil 3.33: Hareket Butonları

3.9.12. Darbe numarası sayıcıları

Programda bulunan darbe sayısı sayacı; her darbe için bir kayıt numarası özelliğindedir ve sayısal kaydedici cihazının ölçmüş olduğu toplam darbe sayısını göstermektedir. Sayaç sayısı ise bir deney süresince peş peşe ölçülmüş darbe sayısını verir. Şekil 3.34’de sayaçların gösterimi verilmiştir.

Impulse No: 11582 Counter: 20

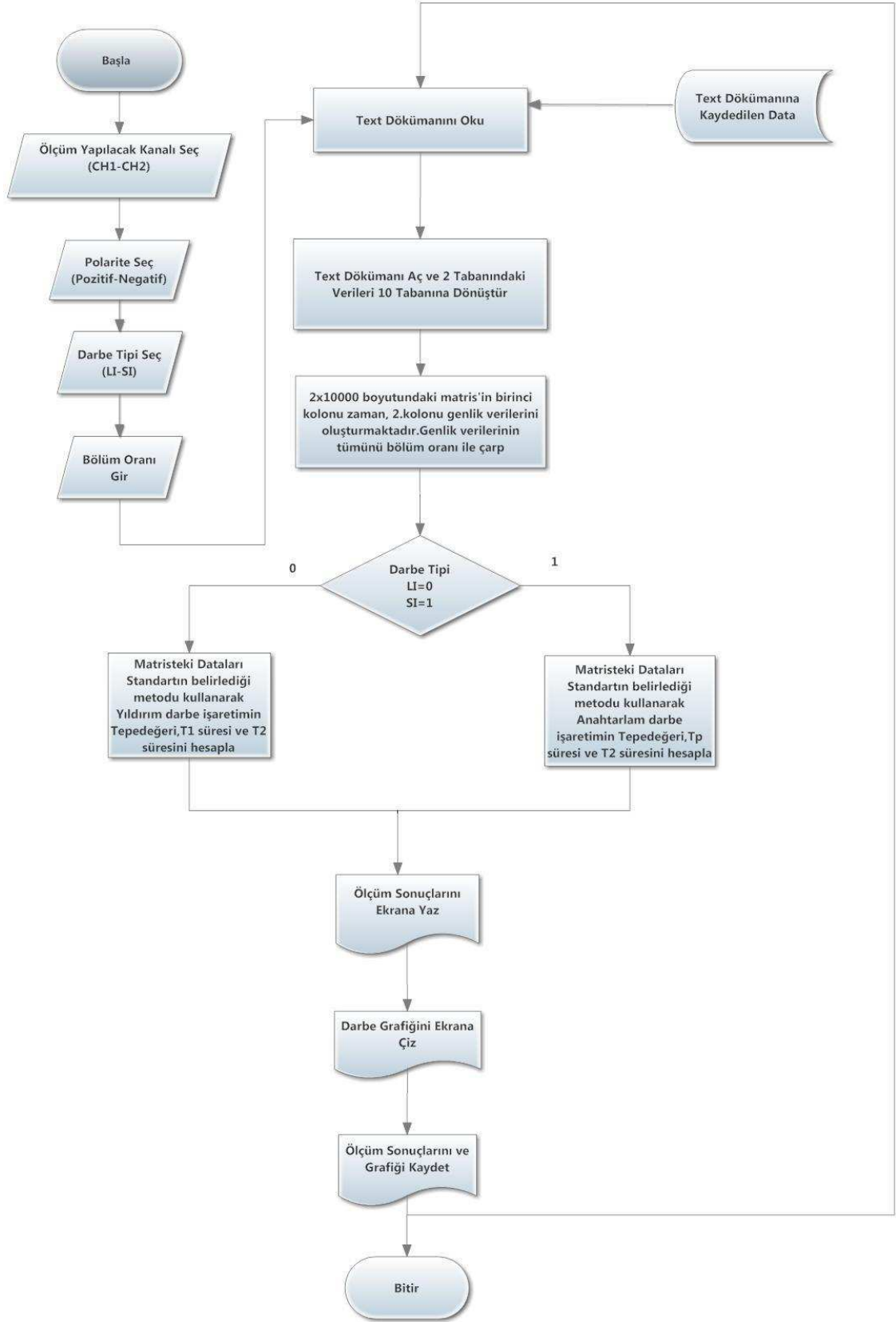
Şekil 3.34: Darbe Numarası Sayıcıları

Bir ölçüm veya deney yapılırken; Şekil 3.35’de gösterilen sayıcı sıfırlama butonuna basılması durumunda, sayıcı sıfırlanıp uygulanan darbe sayısını yeniden saydırılması sağlanmıştır.



Şekil 3.35: Sayıcı Sıfırlama Butonu

3.9.13. Darbe sinyalinin analizini gerçekleştiren programın akış diyagramı



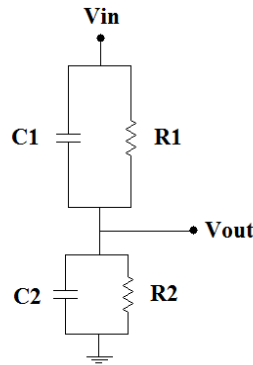
Şekil 3.36: Darbe Analiz Programının Akış Diyagramı

4. SAYISAL KAYDEDİCİNİN DAHİLİ BÖLÜCÜSÜ VE KOMPANZASYON DEVRESİNİN TASARIMI

Darbe ölçüm sisteminin yapımında kullanılan ölçüm kartının maksimum giriş gerilimi 20 V'dur. Darbe ölçüm sisteminin bölünmüş gerilim değeri maksimum 1000V'a kadar olabileceği göz önünde bulundurularak, yapımı gerçekleştirilen kaydedicinin, darbe gerilimlerini ölçebilmesi için orijinal sinyali bozmayan bir dahili bölücüye sahip olması gerekmektedir. Bu durumda tasarlanacak olan bölücünün bölüm oranının yaklaşık olarak 50:1 olması gerekmektedir.

Tasarlanacak bölücünün saf kapasitif olması durumunda yüksek frekanslı işaretlerde osilasyon problemleri yaşanmasına sebep olacağı gibi çok hızlı bir şekilde gerçekleşen darbe sinyalinde cephe süresinde gecikme oluşmasına sebep olmaktadır. Bölücünün saf dirençsel olması durumunda ise cephe süresinde gecikme oluşmayacaktır fakat bu durumda kaydedici sadece yıldırım darbe sinyallerinin ölçümünde kullanılabilir. Dirençsel bölücüler ile anahtarlama darbe sinyallerinin ölçümü güvenilir bir biçimde yapılamamaktadır.

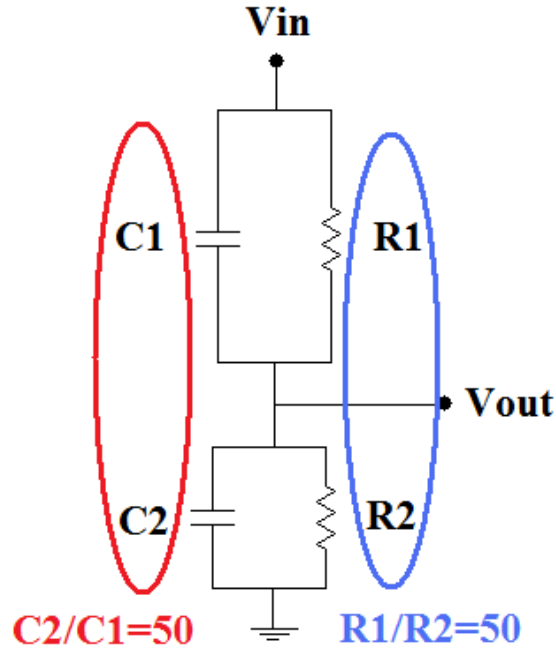
Bu iki önemli sebepten dolayı bu çalışmada kullanılacak olan dahili bölücünün Şekil 4.1'de devre şeması gösterilen, sönümlü kapasitif (damped capacitive) tip bölücü olması uygun görülmektedir. Bu tasarım sayesinde; devrenin çok hızlı çalışarak gerçek sinyalde gecikme oluşturması engellenecek, ayrıca her iki darbe tipinde de çalışabilecek bir bölücü tasarlanmış olacaktır.



Şekil 4.1: Sönümlü Kapasitif Tip Dahili Bölücünün Devre Yapısı

4.1. Sönümlü Kapasitif Gerilim Bölücüsünün Bölüm Oranının Belirlenmesi

Şekil 4.2’de gösterilen devre yapısı ile tasarlanan bölücü hem kapasitif hem de dirençsel bölücünün özelliklerini aynı yapı içerisinde taşımaktadır. Bu devre, saf dirençsel ve saf kapasitif olan iki ayrı tip bölücünün bir araya getirilmesiyle oluşturulmuş karma tip bir bölücü olarak tanımlanabilir.



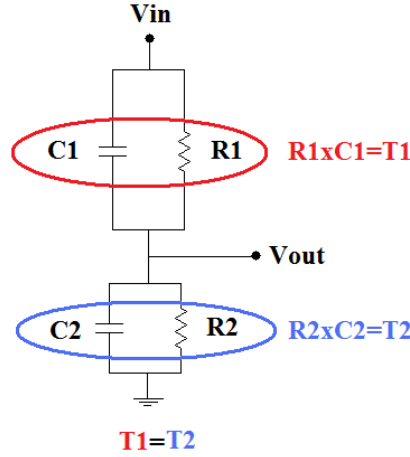
Şekil 4.2: Sönümlü Kapasitif Bölücünün Bölüm Oranının Belirlenmesi

Sönümlü kapasitif gerilim bölücüleri, yüksek frekanslarda dirençsel bir gerilim bölücü gibi davranırken, alçak frekanslarda kapasitif gerilim bölücü gibi davranırlar. Bu nedenle yıldırım darbe gerilimlerde dirençlerle oluşturulan bölücü devrede iken, anahtarlama darbe gerilimlerde kapasitelerle oluşturulan bölücü devrededir.

Tasarlanacak bölücünün bölüm oranının 50:1 olması için her iki bölücünün (kapasitif ve dirençsel bölücü) bölüm oranının 50 olmasına dikkat edilmelidir. Bu durumda $C2/C1 = 50$ ve $R1/R2 = 50$ olmalıdır.

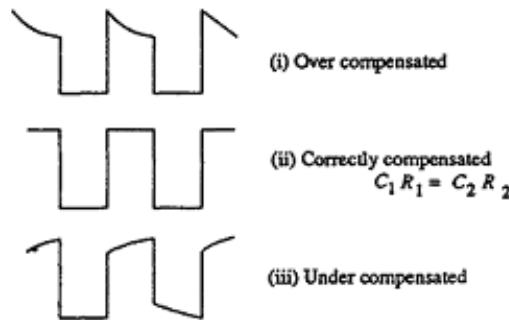
4.2. Yüksek ve Alçak Gerilim Kollarının Zaman Sabitlerinin Eşitlenmesi

Tasarlanacak bölücüde dikkat edilmesi gereken diğer bir husus bölücünün yüksek gerilim kısmı ile alçak gerilim kısmının birbiri ile eş zamanlı çalışması ve gecikme oluşmaması için her iki kısmında T zaman sabitlerinin birbiri ile eşit olmasıdır (Şekil 4.3) [14].



Şekil 4.3: Bölücü Kolları Arasındaki Zaman Sabitinin Eşitlenmesi

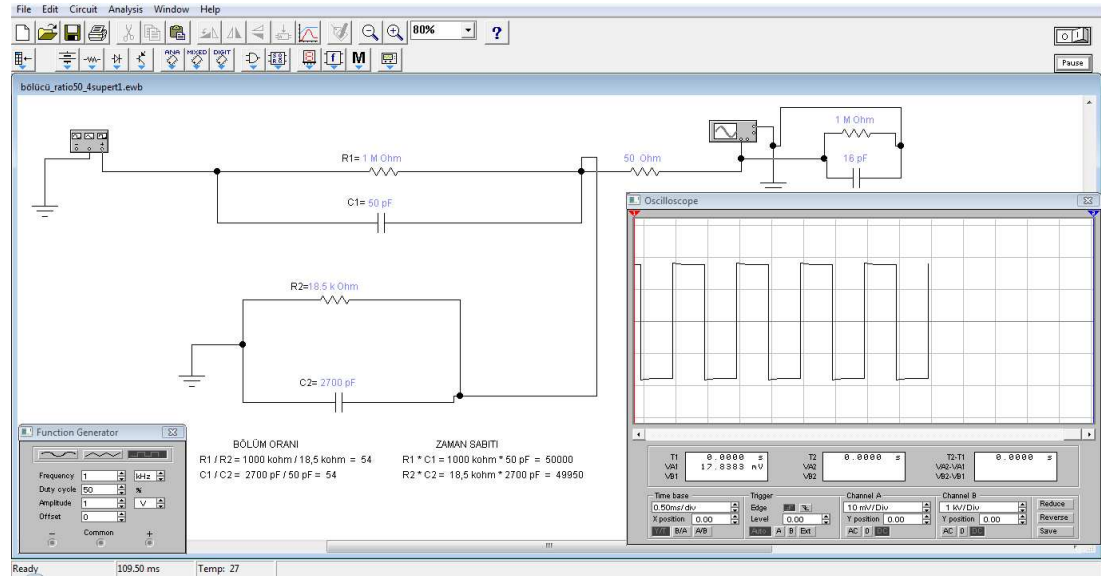
Yüksek gerilim kolundaki kapasite ve direnç değerleri çarpımı $T_{High} = R_{High} \times C_{High}$ devrenin bu kısmındaki zaman sabitini verir. Alçak gerilim kolundaki kapasite ve direnç değerleri çarpımı $T_{Low} = R_{Low} \times C_{Low}$ ise devrenin bu kısmındaki zaman sabitini verir. Bu durumda Şekil 4.3'te görüldüğü gibi $T_1 = R_1 \times C_1$ ile $T_2 = R_2 \times C_2$ çarpımından elde edilecek zaman sabitlerinin değerleri birbirine eşit olması gerekmektedir. Devrenin T zaman sabitinin eşit olmadığı durumda girişe uygulanan kare dalga sinyalin, devrenin çıkışında bozulduğu gözlenir. Buna engel olabilmek için devrede kullanılacak devre elemanlarının değerleri bu eşitliği sağlayacak şekilde seçilmelidir. Bu işleme kompanzasyon denir. Şekil 4.4'te zaman sabitinin eşitlenmediği durumlarda sinyalde oluşan bozulmalar gösterilmiştir.



Şekil 4.4: Farklı Kompanzasyon Tipleri İçin Karma Tip Bölücüsünün Çıkışı [13]

4.3. Dahili Bölücü Devrenin Tasarımı ve Analizi

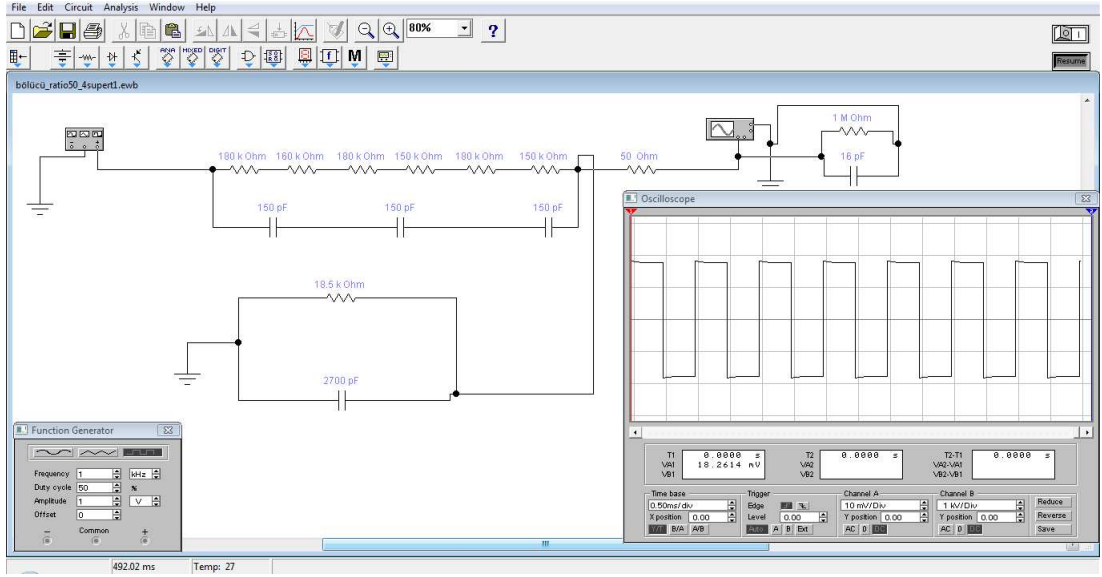
Devrenin tasarımına ilk olarak laboratuvarında mevcut olan 2700 pF değerindeki 1000 V'luk kondansatör ve 18,5 kΩ değerindeki ayarlı direnç referans alınarak yüksek gerilim kısmındaki devre elemanı değerlerinin ne olması gerektiği belirlenmiştir. Buna göre devrenin bölüm oranını 50:1 olabilmesi için yüksek gerilim kısmındaki R_1 direncinin 1 MΩ olması gerekmektedir. $R_1/R_2 = 1 \text{ M}\Omega / 18 \text{ k}\Omega = 54$ 'tür. Bu durumda dirençsel bölücü kısmının bölüm oranı 54 olacaktır. Devrenin tasarımı sırasında simülasyon amacıyla Electronics Workbench programı kullanılmıştır. Simülasyon programında devre girişine 1000 V ve 1 MHz frekansında kare dalga uygulanarak çıkış sinyalinin bölüm oranı ve kompanzasyon durumu incelenmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5: Devrenin Simülasyon Programı ile Tasarımı ve İncelenmesi (1)

Kapasitif bölücü kısmının bölüm oranının 54 olabilmesi için C_1 kondansatöründe 50 pF olması beklenmektedir. $C_2/C_1 = 2700 \text{ pF} / 50 \text{ pF} = 54$ 'tür. Devre elemanı değerleri bu şekilde seçildiği durumda yüksek gerilim kolu ile alçak gerilim kolunun zaman sabitleri $R_1 \times C_1 = 50.000$ ve $R_2 \times C_2 = 49.950$ değerlerini vermektedir. Hesaplanan bu değerler aynı zamanda yüksek gerilim kısmının ve alçak gerilim kısmının T zaman sabitide birbirine çok yakın değerde olduğunu göstermektedir.

Yüksek gerilim koluna bağlanmak üzere seçilen ve Şekil 4.5'te R_1 olarak tanımlanan $1\text{ M}\Omega$ 'luk direnç ve C_1 olarak tanımlanan 50 pF 'lık kondansatörden 1000 V 'a dayanabilecek tek bir direnç ve kondansatör kolayca temin edilemediğinden çok sayıda karbon direncin seri bağlanması ile $1\text{ M}\Omega$ ve üç adet 630V 'luk 150pF 'lık kondansatörün seri bağlanması ile 50 pF değerinde kondansatör mevcut koşullarda elde edilebilmiştir.

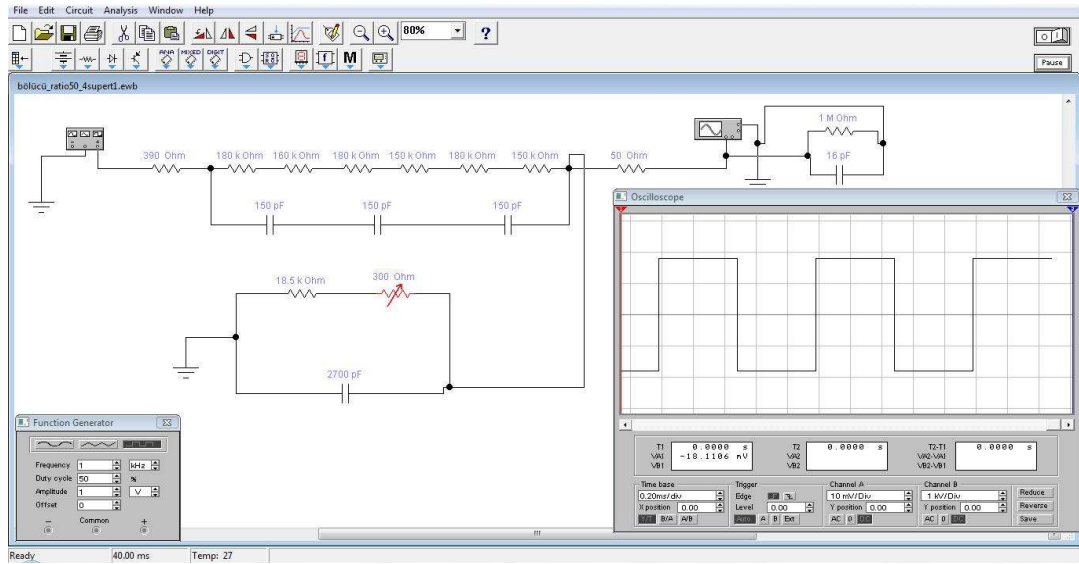


Şekil 4.6: Devrenin Simülasyon Programı ile Tasarımı ve İncelenmesi (2)

Şekil 4.6'da da görülebileceği gibi devrenin çıkışı tam kare dalga değildir ve bu devrenin tam olarak kompanse edilemediğini göstermektedir. Darbe yüksek gerilim işaretlerinin zaman parametreleri ölçümlerinde gecikme oluşturmaması için kompanzasyon yapılarak, çıkış sinyalinin tam kare dalgaya dönüştürülmesi gerekmektedir. İşaretin tam olarak kompanse edilememesi kullanılan devre elemanlarının değerlerinin devrenin zaman sabitini eşitleyemediğini göstermektedir. Bunu engelleyebilmek için devrenin direnç ve kondansatör değerlerinde küçük değişiklikler yaparak devredeki zaman uyumsuzluğu dengeye getirilebilir. Zaman uyumsuzluğunun giderilebilmesi için devreye ayarlı direnç veya ayarlı kondansatörler bağlanmalı ve kapasite ve direnç değerlerini değiştirip devreyi kompanse ederek, yüksek gerilim kolu ve alçak gerilim kolundaki zaman sabiti dengeye getirilmelidir.

4.4. Devrenin Kompanzasyonu

50:1 bölüm oranına sahip 1000 V'luk darbe gerilim bölücüsünün tasarımı sırasında devre girişine uygulanan kare dalga işaret, devre çıkışında Şekil 4.4'te gösterildiği gibi bozulmalara uğrayabilmektedir. Bunun kontrolü ve düzeltilmesi için devre simülasyon programı kullanımı oldukça faydalı olmuştur. Devrede oluşan kompanzasyon bozukluğunu düzeltmek için devreye ayarlı direnç veya ayarlı kondansatörler bağlanmalı, kapasitans ve direnç değerlerinin değiştirilip, yüksek gerilim kolu ve alçak gerilim kolundaki zaman sabiti dengeye getirilmelidir.



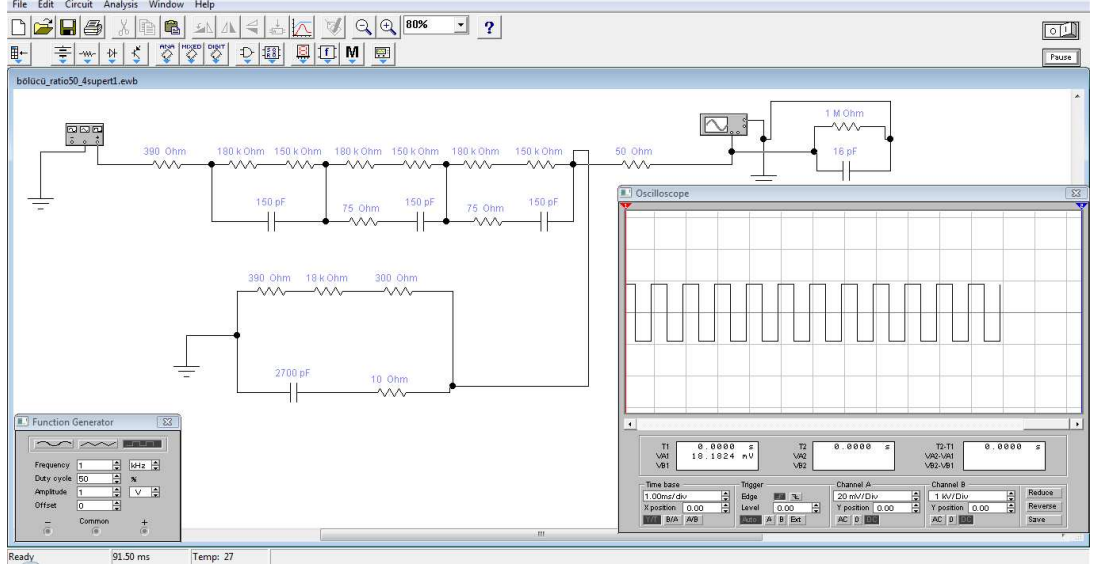
Şekil 4.7: Devrenin Simülasyon Programı ile Tasarımı ve İncelenmesi (3)

Kompanzasyon işlemini gerçekleştirmek için devrenin alçak gerilim kısmındaki 18,5 k Ω değerindeki dirence ayarlı bir direnç seri olarak bağlanmış ve tam kare dalga elde edilene kadar ayarlı direnç değeri değiştirilerek devre kompanze edilmiştir (Şekil 4.7).

4.5.Devrenin Kurulması ve Referans Darbe Kalibratörü ile Deneyinin Yapımı

Kompanzasyon devresinin tasarımı ve analizi tamamlandıktan sonra devrenin gerçek performansının gözlemlenmesi amacıyla kompanzasyon devresi kurulmuş ve 1000 V'luk ve 0,84/60 μ s zaman değerlerinde darbe uygulayabilen referans bir darbe kalibratörüne bağlanarak çıkış sinyali ölçülmüştür. Referans sinyale karşılık çıkış sinyalinin zaman değerleri 0,88/62 μ s olarak ölçülmüştür.

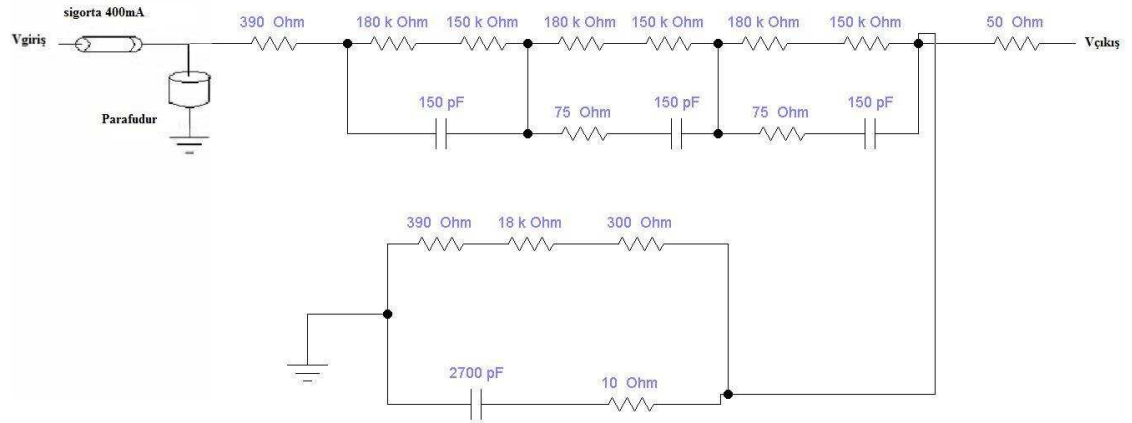
Alçak gerilim kolundaki 18 k Ω 'luk dirence seri bağlı olan ayarlı direnç değeri değiştirilerek T₂ süresi 60 μ s'ye çekilmiştir ve çıkış zamanları ayar sonunda 0,88/60 μ s olarak ölçülmüştür. Devre çıkışındaki T₁ süresi referans darbe işaretine göre 0,04 μ s gecikmeli olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.8: Devrenin Simülasyon Programı ile Tasarımı ve İncelenmesi (4)

T₁ süresinin uzun olmasının sebebi, darbe işaretinin devredeki kondansatörler üzerindeki boşalmadan kaynaklanan gecikmelerdir. Bu durumda T₁ süresinin değiştirilebilmesi için devrenin yüksek gerilim koluna bağlı olan kondansatörlere seri dirençler bağlanması en uygun çözümdür. Bu durumda kondansatörler daha hızlı bir şekilde boşalma gerçekleştirerek T₁ süresi kısalmaktadır.

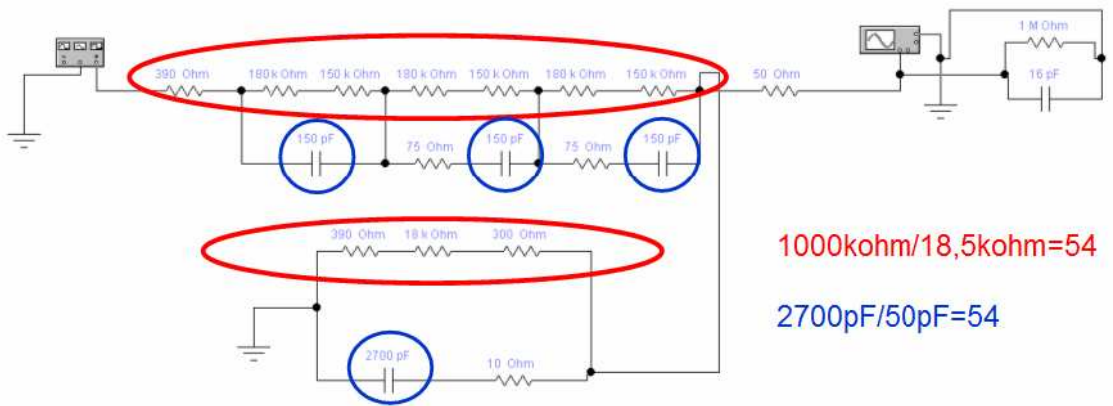
Bu doğrultuda devrenin simülasyonu Şekil 4.8'deki gibi yapıldıktan sonra devre Şekil 4.9'da gösterildiği gibi tekrar kurularak referans darbe kalibratörüne bağlanmıştır.



Şekil 4.9: Karma Tip Bölücünün Devre Şeması

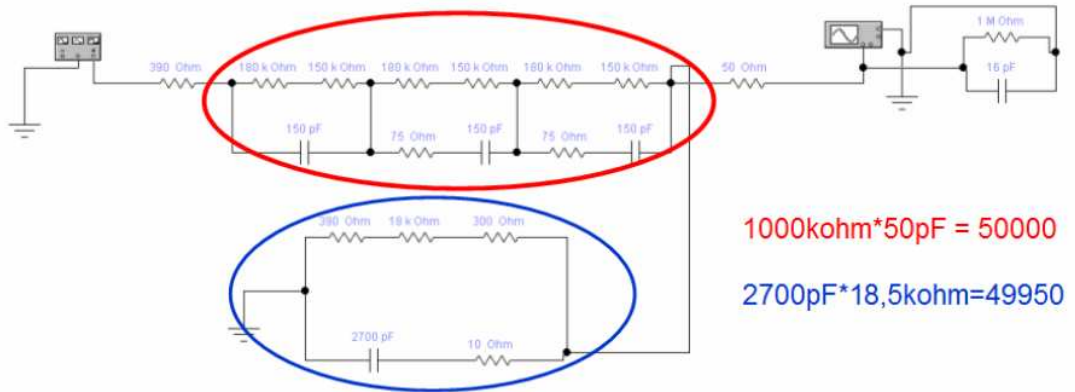
1000 V'luk ve 0,84/60 μ s zaman değerlerinde darbe uygulayabilen referans darbe kaynağından bölücüye uygulanan sinyal, bölücü çıkışında 18 V ve 0,85/60 μ s olarak ölçülmüştür. Devrenin deneyi sonunda elde edilen sonuç darbe yüksek gerilim ölçümleri için oldukça iyi sonuçlardır. Bu çalışma sonunda kazanılan bilgi birikimine göre darbe ölçümleri için tasarlanan bu tip kompanzasyon devrelerinde dikkat edilmesi gereken koşullar şunlardır:

1. Devre kurulurken dikkat edilmesi gereken birinci koşul; dirençlerin bölüm oranının kondansatörlerin bölüm oranına eşit olmasıdır (Şekil 4.10).



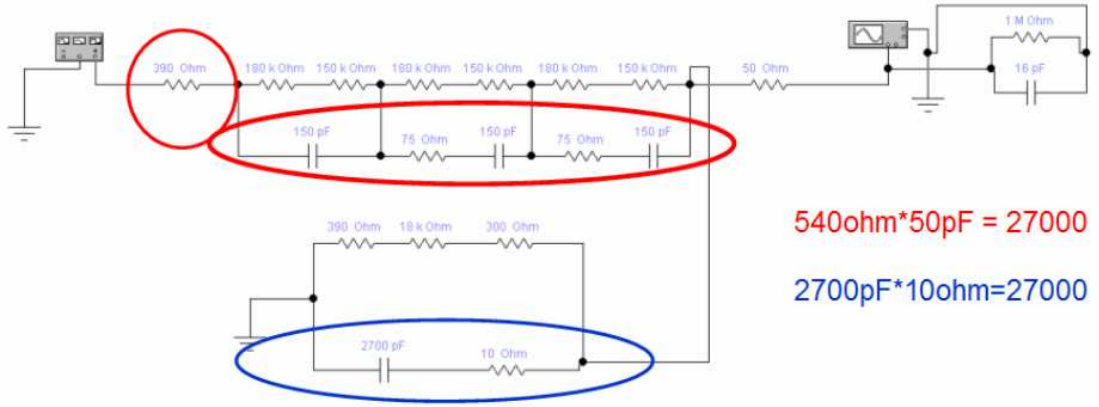
Şekil 4.10: Bölüm Oranlarındaki Eşitliğin Sağlanması

2.Devre kurulurken dikkat edilmesi gereken ikinci koşul; yüksek gerilim kolunun RC değeri, alçak gerilim kolunun RC değerine eşit olmalıdır (Şekil 4.11).



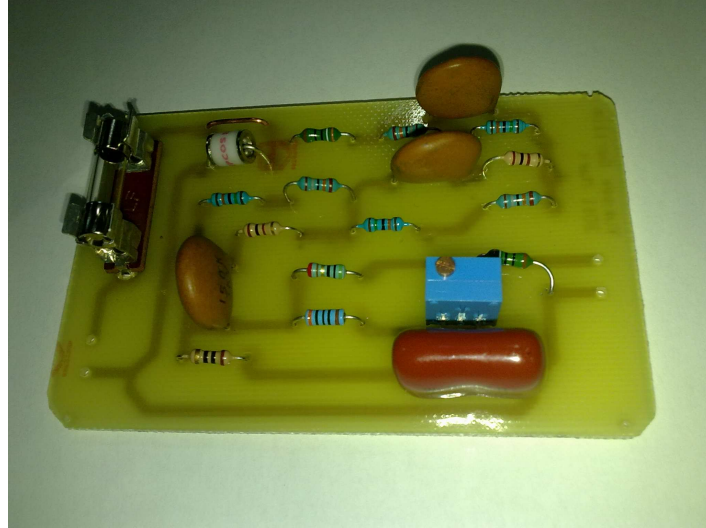
Şekil 4.11: Zaman Sabitlerindeki Eşitliğin Sağlanması

3.Devre kurulurken dikkat edilmesi gereken üçüncü koşul; LI ölçümlerinde T_1 süresini gecikmesiz ölçebilmek için Şekil 4.12' de gösterilen kırmızı renkli kısımdaki RC çarpımı, mavi renkli kısımdaki RC çarpımına eşit olmalıdır.



Şekil 4.12: Kapasitif Kollardaki Zaman Sabitlerinin Eşitliğinin Sağlanması

Devrenin tasarım aşaması tamamlandıktan sonra devrenin montajı ve kutulama aşamasına geçilmiştir.



Şekil 4.13: Devre Kartının Görünümü



Şekil 4.14: Devre Kartı ve İçine Koyulacağı Alüminyum Kutunun Görünümü

5. SAYISAL YÜKSEK DARBE GERİLİM KAYIT CİHAZININ MONTAJI

Yüksek darbe gerilim kayıt cihazı yapımında kullanılacak ölçüm kartının kontrolü ve ölçüm sonuçlarının analizini yapacak olan yazılım tamamlanmış ve yazılım son halini almıştır. Bununla birlikte, ölçüm kartının her iki kanalının girişine bağlanacak olan 50:1 bölüm oranına sahip 1000 V'luk darbe gerilim bölücüsü ve kompanzasyon devresi tasarımı da tamamlanmıştır. Bu iki aşama tamamlandıktan sonra darbe kayıt cihazının montajı aşamasına geçilmiştir.

5.1. Sayısal Darbe Kayıt Cihazı Yapımında Kullanılan Bilgisayar ve Özellikleri

Darbe kayıt cihazı için hazırlanan yazılımların üzerinde çalışacağı ve ölçüm kartının bağlanacağı bilgisayar için Intel Atom 1.1 GHz işlemcili, 4 adet USB giriшли, besleme gerilimi 24V DC , 12" dokunmatik ekran özelliği olan ve üzerinde Windows XP Embedded işletim sistemi ile çalışan, bir panel PC kullanılmıştır (Şekil 5.1).



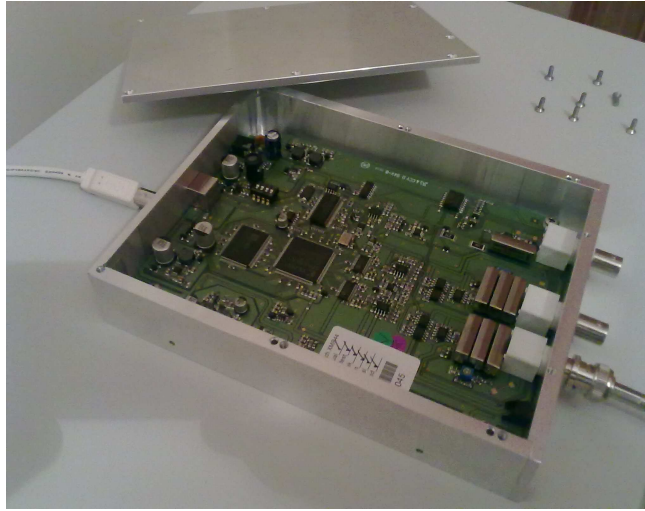
Şekil 5.1: Dokunmatik Ekranlı Panel PC

Panel PC tipi bilgisayarlar endüstriyel ortamda çalışmak üzere tasarlanmış bilgisayarlardır. İçlerinde mekanik sabit disk olmadığından dolayı sarsıntıdan ve ani elektrik kesintilerinden etkilenmezler. Tuş takımı, fare ve ekran gibi tüm çevre birimlerini tek bir yapı içinde taşıdığından dolayı hafif ve pratik bir kullanım sağlamaktadır. Çalışmada kullanılan panel PC alüminyum bir kasa ile ekranlanmış

olduğunda darbe yüksek gerilim ölçümleri esnasında meydana gelen yüksek frekanslı işaretlerin oluşturacağı bozucu etkilere karşılık bilgisayarı ekranlıyarak korumaktadır.

5.2. Programlanabilir Ölçüm Kartının Ekranlanması

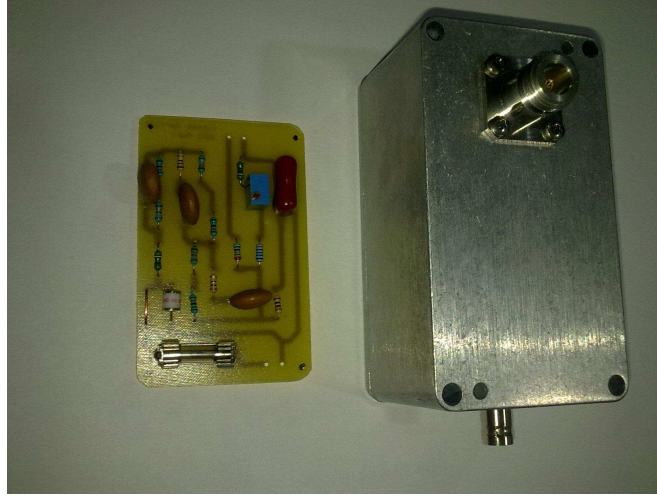
Çalışmada kullanılan ölçüm kartının yapısında aktif ve pasif birçok elektronik devre elemanları bulunmaktadır. Darbe yüksek gerilim ölçümleri esnasında meydana gelen yüksek frekanslı işaretlerin oluşturacağı bozucu etkiler ölçüm kartının yaptığı ölçüm sonuçlarını etkilediği gibi, ölçüm kartının bozulmasına da sebep olmaktadır. Darbe yüksek gerilim işaretlerinin olduğu esnada meydana gelen yüksek frekanslı işaretlere karşı ölçüm kartını ekranlıyarak korumak gerekmektedir. Bu nedenle ölçüm kartının içine koyulacağı alüminyum bir kutu yapılmıştır (Şekil 5.2).



Şekil 5.2: Alüminyum Kutu ile Ekranlanmış Programlanabilir Ölçüm Kartı

5.3. 50:1 Bölüm Oranına Sahip Dahili 1000 V'luk Darbe Gerilim Bölücüsü ve Kompanzasyon Devresinin Ekranlanması

Ölçüm kartının her iki kanalının girişine bağlanacak olan 50:1 bölüm oranına sahip 1000 V'luk darbe gerilim bölücüsü ve kompanzasyon devresi de yapısında elektronik devre elemanları bulundurmaktadır. Yüksek darbe gerilim ölçümleri sırasında ortaya çıkan yüksek frekanslı işaretler bu devre üzerinde de etkili olmakta ve ölçüm sonuçlarının doğruluğunu etkilemektedir. Bu nedenle bu devrenin de ekranlanması gerekmektedir. Şekil 5.3'te görüldüğü gibi devre alüminyum bir kutu içine yerleştirilerek ekranlanmıştır.

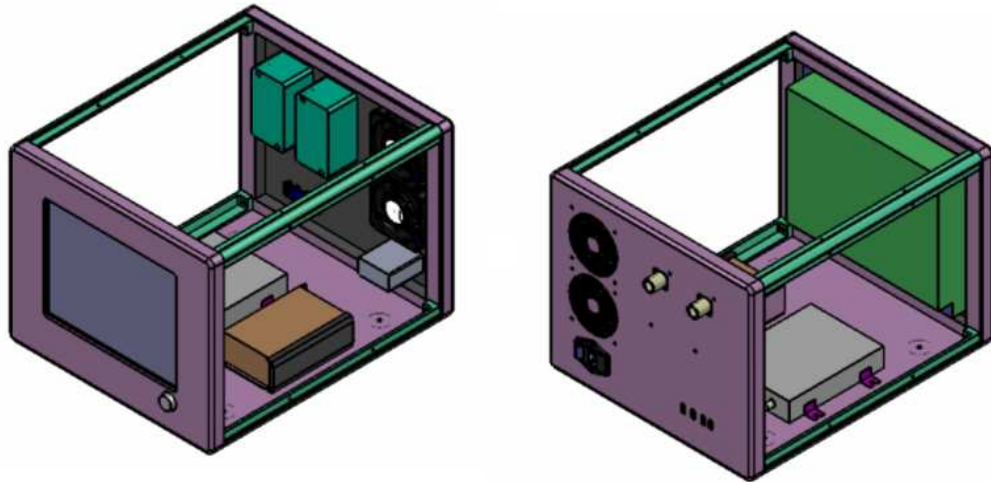


Şekil 5.3: Alüminyum Kutu ile Ekranlanmış Bölücü ve Kompanzasyon Devresi

Devrenin giriş ve çıkış uçları ekranlı kutudan konnektörler kullanılarak çıkartılmıştır. Devrenin 1000 V'luk giriş ucuna N tipi konnektör bağlanmıştır, 20 V çıkışına BNC konnektör takılmıştır.

5.4. Sayısal Darbe Kayıt Cihazının Dış Kutusu Tasarımı ve Yapımı

Sayısal darbe kayıt cihazını çalışır hale gelmesi için gerekli olan yazılımsal ve donanımsal tüm çalışmalar tamamlanmış ve cihazın kutulanarak çalışır duruma gelme aşamasına geçilmiştir. Bu amaçla cihaz yapımında kullanılan, panel PC, ölçüm kartı, kompanzasyon devresi, DC güç kaynağı, fanlar, ölçüm ve bağlantı kablolarının tümünün girebileceği ölçülerde alüminyum malzemeden bir kutu tasarlanmıştır. Kutunun tasarımında üç boyutlu mekanik çizim programı kullanılmıştır.



Şekil 5.4: Cihaz Kutusunun Çizim Programı ile Modellenmesi

Üç boyutlu çizim programı ile tasarımı tamamlanan cihaz kutusu için teknik çizimlerde belirlenen ölçülerde imal edilmiştir. Şekil 5.5 ve Şekil 5.6'da kutunun ön ve arka görüntüsü verilmiştir.



Şekil 5.5: Cihaz Kutusunun Önden Görünümü



Şekil 5.6: Cihaz Kutusunun Arkadan Görünümü

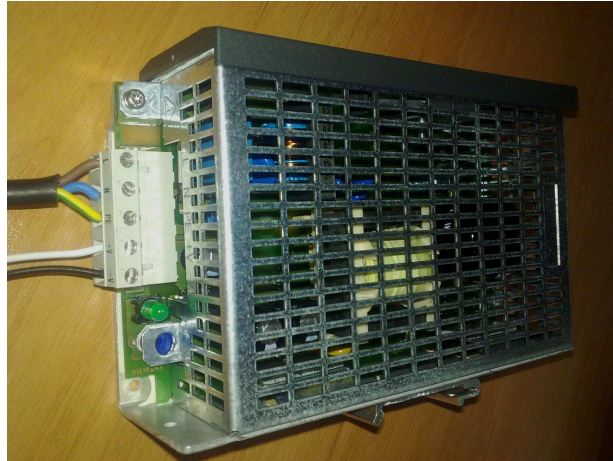
5.5. Sayısal Darbe Kayıt Cihazının Son Montaj Aşaması

Cihaz için yaptırılan kutunun yapımından sonra cihazın yapımında kullanılan, panel PC, ölçüm kartı, kompanzasyon devresi, DC güç kaynağı, fanlar, ölçüm ve bağlantı kablolarının montajına başlanmıştır. İlk olarak cihazın şebeke girişinin montajı ile başlanmıştır. Cihazın şebeke girişine şebekeden gelebilecek harmonik ve gürültüleri filtreleyen ve “Power Entry Modul” olarak adlandırılan 4A sigortalı ve hat filtreli giriş besleme modülü takılmıştır (Şekil 5.7).



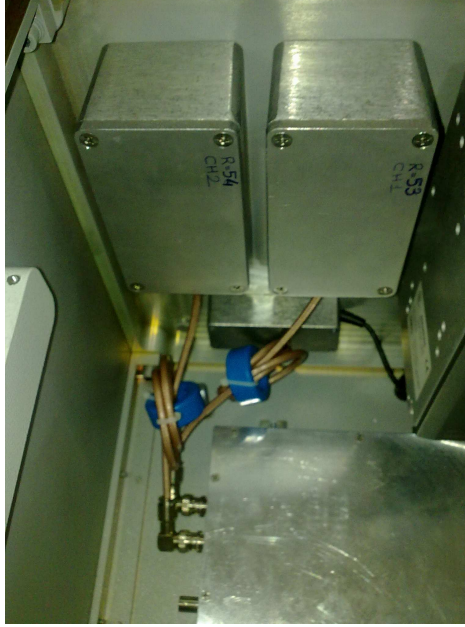
Şekil 5.7: Sigortalı ve Harmonik Filtreli Besleme Modülü

Daha sonra cihazın bilgisayarını ve fanlarını besleyecek olan 24V/4A'lık güç kaynağının montajına geçilmiştir. Şekil 5.8'de gösterilen kablo bağlantıları yapılarak panel PC ve fanların çalışması için gerekli olan 24 V DC bu güç kaynağıyla sağlanmıştır.



Şekil 5.8: 24V/4A DC Güç Kaynağı

Bir sonraki aşamada, programlanabilir ölçüm kartının her iki kanalı ile 50:1 bölüm oranına sahip 1000 V'luk her iki darbe gerilim bölücüsü devresi arasındaki bağlantıyı yapmak için BNC kablolar kullanılmıştır. Kablo üzerinde oluşacak gürültüleri filtrelemek için BNC kabloların üzerine ferrit nüveler bağlanmıştır (Şekil 5.9).



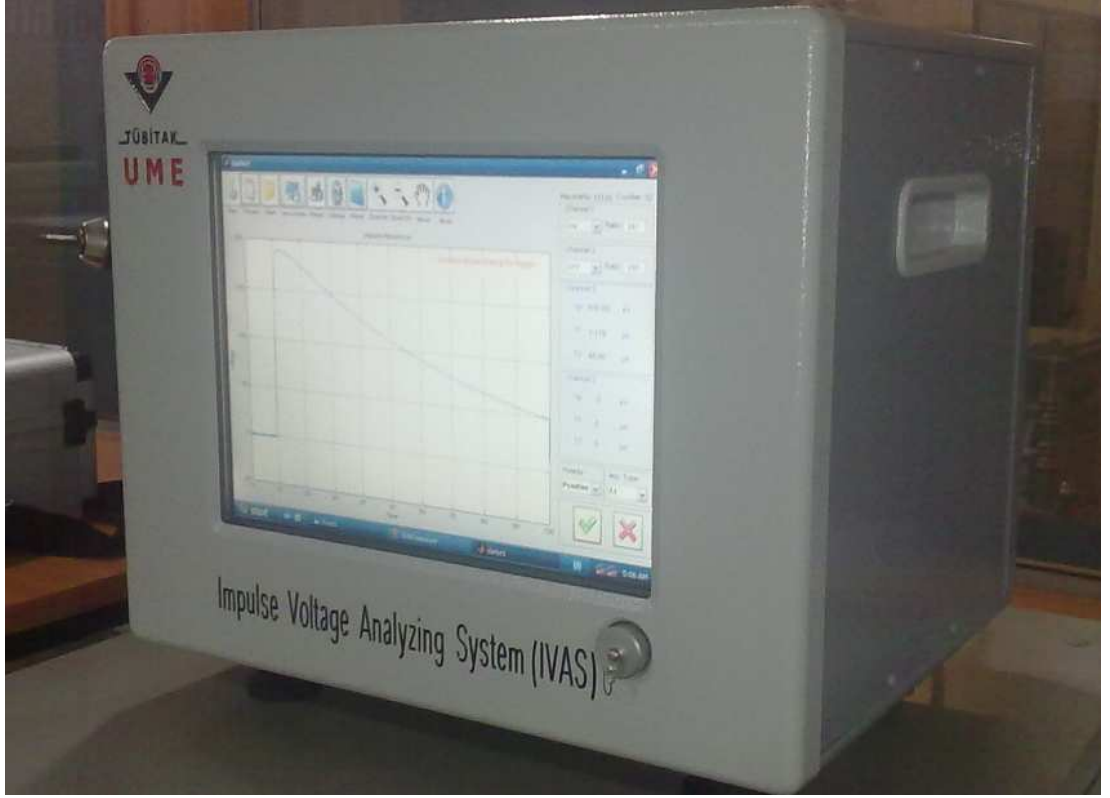
Şekil 5.9: BNC Kabloların Görünümü

Diğer tüm bağlantı ve kablolar tamandıktan sonra cihazın montajı tamamlanmış ve cihaz çalışır hale getirilmiştir. Cihazın yapımında kullanılan, panel PC, programlanabilir ölçüm kartı, kompanzasyon devresi, DC güç kaynağı, fanlar, ölçüm ve bağlantı kablolarının kutu içine montajlanmış son hali Şekil 5.10'da verilmiştir.



Şekil 5.10: Cihaz Kutusunun Son Montaj Görünümü

Cihazın montajı tamamlandıktan sonra cihaz çalıştırılmış ve hazırlanan yazılımlar bilgisayara yüklenmiştir. Cihazın montajlanmış ve çalışır durumdaki son hali Şekil 5.11’da görülmektedir.



Şekil 5.11: Darbe Kayıt Cihazının Son Görünümü

6. 200 kV REFERANS YÜKSEK DARBE GERİLİM BÖLÜCÜSÜ YAPIMI

6.1. Referans (Dirençsel) Gerilim Bölücüsünün Yüksek Gerilim Kolu Tasarımı

Yüksek gerilim darbe bölücüleri, darbe gerilimlerinin birkaç μ s yükselme süresine sahip dalga şekline sahip olmaları ve deney sırasında oluşabilecek atlama/delinme olayları sonucu ortaya çıkan yüksek frekanslı işaretlerin işleme zorluğu sebebiyle, görünüşte basit ancak iç yapısı çok kompleks sistemlerdir. Referans bir gerilim bölücüsünün yapımı gerçekleştirilirken, bölücünün doğrusallığı (linearite), kararlılığı (stabilite), EMC etkisi, sıcaklık etkisi, yakınlık etkisi, polarite etkisi vb. bozucu faktörlerin gözönünde bulundurulması gerekmektedir. Referans olarak kullanılan dirençsel gerilim bölücüler 8-12 k Ω arasında yapılmaktadır. Kullanılan direnç tiplerinde sarım tip (wire-wound) olacak şekilde tercih edilmektedir.

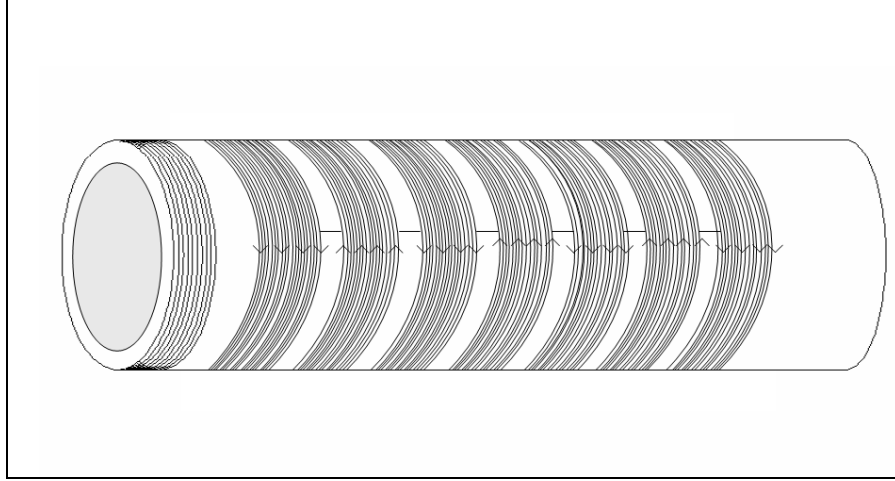
Dirençsel gerilim bölücülerinde kullanılan dirençlerin yapısı genellikle metal folyo veya bifilar sarım tekniğiyle üretilmiş dirençlerdir. Bu nedenle bu proje çalışmasında, özel olarak üretilmiş bifilar sarım dirençlerle çeşitli denemeler yapılması gerektiği düşünülmüştür. Laboratuvar imkânlarıyla bifilar (wire-wound) direnç yapısı oluşturulmuştur.

Çalışmalarda bu özelliklere sahip bir direnç elde etmek için özel direnç telleri kullanılmıştır. Direnç teli olarak ISABELLENHÜTTE marka, NiCr20AlSi malzeme kodlu direnç teli kullanılmıştır. Bu direnç telinin sıcaklık katsayısı ± 50 ppm/ $^{\circ}$ C olup 0,07 mm çapında ve 98.8 Ω /m direncindedir (Şekil 6.1).

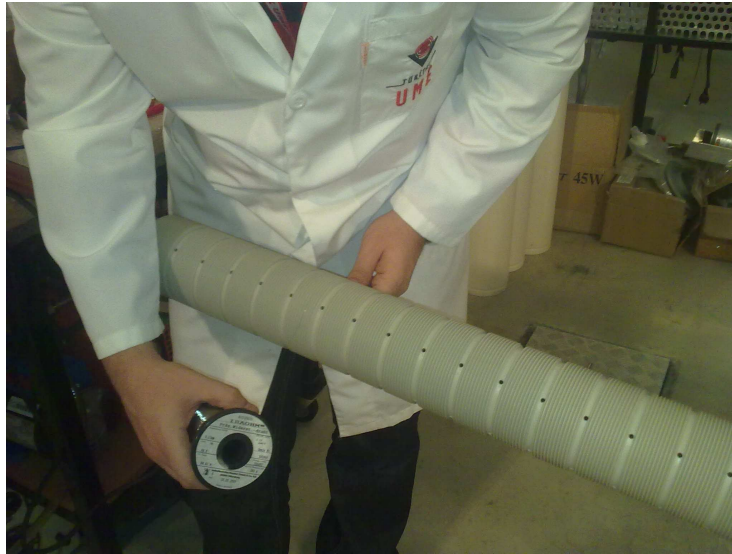
Direnç telleri indüktansın düşürülmesi amacıyla her 15 turda bir önce saat yönünde daha sonra saat yönünün tersinde polipropilen bir borunun üzerine sarılarak iki modül şeklinde toplam 8.822 k Ω 'luk bir direnç elde edilmiştir (Şekil 6.2 ve 6.3). İstenen direnç teli değeri elde edildikten sonra direnç telinin uç noktaları bakır folyolara lehimleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Direnç telinin bakır folyoya lehimlenmesi ile güçlü kontak noktaları elde edilmiştir (Şekil 6.4).



Şekil 6.1: Direnç Yapımında Kullanılan Tel Direnç



Şekil 6.2: Bifilar (Wire-wound) Sarım Tipi ile Yapılan Direncin Direnç Sarım Yönlerinin Görünümü



Şekil 6.3: Bifilar (Wire-wound) Sarım Direnç Yapım Aşaması



Şekil 6.4: Polipropilen Boruya Sarılan Direnç Teli ve Kontak Noktasının Görünümü

Bu projede daha yüksek güçte ve daha düşük endüktanslı direnç elde edebilmek için uygun direnç telini özel olarak bifilar sarım yöntemi ile sararak gerekli direnç değeri minimum endüktans ile elde ederek referans bölücünün yüksek gerilim kolu oluşturulmuştur. Gerekli olan direnç değeri iki modül olarak elde edilmiş ve modüllerin montaj aşamasına geçilmiştir. Dirençlerin sarılı olduğu polipropilen boru alüminyum bir flanşa takılarak sabitlendikten sonra dış etkenlerden korunması amacıyla kestamit bir boru içine merkezlenerek yerleştirilmiştir (Şekil 6.5).



Şekil 6.5: Direnç Modülünün Kestamit Boru İçine Yerleştirilmesi

Çalışmada yapılan yüksek darbe gerilim bölücüsü gaz yalıtımlı olduğundan iyi bir sızdırmazlığın sağlanabilmesi çok büyük önem kazanmaktadır. Bu nedenle bölücünün montaj noktalarındaki sızdırmazlığın sağlanabilmesi için O-ringler kullanılmıştır (Şekil 6.6).



Şekil 6.6: Montaj Noktalarındaki O-ringlerin Görünümü

Sızdırmazlık sağlamakta kullanılan O-ringler; kestamit boru, alüminyum boru ve alan düzeltici elektrotların birbirine montaj edilmesi ile bu üç parça arasında sıkıştırılarak sızdırmazlığı sağlamıştır (Şekil 6.7) .



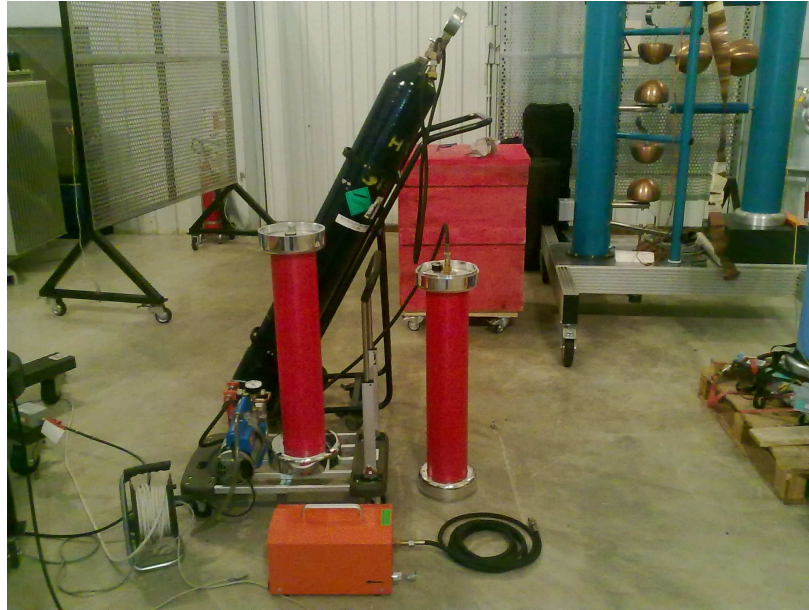
Şekil 6.7: Alan Düzeltici Elektrot ve Alüminyum Flanşın Montajı

Bölücünün bir modülünün montajı tamamlandıktan sonra gaz dolum valfinin ve gaz basıncı göstergesinin montajı yapılmıştır (Şekil 6.8).



Şekil 6.8: Gaz Dolum Valfi ve Basıncı Göstergesi Montajı

Bölücünün birinci ve ikinci modülünün montajı tamamlandıktan sonra bölücülere gaz dolum işlemine geçilmeden önce modüller vakum işlemine tabi tutulmuştur. Modüller içindeki basıncı -1000 mbar oluncaya kadar vakum işlemi sürdürülmüştür. Vakum işlemi tamamlandıktan sonra modüller içine basıncı göstergesi 500 mbar basıncı gösterene kadar SF₆ gazı doldurulmuştur (Şekil 6.9).

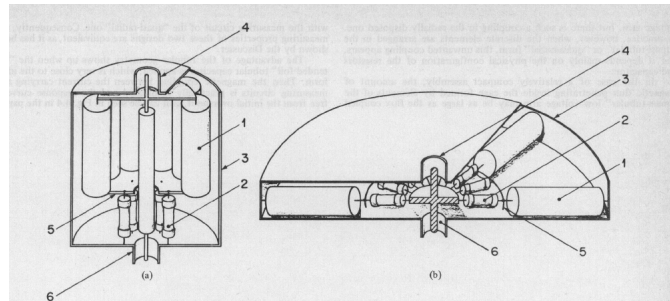


Şekil 6.9: Referans Gerilim Bölücüsünün Modüllerine SF₆ Gazı Dolumu

6.2. Referans (Dirençsel) Gerilim Bölücüsünün Alçak Gerilim Kolu Tasarımı

Yüksek darbe gerilim bölücülerin, yüksek gerilim kolunun çıkış gerilimleri 1-1,6 kV arasında değişmektedir. Buna göre tasarlanacak gerilim bölücülerinin alçak gerilim kolları, en az bu gerilim seviyesine dayanacak şekilde tasarlanmalıdır. Alçak gerilim kolundaki dirençlerin, düşük sıcaklık katsayısına sahip elemanlardan oluşmasına dikkat edilmelidir. Isının direnç üzerinde yaratmış olduğu zarar ve direnç değerinin değişimi ile ortaya çıkan kararsızlık, ölçüm sisteminin performansına olumsuz etki yapmaktadır. Cevap süresi ölçümlerinde karşı karşıya kalınan gürültü ve bozulmaların pratikte birçok nedeni bulunmaktadır. Bunlardan bazıları yüksek gerilim kolundaki kaçak kapasitelerin varlığı, yüksek gerilim bağlantı noktasından itibaren bölücü boyunca hareket eden yansımalarıdır. Alçak gerilim kolundaki endüktans değişimi yüksek darbe gerilimler için bölücüde empedans uyumsuzluğunu yaratmaktadır. Bu sorundan kurtulmak neredeyse imkânsızdır. Ancak alçak gerilim kolunun elektriksel ve geometrisel tasarımı ile olumsuz etki azaltılabilmektedir. Bu proje çalışmasında alçak gerilim kolunun tasarım ve deneyleri literatürdeki uygulamalar gözönünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir.

Alçak gerilim kolunda kullanılan direnç elemanlarının yüksek frekanslı işaretlerde yaratmış oldukları istenmeyen endüktanslarının varlığı bir yana, akım taşıyan elemalarla çıkış devresi arasındaki manyetik kuplajda kaçınılmazdır. Geçmişte yapılan çalışmalar ile bu istenmeyen kuplajlamadan silindirik alçak gerilim kol tasarımı ve koaksiyel taşıyıcı elemanların kullanımı ile kurtulmak mümkün olabilmektedir [2].



Şekil 6.10: Silindirik ve Radyal Yapıda Tasarlanan Alçak Gerilim Kollarının Görünümü [2]

(a) silindirik yapı (b) radyal yapı

1-kondansatör, 2-direnç, 3-metal ekran, 4-koaksiyel çıkış terminali, 5-iç elektrot, 6-koaksiyel giriş terminali

Alçak gerilim kolunun tasarımının sadece silindirik olması değil, içerisinde kullanılan direnç elemanlarının da bu yapıda olması tercih edilmelidir. Şekil 6.10'daki yapı, alçak gerilim kol tasarımında tercih edilmektedir. Bu yapıda oluşturulan ve koaksiyel iletimi sağlanan birim tasarımı ile tüp içerisinde herhangi bir manyetik alan oluşumunun engellendiği geçmiş çalışmalarda ispatlanmıştır. Şekil 6.10'da iki farklı tipte gösterilen alçak gerilim kol yapısı sadece sönümlü kapasitif gerilim bölücülerde değil, dirençsel gerilim bölücülerde de kullanılmaktadır. Bu çalışmada yapılan alçak gerilim kolunun dış gövdesi pirinç malzemedен ve silindirik olarak tasarlanmıştır (Şekil 6.11).



Şekil 6.11: Referans Gerilim Bölücüsünün Alçak Gerilim Kolu Elemanları

Bölücünün alçak gerilim kolunda ölçümler sırasında meydana gelen yüksek frekanslı işaretlerin yaratmış olduğu endüktansların ve akan akımların oluşturduğu istenmeyen manyetik kuplajlamadan kurtulmak için yalnızca gövdenin silindirik tasarlanması yeterli olmamaktadır. Ayrıca alçak gerilim kolunun yapımında kullanılan direnç elemanlarında silindirik olarak konumlandırılması gerekmektedir. Alçak gerilim kolu yapımında kullanılan dirençlerin dizilimi Şekil 6.12 ve Şekil 6.13'te gösterilmiştir.

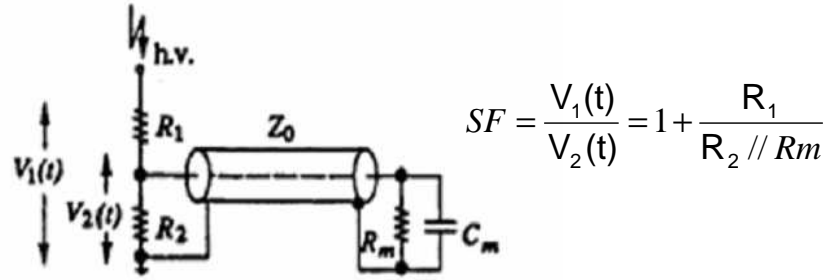


Şekil 6.12: Referans Gerilim Bölücüsünün Alçak Gerilim Dirençleri

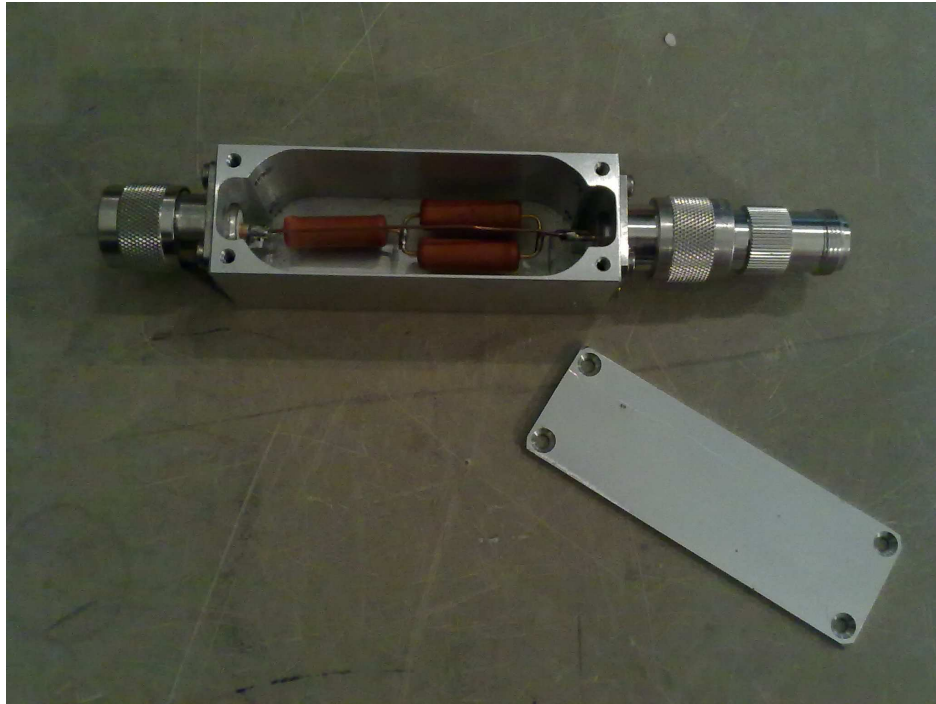


Şekil 6.13: Referans Gerilim Bölücüsünün Alçak Gerilim Kutusu

200 kV'luk dirençsel darbe yüksek gerilim bölücüsünün yüksek gerilim kolundaki toplam direnç değeri 10 k Ω olacak şekilde tasarlanmıştır. Buna göre gerilim bölücüsünün kullanılacağı kaydedicinin maksimum çalışma gerilimi olan 1000 V göz önünde bulundurulduğunda, alçak gerilim bölücüsünün maksimum çalışma gerilimi 800 V olarak belirlenmiştir. Buna göre bu gerilim bölücüsünün bölüm oranı yaklaşık olarak 250 olması planlanmıştır. Şekil 6.14'de dirençsel darbe gerilim bölücüsünün temel eşdeğer devresi verilmiştir. Burada, R_1 10 k Ω 'luk yüksek gerilim direnci, R_2 75 Ω 'luk alçak gerilim direnci, Z_0 75 Ω 'luk ölçüm kablosu ve R_m empedans uyumlaştırıcı dirençtir. 75 Ω 'luk alçak gerilim kolu Şekil 6.15'te, ölçüm kablosu ve 75 Ω 'luk empedans uyumlaştırıcısı ise Şekil 6.16'da verilmiştir [11].



Şekil 6.14: Dirençsel Darbe Gerilim Bölücüsünün Temel Eşdeğer Devresi [11]



Şekil 6.15: Yapımı Tamamlanmış 75 Ω 'luk Empedans Uyumlaştırıcısının Görünümü

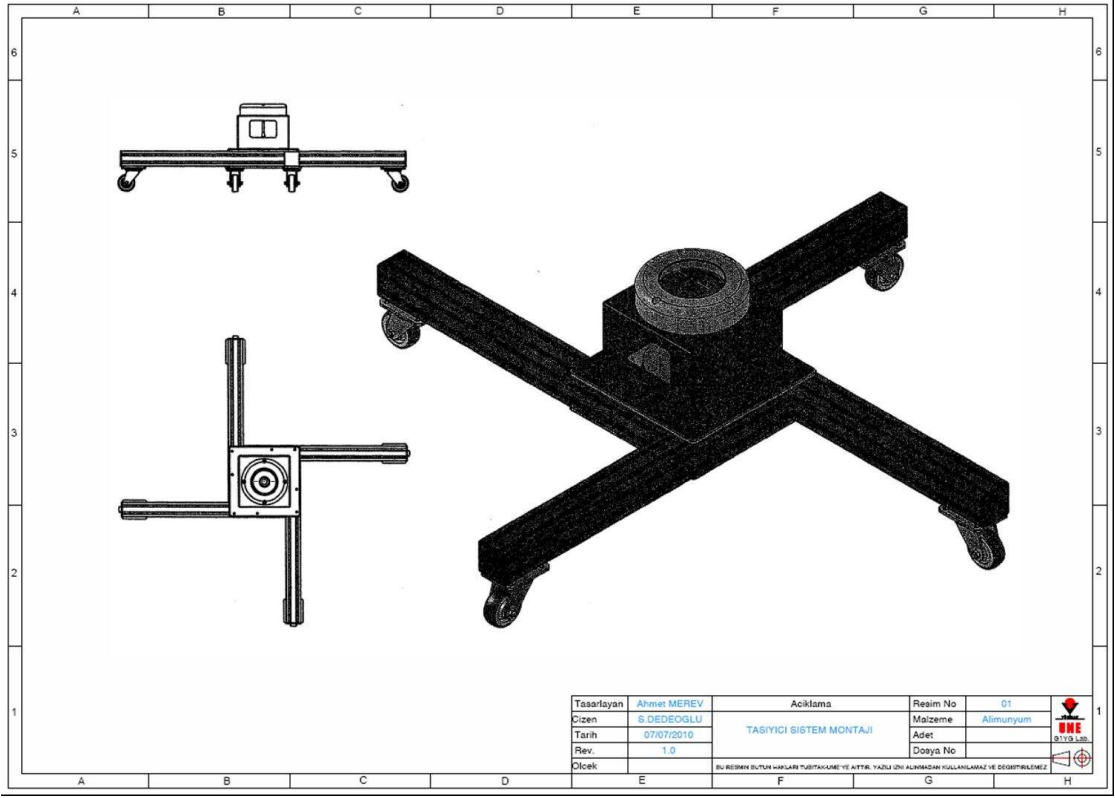


Şekil 6.16: Ölçüm Kablosu ve 75 Ω 'luk Empedans Uyumlaştırıcısı

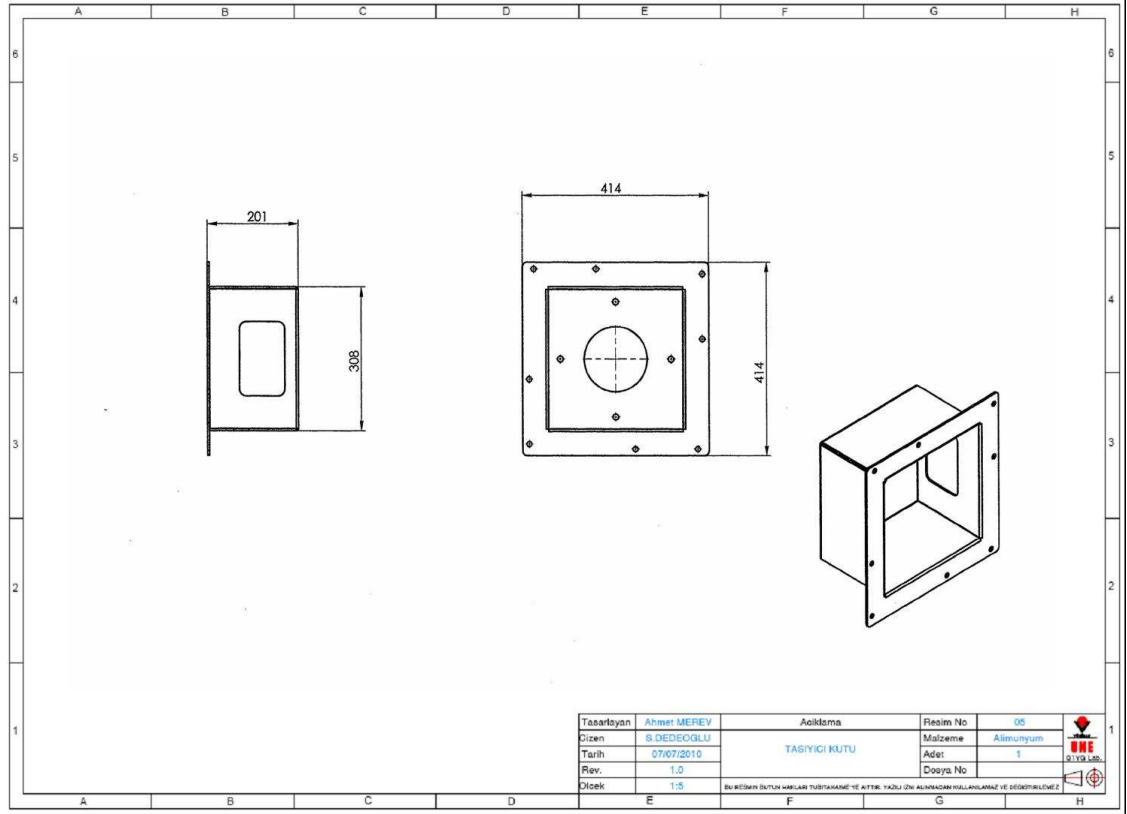
6.3. Referans (Dirençsel) Gerilim Bölücüsünün Taşıyıcı Sisteminin Tasarımı

Referans ve transfer gerilim bölücülerinin deney alanlarında kolaylıkla hareket ettirilebilmeleri için uygun taşıyıcı sistemlerin tasarımı ve yapımı gerçekleştirilmiştir. Bu taşıyıcı sistemlerin; çok az bir kuvvet uygulayarak rahatlıkla hareket ettirilebilir olmasına, gerilim bölücüsünün alçak gerilim kolunu muhafaza etmesine ve ölçüm kablosunun gerilim bölücüsünün alçak gerilim koluna rahatlıkla bağlanmasına dikkat edilmiştir. Ayrıca gerilim bölücüsünün marka, model, seri no vb. tanımlayıcı ifadelerin yer alacağı yapıda olmasına ve gerilim bölücüsünün topraklanması için uygun konnektörleri barındırmasına da dikkat edilmiştir.

Şekil 6.17 ile Şekil 6.18 arasında taşıyıcı sistemin teknik resimleri, Şekil 6.19 ile Şekil 6.22 arasında taşıyıcı sistemin parçaları ve montaj aşamaları gösterilmiştir. Şekil 6.23'te ise referans gerilim bölücüsü, darbe kayıt cihazı ve ölçüm kablosundan oluşan darbe yüksek gerilim ölçüm sisteminin tümünün bir arada olduğu görünümü gösterilmiştir.



Şekil 6.17: Taşıyıcı Sistemin Teknik Resmi



Şekil 6.18: Taşıyıcı Sistemin Alçak Gerilim Koruma Kutusunun Teknik Resmi



Şekil 6.19: Alüminyum Taşıyıcı Sisteme Alçak Gerilim Kolunun Montajı



Şekil 6.20: Alçak Gerilim Koruma Kutusunun Monte Edilmiş Görünümü



Şekil 6.21: Referans Gerilim Bölücüsü, Darbe Kayıt Cihazı ve Ölçüm Kablosundan Oluşan Darbe Yüksek Gerilim Ölçüm Sisteminin Görünümü

7. PERFORMANS DENEYLERİ

7.1. Referans Gerilim Bölücüsünün Bölüm Oranının Belirlenmesi Deneyi

IEC 60060-2 standardına göre, darbe yüksek gerilim ölçüm sisteminin bölüm oranının belirlenmesi, aşağıdaki yöntemlerden biri ile yapılabilir (IEC 60060-2):

- Yüksek gerilim karşılaştırma yöntemi (önerilen yöntem)
- Akım karşılaştırma köprü yöntemi
- Ölçülmüş empedansları esas alan hesaplama (alçak gerilim altında empedans ölçme ve bölüm oranının hesaplanması) yöntemleridir.

Bu çalışmada yapımı gerçekleştirilen referans gerilim bölücüsü, karakteristik özelliği bilinen bir diğer referans gerilim bölücüsüyle karşılaştırılmıştır. Referans (dirençsel) gerilim bölücüsünün yıldırım darbe altındaki bölüm oranı (skala faktörü) belirlenmesinde karşılaştırma ölçümleri gerçekleştirilmiştir. İlgili IEC 60060-1 ve IEC 60060-2 standartlarına uygun olarak belirtilen aralıkta en az 5 ölçüm noktasında deney gerçekleştirilmiştir [6, 8]. Ölçümlerde kullanılan referansların listesi ve izlenebilirlik bilgileri Tablo 7.1'de verilmiştir. Ölçüm düzeneği Şekil 7.1'de verilmiştir. Bölüm oranının belirlenmesi deneyi, pozitif ve negatif kutbiyette ve her ölçüm noktasında 10 darbe ile gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sonuçları Tablo 7.2-Tablo 7.11 arasında verilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre referans gerilim bölücüsünün bölüm oranı, darbe kayıt cihazının 1 numaralı kanalına bağlı iken 236,6; 2 numaralı kanalına bağlı iken 237,0 olarak belirlenmiştir. Bölüm oranı tüm ölçüm sonuçlarından elde edilen bölüm oranı ifadelerinin ortalaması olarak elde edilmiştir.

Tablo 7.1: Bölüm Oranı Belirleme Deneyinde Kullanılan Referans Cihazlar

Referans Ölçüm Sistemi (Dirençsel Gerilim Bölücüsü)				
Bölücü Tipi	Bölücü	Dijital Kaydedici	Ölçüm Kablosu	İzlenebilirlik
Marka	HighVolt	Dr. Strausss	HighVolt	MIKES, M-09E094 17.03.2009
Model	SMR 10/200	TRAS 200-13	L127/25	
Seri No	884673	610	K007	



Şekil 7.1: Bölüm Oranı Belirlenmesi için Kurulan Deney Düzeneği

Tablo 7.2: Kanal-1 için Bölüm Oranı Deneyi (50 kV, 100 kV, 150 kV)

No	Referans Ölçüm Sistemi			Deney Cismi			Sapma			Bölüm Oranı
	U _{ref} (kV)	T ₁ (μs)	T ₂ (μs)	U _{den} (V)	T ₁ (μs)	T ₂ (μs)	δU (%)	δT ₁ (%)	δT ₂ (%)	
1	48,834	1,1712	48,169	206,0	1,20	47,3	-0,2	2,5	-1,8	237,1
2	48,908	1,1739	48,311	206,0	1,17	47,3	-0,3	-0,3	-2,1	237,4
3	48,354	1,1719	48,241	203,4	1,24	47,4	-0,5	5,8	-1,7	237,7
4	48,427	1,1737	48,298	204,5	1,25	46,9	-0,1	6,5	-2,9	236,8
5	48,380	1,1822	48,234	203,7	1,24	47,4	-0,4	4,9	-1,7	237,6
6	48,443	1,1649	48,146	204,4	1,24	47,1	-0,2	6,4	-2,2	237,0
7	48,411	1,1712	48,202	204,8	1,24	46,9	0,1	5,9	-2,7	236,3
8	48,375	1,1712	48,257	204,5	1,20	47,1	0,0	2,5	-2,4	236,6
9	48,396	1,1647	48,448	204,2	1,19	47,2	-0,2	2,2	-2,6	237,1
10	48,343	1,1697	48,411	203,9	1,24	47,4	-0,2	6,0	-2,1	237,1
1	100,57	1,1723	48,470	425,3	1,25	47,7	0,1	6,6	-1,6	236,5
2	100,59	1,1723	48,414	425,2	1,25	47,5	0,0	6,6	-1,9	236,6
3	100,68	1,1716	48,413	425,5	1,24	47,3	0,0	5,8	-2,3	236,6
4	100,67	1,1752	48,340	425,4	1,24	47,3	0,0	5,5	-2,2	236,6
5	100,62	1,1828	48,428	424,4	1,25	47,5	-0,2	5,7	-1,9	237,1
6	100,54	1,1732	48,387	425,3	1,25	47,4	0,1	6,5	-2,0	236,4
7	100,57	1,1695	48,376	425,3	1,22	47,4	0,1	4,3	-2,0	236,5
8	100,58	1,1694	48,356	425,1	1,24	47,5	0,0	6,0	-1,8	236,6
9	100,55	1,1749	48,405	425,3	1,24	47,5	0,1	5,5	-1,9	236,4
10	100,53	1,1699	48,387	425,5	1,24	47,5	0,1	6,0	-1,8	236,3
1	151,05	1,1716	48,462	638,2	1,24	47,3	0,0	5,8	-2,4	236,7
2	150,32	1,1713	48,535	637,5	1,24	47,4	0,3	5,9	-2,3	235,8
3	150,29	1,1671	48,543	637,3	1,22	47,4	0,3	4,5	-2,4	235,8
4	150,29	1,1663	48,478	638,1	1,24	47,2	0,5	6,3	-2,6	235,5
5	150,37	1,1749	48,479	636,0	1,24	47,6	0,1	5,5	-1,8	236,4
6	150,37	1,1663	48,555	637,4	1,24	47,4	0,3	6,3	-2,4	235,9
7	150,36	1,1605	48,513	637,2	1,24	47,4	0,3	6,9	-2,3	236,0
8	150,31	1,1626	48,512	638,1	1,22	47,3	0,5	4,9	-2,5	235,6
9	150,30	1,1626	48,505	636,9	1,24	47,7	0,3	6,7	-1,7	236,0
10	150,29	1,1703	48,497	638,2	1,24	47,5	0,5	6,0	-2,1	235,5

Tablo 7.3: Kanal-1 için Bölüm Oranı Deneyi (170 kV, 200 kV, -50 kV)

No	Referans Ölçüm Sistemi			Deney Cismi			Sapma			Bölüm Oranı
	U _{ref} (kV)	T ₁ (μs)	T ₂ (μs)	U _{den} (V)	T ₁ (μs)	T ₂ (μs)	δU (%)	δT ₁ (%)	δT ₂ (%)	
1	170,02	1,1705	48,525	720,0	1,24	47,5	0,2	5,9	-2,1	236,1
2	170,09	1,1695	48,542	720,0	1,24	47,4	0,2	6,0	-2,4	236,2
3	169,98	1,1692	48,576	720,0	1,22	47,7	0,2	4,3	-1,8	236,1
4	169,92	1,1690	48,549	720,0	1,24	47,7	0,3	6,1	-1,7	236,0
5	170,00	1,1692	48,559	719,8	1,24	47,8	0,2	6,1	-1,6	236,2
6	169,97	1,1710	48,581	720,0	1,24	47,5	0,2	5,9	-2,2	236,1
7	170,35	1,1720	48,548	720,0	1,19	47,7	0,0	1,5	-1,7	236,6
8	170,52	1,1711	48,559	720,0	1,19	47,4	-0,1	1,6	-2,4	236,8
9	170,54	1,1679	48,520	720,0	1,22	47,7	-0,1	4,5	-1,7	236,9
10	170,48	1,1724	48,524	720,0	1,20	47,5	-0,1	2,4	-2,1	236,8
1	200,52	1,1722	48,559	849,3	1,24	48,0	0,2	5,8	-1,2	236,1
2	200,44	1,1755	48,497	848,6	1,24	47,9	0,2	5,5	-1,2	236,2
3	200,55	1,1777	48,525	847,8	1,22	48,1	0,0	3,6	-0,9	236,5
4	200,54	1,1720	48,552	849,1	1,24	48,1	0,2	5,8	-0,9	236,2
5	200,60	1,1775	48,565	849,2	1,25	48,0	0,2	6,2	-1,2	236,2
6	200,53	1,1756	48,576	848,8	1,22	48,2	0,2	3,8	-0,8	236,2
7	200,50	1,1733	48,601	849,2	1,24	48,2	0,2	5,7	-0,8	236,1
8	200,59	1,1743	48,607	850,3	1,24	48,1	0,3	5,6	-1,0	235,9
9	200,37	1,1760	48,519	847,1	1,20	48,0	0,0	2,0	-1,1	236,5
10	200,60	1,1744	48,551	849,9	1,24	48,0	0,3	5,6	-1,1	236,0
1	-49,284	1,1665	48,207	-209,71	1,19	49,0	0,7	2,0	1,6	235,0
2	-49,326	1,1781	48,124	-209,37	1,17	49,1	0,4	-0,7	2,0	235,6
3	-49,279	1,1777	48,292	-210,01	1,12	48,8	0,8	-4,9	1,1	234,7
4	-49,268	1,1752	48,275	-209,96	1,15	48,9	0,8	-2,1	1,3	234,7
5	-49,299	1,1918	48,287	-209,35	1,15	49,1	0,5	-3,5	1,7	235,5
6	-49,221	1,1768	48,273	-209,38	1,17	49,2	0,7	-0,6	1,9	235,1
7	-49,242	1,1718	48,288	-209,42	1,19	48,9	0,6	1,6	1,3	235,1
8	-49,205	1,1705	48,478	-209,43	1,20	49,0	0,7	2,5	1,1	234,9
9	-49,268	1,1809	48,350	-209,42	1,19	49,2	0,6	0,8	1,8	235,3
10	-49,315	1,1860	48,304	-209,82	1,17	48,9	0,7	-1,3	1,2	235,0

Tablo 7.4: Kanal-1 için Bölüm Oranı Deneyi (-100 kV, -150 kV, -170 kV)

No	Referans Ölçüm Sistemi			Deney Cismi			Sapma			Bölüm Oranı
	U_{ref} (kV)	T_1 (μs)	T_2 (μs)	U_{den} (V)	T_1 (μs)	T_2 (μs)	δU (%)	δT_1 (%)	δT_2 (%)	
1	-101,23	1,1684	48,373	-427,26	1,19	48,6	-0,1	1,8	0,5	236,9
2	-101,38	1,1759	48,439	-426,34	1,19	48,8	-0,5	1,2	0,7	237,8
3	-101,31	1,1736	48,427	-426,92	1,20	48,5	-0,3	2,2	0,2	237,3
4	-101,27	1,1694	48,406	-426,68	1,20	48,6	-0,3	2,6	0,4	237,3
5	-101,38	1,1738	48,331	-427,53	1,20	48,6	-0,2	2,2	0,6	237,1
6	-101,31	1,1727	48,559	-426,98	1,20	48,8	-0,3	2,3	0,5	237,3
7	-101,26	1,1721	48,389	-426,60	1,22	48,6	-0,3	4,1	0,4	237,4
8	-101,29	1,1726	48,362	-428,62	1,22	48,4	0,1	4,0	0,1	236,3
9	-101,34	1,1758	48,371	-426,61	1,19	48,1	-0,4	1,2	-0,6	237,5
10	-101,31	1,1773	48,423	-426,75	1,19	48,8	-0,3	1,1	0,8	237,4
1	-150,29	1,1772	48,466	-634,47	1,24	48,5	-0,1	5,3	0,1	236,9
2	-150,16	1,1742	48,449	-634,48	1,22	48,7	0,0	3,9	0,5	236,7
3	-148,09	1,1714	48,537	-626,26	1,22	48,9	0,1	4,1	0,7	236,5
4	-150,13	1,1735	48,548	-634,41	1,22	48,7	0,0	4,0	0,3	236,6
5	-150,08	1,1726	48,488	-634,27	1,24	48,7	0,0	5,7	0,4	236,6
6	-150,09	1,1760	48,631	-634,46	1,22	48,6	0,0	3,7	-0,1	236,6
7	-150,19	1,1750	48,483	-634,48	1,22	48,8	0,0	3,8	0,7	236,7
8	-150,28	1,1736	48,472	-634,47	1,22	48,7	-0,1	4,0	0,5	236,9
9	-150,25	1,1750	48,479	-634,47	1,24	48,7	-0,1	5,5	0,5	236,8
10	-150,17	1,1727	48,529	-634,47	1,24	48,8	0,0	5,7	0,6	236,7
1	-170,38	1,1788	48,523	-717,68	1,20	48,7	-0,3	1,8	0,4	237,4
2	-170,40	1,1777	48,524	-718,15	1,22	48,8	-0,3	3,6	0,6	237,3
3	-170,45	1,1779	48,474	-717,33	1,20	48,8	-0,4	1,9	0,7	237,6
4	-170,34	1,1740	48,562	-715,88	1,17	48,8	-0,6	-0,3	0,5	237,9
5	-170,40	1,1786	48,529	-715,85	1,20	48,8	-0,6	1,8	0,6	238,0
6	-170,27	1,1759	48,563	-714,77	1,17	48,8	-0,7	-0,5	0,5	238,2
7	-170,34	1,1743	48,502	-716,68	1,19	48,9	-0,4	1,3	0,8	237,7
8	-170,35	1,1772	48,546	-716,99	1,20	48,8	-0,4	1,9	0,5	237,6
9	-170,46	1,1793	48,536	-716,02	1,17	48,8	-0,6	-0,8	0,5	238,1
10	-170,33	1,1770	48,516	-717,77	1,22	48,7	-0,3	3,7	0,4	237,3

Tablo 7.5: Kanal-1 için Bölüm Oranı Deneyi (- 200 kV)

No	Referans Ölçüm Sistemi			Deney Cismi			Sapma			Bölüm Oranı
	U _{ref} (kV)	T ₁ (μ s)	T ₂ (μ s)	U _{den} (V)	T ₁ (μ s)	T ₂ (μ s)	δ U (%)	δ T ₁ (%)	δ T ₂ (%)	
1	-199,47	1,1778	48,499	-843,25	1,20	48,6	0,0	1,9	0,2	236,5
2	-200,27	1,1798	48,500	-843,28	1,19	48,7	-0,4	0,9	0,4	237,5
3	-200,17	1,1787	48,537	-843,28	1,19	48,9	-0,3	1,0	0,7	237,4
4	-200,29	1,1759	48,505	-843,28	1,20	48,7	-0,4	2,0	0,4	237,5
5	-199,54	1,1802	48,499	-843,25	1,20	48,7	0,0	1,7	0,4	236,6
6	-200,13	1,1783	48,507	-843,27	1,20	48,6	-0,3	1,8	0,2	237,3
7	-200,25	1,1745	48,570	-843,28	1,20	48,7	-0,4	2,2	0,3	237,5
8	-200,22	1,1734	48,530	-843,28	1,20	48,7	-0,3	2,3	0,4	237,4
9	-200,18	1,1733	48,587	-843,28	1,22	48,9	-0,3	4,0	0,6	237,4
10	-200,29	1,1765	48,554	-843,28	1,20	48,8	-0,4	2,0	0,5	237,5
							ORTALAMA BÖLÜM ORANI			236,6

Tablo 7.6: Kanal-1 için Bölüm Oranı Belirleme Deneyi Ölçüm Sonuç Tablosu

No	Referans Ölçüm Sistemi			Deney Cismi			Sapma			Belirsizlik		
	U _{ref} (kV)	T ₁ (μ s)	T ₂ (μ s)	U _{den} (kV)	T ₁ (μ s)	T ₂ (μ s)	δ Y (%)	δ T ₁ (%)	δ T ₂ (%)	δ Y (%)	δ T ₁ (%)	δ T ₂ (%)
1	-49,271	1,1775	48,288	-49,59	1,17	49,0	0,6	-0,6	1,5	1,3	3	2
2	-101,31	1,1732	48,408	-101,04	1,20	48,6	-0,3	2,3	0,4	1,3	3	2
3	-149,97	1,1741	48,508	-149,92	1,23	48,7	0,0	4,6	0,4	1,3	3	2
4	-170,37	1,1771	48,528	-169,58	1,19	48,8	-0,5	1,4	0,5	1,3	3	2
5	-200,08	1,1768	48,529	-199,53	1,20	48,7	-0,3	2,0	0,4	1,3	3	2
6	48,487	1,1715	48,272	48,39	1,22	47,2	-0,2	4,2	-2,2	1,3	3	2
7	100,59	1,1731	48,398	100,62	1,24	47,5	0,0	5,9	-1,9	1,3	3	2
8	150,40	1,1674	48,508	150,84	1,24	47,4	0,3	5,9	-2,2	1,3	3	2
9	170,19	1,1702	48,548	170,36	1,22	47,6	0,1	4,4	-2,0	1,3	3	2
10	200,52	1,1749	48,555	200,87	1,23	48,1	0,2	4,9	-1,0	1,3	3	2

Tablo 7.7: Kanal-2 için Bölüm Oranı Deneyi (50 kV, 100 kV, 150 kV)

No	Referans Ölçüm Sistemi			Deney Cismi			Sapma			Bölüm Oranı
	U _{ref} (kV)	T ₁ (μs)	T ₂ (μs)	U _{den} (V)	T ₁ (μs)	T ₂ (μs)	δU (%)	δT ₁ (%)	δT ₂ (%)	
1	50,271	1,1963	48,233	210,92	1,22	48,1	-0,5	2,0	-0,3	238,3
2	50,287	1,1758	48,518	210,76	1,24	48,1	-0,7	5,5	-0,9	238,6
3	50,287	1,1913	48,464	210,61	1,20	48,1	-0,7	0,7	-0,8	238,8
4	50,287	1,1867	48,415	210,78	1,24	47,9	-0,6	4,5	-1,1	238,6
5	50,297	1,1833	48,420	210,80	1,20	47,7	-0,7	1,4	-1,5	238,6
6	50,208	1,1799	48,446	210,48	1,25	48,1	-0,6	5,9	-0,7	238,5
7	50,271	1,1925	48,260	210,63	1,20	48,4	-0,7	0,6	0,3	238,7
8	50,318	1,1886	48,372	210,54	1,20	48,1	-0,8	1,0	-0,6	239,0
9	50,229	1,1720	48,389	210,63	1,24	48,0	-0,6	5,8	-0,8	238,5
10	50,282	1,1883	48,171	211,27	1,22	47,9	-0,4	2,7	-0,6	238,0
1	101,25	1,1762	48,567	426,42	1,24	47,5	-0,2	5,4	-2,2	237,4
2	101,28	1,1807	48,529	426,42	1,24	47,1	-0,2	5,0	-2,9	237,5
3	101,25	1,1772	48,453	426,42	1,25	47,1	-0,2	6,2	-2,8	237,4
4	101,18	1,1758	48,516	426,41	1,25	47,5	-0,1	6,3	-2,1	237,3
5	101,29	1,1755	48,478	426,42	1,25	47,3	-0,2	6,3	-2,4	237,5
6	101,13	1,1730	48,482	426,42	1,25	47,2	-0,1	6,6	-2,6	237,2
7	101,21	1,1820	48,474	426,42	1,24	47,5	-0,1	4,9	-2,0	237,3
8	101,23	1,1801	48,499	426,42	1,25	47,6	-0,2	5,9	-1,9	237,4
9	101,27	1,1806	48,436	426,42	1,25	47,2	-0,2	5,9	-2,6	237,5
10	101,29	1,1827	48,370	426,42	1,22	47,3	-0,2	3,2	-2,2	237,5
1	150,78	1,1700	48,548	637,90	1,24	47,7	0,3	6,0	-1,7	236,4
2	150,83	1,1676	48,558	637,84	1,15	47,8	0,2	-1,5	-1,6	236,5
3	150,90	1,1765	48,589	638,20	1,24	47,8	0,2	5,4	-1,6	236,4
4	150,80	1,1758	48,551	639,24	1,25	47,8	0,5	6,3	-1,5	235,9
5	151,03	1,1816	48,510	638,51	1,25	48,0	0,2	5,8	-1,1	236,5
6	150,84	1,1737	48,554	638,78	1,25	47,8	0,4	6,5	-1,6	236,1
7	150,86	1,1787	48,537	639,01	1,25	47,8	0,4	6,0	-1,5	236,1
8	150,81	1,1743	48,582	638,26	1,25	47,7	0,3	6,4	-1,8	236,3
9	150,90	1,1762	48,559	639,23	1,24	47,8	0,4	5,4	-1,6	236,1
10	151,08	1,1813	48,474	639,03	1,25	47,8	0,3	5,8	-1,4	236,4

Tablo 7.8: Kanal-2 için Bölüm Oranı Deneyi (170 kV, 200 kV, -50 kV)

No	Referans Ölçüm Sistemi			Deney Cismi			Sapma			Bölüm Oranı
	U _{ref} (kV)	T ₁ (μs)	T ₂ (μs)	U _{den} (V)	T ₁ (μs)	T ₂ (μs)	δU (%)	δT ₁ (%)	δT ₂ (%)	
1	170,63	1,1790	48,603	719,67	1,22	48,4	0,0	3,5	-0,4	237,1
2	170,51	1,1798	48,579	720,52	1,22	48,2	0,2	3,4	-0,8	236,6
3	170,54	1,1785	48,614	721,10	1,15	48,4	0,2	-2,4	-0,4	236,5
4	170,47	1,1734	48,618	718,59	1,15	48,5	-0,1	-2,0	-0,2	237,2
5	170,41	1,1743	48,629	719,94	1,14	48,3	0,1	-2,9	-0,7	236,7
6	170,49	1,1710	48,616	719,88	1,15	48,3	0,1	-1,8	-0,6	236,8
7	170,43	1,1803	48,582	719,79	1,14	48,3	0,1	-3,4	-0,6	236,8
8	170,46	1,1692	48,608	720,10	1,15	48,4	0,1	-1,6	-0,4	236,7
9	170,54	1,1770	48,601	719,79	1,14	48,5	0,0	-3,1	-0,2	236,9
10	170,45	1,1664	48,616	719,77	1,15	48,5	0,1	-1,4	-0,2	236,8
1	200,28	1,1687	48,629	847,43	1,15	48,6	0,3	-1,6	-0,1	236,3
2	200,29	1,1770	48,642	848,63	1,15	48,6	0,4	-2,3	-0,1	236,0
3	200,43	1,1787	48,605	848,40	1,14	48,6	0,3	-3,3	0,0	236,2
4	200,33	1,1741	48,646	848,88	1,14	48,6	0,4	-2,9	-0,1	236,0
5	200,35	1,1790	48,643	846,25	1,15	48,6	0,1	-2,5	-0,1	236,8
6	200,37	1,1774	48,640	847,61	1,17	48,6	0,3	-0,6	-0,1	236,4
7	200,29	1,1803	48,652	845,99	1,15	48,6	0,1	-2,6	-0,1	236,8
8	200,39	1,1796	48,650	848,18	1,15	48,7	0,3	-2,5	0,1	236,3
9	200,41	1,1803	48,635	846,25	1,15	48,7	0,1	-2,6	0,1	236,8
10	200,44	1,1777	48,553	846,39	1,15	48,8	0,1	-2,4	0,5	236,8
1	-49,300	1,1835	48,224	-209,30	1,20	49,7	0,6	1,4	3,1	235,5
2	-49,299	1,1750	48,202	-209,61	1,17	50,0	0,8	-0,4	3,7	235,2
3	-49,369	1,1792	48,261	-209,95	1,24	49,6	0,8	5,2	2,8	235,1
4	-49,258	1,1802	48,100	-209,69	1,25	50,2	0,9	5,9	4,4	234,9
5	-49,368	1,1816	48,135	-210,19	1,24	49,5	0,9	4,9	2,8	234,9
6	-49,341	1,1801	48,225	-209,35	1,20	50,1	0,6	1,7	3,9	235,7
7	-49,330	1,1721	48,202	-209,55	1,19	49,5	0,7	1,5	2,7	235,4
8	-49,294	1,1738	48,204	-209,55	1,24	49,9	0,8	5,6	3,5	235,2
9	-49,315	1,1827	48,248	-209,87	1,25	49,6	0,9	5,7	2,8	235,0
10	-49,352	1,1820	48,199	-209,88	1,20	49,8	0,8	1,5	3,3	235,1

Tablo 7.9: Kanal-2 için Bölüm Oranı Deneyi (-100 kV, -150 kV, -170 kV)

No	Referans Ölçüm Sistemi			Deney Cismi			Sapma			Bölüm Oranı
	U_{ref} (kV)	T_1 (μ s)	T_2 (μ s)	U_{den} (V)	T_1 (μ s)	T_2 (μ s)	δU (%)	δT_1 (%)	δT_2 (%)	
1	-101,19	1,1748	48,321	-426,27	1,25	49,4	-0,1	6,4	2,2	237,4
2	-101,13	1,1770	48,366	-427,07	1,24	49,2	0,1	5,4	1,7	236,8
3	-101,22	1,1753	48,373	-426,93	1,25	49,2	0,0	6,4	1,7	237,1
4	-101,27	1,1811	48,377	-426,96	1,24	49,2	-0,1	5,0	1,7	237,2
5	-101,19	1,1787	48,357	-427,22	1,24	49,4	0,1	5,2	2,2	236,9
6	-101,17	1,1786	48,378	-426,58	1,25	49,1	-0,1	6,1	1,5	237,2
7	-101,20	1,1750	48,325	-426,50	1,25	49,2	-0,1	6,4	1,8	237,3
8	-101,32	1,1826	48,346	-426,11	1,25	49,4	-0,3	5,7	2,2	237,8
9	-101,24	1,1798	48,304	-426,21	1,25	49,5	-0,2	6,0	2,5	237,5
10	-101,24	1,1772	48,393	-426,30	1,24	49,5	-0,2	5,3	2,3	237,5
1	-150,20	1,1824	48,384	-634,49	1,25	49,3	0,1	5,7	1,9	236,7
2	-150,14	1,1722	48,444	-634,40	1,25	49,2	0,2	6,6	1,6	236,7
3	-150,07	1,1766	48,492	-634,48	1,25	49,1	0,2	6,2	1,3	236,5
4	-150,09	1,1761	48,456	-634,46	1,25	49,2	0,2	6,3	1,5	236,6
5	-150,23	1,1809	48,401	-634,36	1,25	49,2	0,1	5,9	1,7	236,8
6	-150,15	1,1770	48,468	-634,48	1,25	49,3	0,2	6,2	1,7	236,7
7	-150,05	1,1762	48,420	-634,37	1,25	49,4	0,2	6,3	2,0	236,5
8	-150,08	1,1757	48,469	-634,45	1,25	48,2	0,2	6,3	-0,6	236,6
9	-150,17	1,1794	48,443	-634,48	1,25	49,2	0,1	6,0	1,6	236,7
10	-150,17	1,1785	48,381	-634,32	1,25	49,2	0,1	6,1	1,7	236,7
1	-170,25	1,1778	48,518	-716,35	1,15	48,8	-0,3	-2,4	0,6	237,7
2	-170,28	1,1807	48,497	-715,28	1,15	48,9	-0,4	-2,6	0,8	238,1
3	-170,22	1,1775	48,520	-717,83	1,25	48,9	0,0	6,2	0,8	237,1
4	-170,38	1,1796	48,508	-716,17	1,15	48,9	-0,4	-2,5	0,8	237,9
5	-170,21	1,1787	48,509	-716,28	1,19	48,9	-0,3	1,0	0,8	237,6
6	-170,29	1,1803	48,525	-713,48	1,14	49,2	-0,7	-3,4	1,4	238,7
7	-170,21	1,1800	48,508	-715,53	1,15	48,9	-0,4	-2,5	0,8	237,9
8	-170,24	1,1796	48,519	-714,16	1,15	49,0	-0,6	-2,5	1,0	238,4
9	-170,25	1,1768	48,533	-715,18	1,15	48,8	-0,4	-2,3	0,6	238,1
10	-170,26	1,1802	48,524	-717,62	1,15	48,9	-0,1	-2,6	0,8	237,3

Tablo 7.10: Kanal-2 için Bölüm Oranı Deneyi (-200 kV)

No	Referans Ölçüm Sistemi			Deney Cismi			Sapma			Bölüm Oranı
	U _{ref} (kV)	T ₁ (μs)	T ₂ (μs)	U _{den} (V)	T ₁ (μs)	T ₂ (μs)	δU (%)	δT ₁ (%)	δT ₂ (%)	
1	-200,36	1,1789	48,582	-842,57	1,17	49,2	-0,3	-0,8	1,3	237,8
2	-200,42	1,1784	48,572	-843,13	1,17	49,1	-0,3	-0,7	1,1	237,7
3	-200,35	1,1809	48,561	-843,39	1,19	49,1	-0,2	0,8	1,1	237,6
4	-200,35	1,1762	48,595	-843,39	1,14	49,6	-0,2	-3,1	2,1	237,6
5	-200,48	1,1772	48,581	-843,32	1,19	49,0	-0,3	1,1	0,9	237,7
6	-200,45	1,1778	48,554	-843,39	1,19	49,1	-0,3	1,0	1,1	237,7
7	-200,49	1,1783	48,583	-843,41	1,17	49,1	-0,3	-0,7	1,1	237,7
8	-200,50	1,1802	48,568	-843,40	1,17	49,1	-0,3	-0,9	1,1	237,7
9	-200,52	1,1786	48,574	-843,27	1,17	49,1	-0,3	-0,7	1,1	237,8
10	-200,52	1,1781	48,641	-843,00	1,17	49,1	-0,4	-0,7	0,9	237,9
							ORTALAMA BÖLÜM ORANI			237,0

Tablo 7.11: Kanal-2 için Bölüm Oranı Belirleme Deneyi Ölçüm Sonuç Tablosu

No	Referans Ölçüm Sistemi			Deney Cismi			Sapma			Belirsizlik		
	U _{ref} (kV)	T ₁ (μs)	T ₂ (μs)	U _{den} (kV)	T ₁ (μs)	T ₂ (μs)	δY (%)	δT ₁ (%)	δT ₂ (%)	δY (%)	δT ₁ (%)	δT ₂ (%)
1	-49,323	1,1790	48,200	-49,70	1,22	49,8	0,8	3,3	3,3	1,3	3	2
2	-101,22	1,1780	48,354	-101,12	1,25	49,3	-0,1	5,8	2,0	1,3	3	2
3	-150,14	1,1775	48,436	-150,37	1,25	49,1	0,2	6,2	1,4	1,3	3	2
4	-170,26	1,1791	48,516	-169,66	1,16	48,9	-0,4	-1,4	0,8	1,3	3	2
5	-200,44	1,1785	48,581	-199,86	1,17	49,2	-0,3	-0,5	1,2	1,3	3	2
6	50,274	1,1855	48,369	49,95	1,22	48,0	-0,6	3,0	-0,7	1,3	3	2
7	101,24	1,1784	48,480	101,07	1,24	47,3	-0,2	5,6	-2,4	1,3	3	2
8	150,88	1,1756	48,546	151,36	1,24	47,8	0,3	5,2	-1,5	1,3	3	2
9	170,49	1,1749	48,607	170,63	1,16	48,4	0,1	-1,2	-0,5	1,3	3	2
10	200,36	1,1773	48,630	200,85	1,15	48,6	0,2	-2,3	0,0	1,3	3	2

7.2. Anahtarlama Darbe Ölçüm Deneyi

Bu çalışmada yapımı gerçekleştirilen sayısal darbe kayıt cihazı, karakteristik özelliği bilinen UME referans darbe kayıt cihazı ile karşılaştırılmıştır. 300 V'a kadar gerçekleştirilen karakterizasyon işleminde referans darbe kalibratöründen çeşitli referans gerilim değerleri uygulanmıştır. Deney, ilgili IEC 60060-1 ve IEC 60060-2 standartlarına uygun olarak en az 5 ölçüm noktasında, pozitif ve negatif kutbiyette ve her ölçüm noktasında 10 darbe ile gerçekleştirilmiştir [6, 8]. Ölçümlerde kullanılan referansların listesi ve izlenebilirlik bilgileri Tablo 7.12'de verilmiştir. Deneyde kullanılan ölçüm sistemi Şekil 7.2'de verilmiştir. Detaylı ölçüm değerleri Kanal-1 için Tablo 7.13 ile Tablo 7.16 arasında verilmiştir. Kanal-1 için gerçekleştirilen deney sonuçları ise Tablo 7.17'de verilmiştir. Kanal-2 için detaylı ölçüm değerleri Tablo 7.18 ile Tablo 7.21 arasında verilmiştir. Kanal-2 için gerçekleştirilen deney sonuçlarına Tablo 7.22'de yer verilmiştir. Yüksek gerilim deney cihazlarıyla ilgili standartlara göre, darbe gerilim kaydedicilerinin sapma değerleri, genlik için %1 ve zaman parametreleri için %10'un altında olma zorunluluğu bulunmaktadır. Bu çalışmada yapımı gerçekleştirilen darbe kaydedicisinin her iki kanalı için, ilgili standartlarda belirtilen koşulları sağladığı tespit edilmiştir (Tablo 17 ve Tablo 22).



Şekil 7.2: Anahtarlama Darbe Gerilim Ölçümü Deney Düzeneği

Tablo 7.12: Deneyde Kullanılan Referans Cihazlar

	Dijital Kaydedici	Darbe Kalibratörü	İzlenebilirlik
Marka	Dr. Strausss	Dr. Strausss	MIKES, M-09E092 16.03.2009
Model	TRAS 200-13	KAL1000	
Seri No	610	612	

Tablo 7.13: Anahtarlama Darbe Gerilim Deneyi_Kanal-1 (50 V, 100 V, 200 V)

No	Referans Ölçüm Sistemi			Deney Cismi			Sapma		
	U _{ref} (V)	T ₁ (µs)	T ₂ (µs)	U _{den} (V)	T ₁ (µs)	T ₂ (µs)	δU (%)	δT ₁ (%)	δT ₂ (%)
1	50,05	253,20	2482,2	50,48	249	2460	0,9	-1,7	-0,9
2	50,06	256,16	2482,1	50,48	252	2463	0,8	-1,6	-0,8
3	50,06	251,56	2481,4	50,45	249	2465	0,8	-1,0	-0,7
4	50,03	252,52	2482,1	50,47	248	2461	0,9	-1,8	-0,9
5	50,03	252,40	2478,5	50,46	249	2463	0,9	-1,3	-0,6
6	50,02	251,70	2481,8	50,46	249	2461	0,9	-1,1	-0,8
7	50,03	252,06	2480,5	50,43	248	2465	0,8	-1,6	-0,6
8	50,04	250,58	2480,0	50,55	248	2462	1,0	-1,0	-0,7
9	50,01	253,42	2483,4	50,57	248	2462	1,0	-2,1	-0,9
10	50,04	254,46	2482,4	50,55	247	2465	1,0	-2,9	-0,7
1	101,61	253,12	2481,9	100,97	249	2388	-0,6	-1,6	-3,8
2	101,61	251,58	2481,3	101,03	245	2410	-0,6	-2,6	-2,9
3	101,65	252,50	2478,3	100,97	245	2420	-0,7	-3,0	-2,4
4	101,62	254,18	2477,7	100,97	238	2407	-0,6	-6,4	-2,9
5	101,63	253,10	2477,0	101,06	247	2392	-0,6	-2,4	-3,4
6	101,64	251,70	2480,4	101,02	253	2415	-0,6	0,5	-2,6
7	101,61	257,32	2478,9	101,09	252	2379	-0,5	-2,1	-4,0
8	101,64	252,34	2478,5	100,95	242	2410	-0,7	-4,1	-2,8
9	101,62	253,36	2479,9	101,05	254	2398	-0,6	0,3	-3,3
10	101,63	254,72	2483,0	101,01	240	2406	-0,6	-5,8	-3,1
1	200,94	255,96	2463,5	200,47	246	2410	-0,2	-3,9	-2,2
2	200,94	255,40	2463,4	200,24	248	2411	-0,3	-2,9	-2,1
3	200,92	252,30	2463,6	200,36	251	2411	-0,3	-0,5	-2,1
4	200,91	253,06	2464,3	200,30	248	2399	-0,3	-2,0	-2,6
5	200,98	253,44	2464,5	200,32	255	2394	-0,3	0,6	-2,9
6	200,98	251,44	2463,6	200,33	247	2393	-0,3	-1,8	-2,9
7	200,97	254,76	2464,6	200,06	248	2404	-0,5	-2,7	-2,5
8	200,88	251,34	2461,5	200,10	245	2399	-0,4	-2,5	-2,5
9	200,97	251,44	2464,0	200,17	256	2406	-0,4	1,8	-2,4
10	200,91	252,68	2464,5	200,24	243	2405	-0,3	-3,8	-2,4

Tablo 7.14: Anahtarlama Darbe Gerilim Deneyi_Kanal-1 (250 V, 300 V, -50 V)

No	Referans Ölçüm Sistemi			Deney Cismi			Sapma		
	U _{ref} (V)	T ₁ (µs)	T ₂ (µs)	U _{den} (V)	T ₁ (µs)	T ₂ (µs)	δU (%)	δT ₁ (%)	δT ₂ (%)
1	251,23	252,76	2456,5	252,81	247	2448	0,6	-2,3	-0,3
2	251,67	254,00	2457,7	253,27	253	2437	0,6	-0,4	-0,8
3	251,82	251,16	2456,4	253,32	248	2447	0,6	-1,3	-0,4
4	251,72	250,36	2454,8	253,24	249	2442	0,6	-0,5	-0,5
5	251,90	253,18	2457,0	253,25	255	2447	0,5	0,7	-0,4
6	251,93	251,36	2457,5	253,46	244	2455	0,6	-2,9	-0,1
7	251,87	252,16	2456,2	253,22	243	2451	0,5	-3,6	-0,2
8	251,95	254,46	2456,0	253,14	249	2453	0,5	-2,1	-0,1
9	251,89	250,30	2456,9	253,28	247	2448	0,6	-1,3	-0,4
10	251,91	252,96	2456,4	253,32	248	2446	0,6	-2,0	-0,4
1	300,19	255,96	2446,6	302,90	251	2452	0,9	-1,9	0,2
2	301,55	256,22	2447,0	304,18	256	2443	0,9	-0,1	-0,2
3	301,31	255,58	2447,9	304,01	251	2450	0,9	-1,8	0,1
4	301,37	254,94	2445,8	304,11	251	2449	0,9	-1,5	0,1
5	301,36	256,10	2445,2	304,11	252	2446	0,9	-1,6	0,0
6	300,23	255,10	2445,2	303,00	251	2449	0,9	-1,6	0,2
7	301,78	254,40	2446,2	304,06	253	2449	0,8	-0,6	0,1
8	301,25	255,74	2446,1	303,89	251	2441	0,9	-1,9	-0,2
9	301,13	254,20	2445,5	303,88	250	2449	0,9	-1,7	0,1
10	301,16	255,84	2445,7	304,04	251	2444	1,0	-1,9	-0,1
1	-50,16	252,84	2508,5	-50,09	255	2531	-0,1	0,9	0,9
2	-50,14	250,16	2509,0	-50,11	254	2530	-0,1	1,5	0,8
3	-50,17	255,42	2506,0	-50,11	256	2529	-0,1	0,2	0,9
4	-50,14	252,64	2510,3	-50,11	257	2532	-0,1	1,7	0,9
5	-50,11	255,58	2511,4	-50,10	255	2532	0,0	-0,2	0,8
6	-50,15	250,70	2507,2	-50,10	253	2530	-0,1	0,9	0,9
7	-50,15	253,50	2509,4	-50,11	255	2530	-0,1	0,6	0,8
8	-50,16	252,86	2509,9	-50,10	253	2530	-0,1	0,1	0,8
9	-50,15	254,66	2509,5	-50,10	257	2531	-0,1	0,9	0,9
10	-50,09	256,40	2511,7	-50,10	255	2531	0,0	-0,5	0,8

Tablo 7.15: Anahtarlama Darbe Gerilim Deneyi_Kanal-1 (-100 V, -200 V, -250 V)

No	Referans Ölçüm Sistemi			Deney Cismi			Sapma		
	U_{ref} (V)	T_1 (μs)	T_2 (μs)	U_{den} (V)	T_1 (μs)	T_2 (μs)	δU (%)	δT_1 (%)	δT_2 (%)
1	-100,45	255,62	2509,7	-100,02	252	2532	-0,4	-1,4	0,9
2	-100,44	255,12	2510,2	-99,98	252	2535	-0,5	-1,2	1,0
3	-100,44	255,40	2509,0	-99,98	252	2535	-0,5	-1,3	1,0
4	-100,57	257,66	2509,3	-100,14	254	2535	-0,4	-1,4	1,0
5	-100,59	255,76	2509,2	-100,12	252	2533	-0,5	-1,5	0,9
6	-100,59	257,28	2510,0	-100,15	253	2533	-0,4	-1,7	0,9
7	-100,60	258,18	2509,0	-100,13	253	2534	-0,5	-2,0	1,0
8	-100,58	254,24	2508,9	-100,15	254	2532	-0,4	-0,1	0,9
9	-100,60	257,24	2509,4	-100,17	256	2532	-0,4	-0,5	0,9
10	-100,59	255,72	2510,2	-100,14	253	2531	-0,4	-1,1	0,8
1	-200,02	252,12	2514,9	-201,18	256	2577	0,6	1,5	2,5
2	-200,05	253,56	2514,7	-201,12	257	2574	0,5	1,4	2,4
3	-200,20	253,50	2514,0	-201,13	255	2584	0,5	0,6	2,8
4	-200,18	254,34	2516,5	-201,25	256	2577	0,5	0,7	2,4
5	-200,25	255,96	2516,2	-201,36	258	2582	0,6	0,8	2,6
6	-200,24	254,32	2515,8	-201,26	259	2580	0,5	1,8	2,6
7	-200,31	255,92	2514,5	-201,33	255	2579	0,5	-0,4	2,6
8	-200,32	254,74	2514,0	-201,27	257	2581	0,5	0,9	2,7
9	-200,25	252,40	2513,4	-201,19	255	2577	0,5	1,0	2,5
10	-200,29	251,36	2513,8	-201,19	255	2578	0,4	1,4	2,6
1	-250,36	251,52	2515,0	-252,40	257	2555	0,8	2,2	1,6
2	-250,55	256,20	2515,9	-252,71	259	2566	0,9	1,1	2,0
3	-250,59	255,46	2515,7	-252,62	256	2552	0,8	0,2	1,4
4	-250,57	253,92	2516,1	-252,66	259	2555	0,8	2,0	1,5
5	-250,58	253,46	2515,2	-252,63	252	2561	0,8	-0,6	1,8
6	-250,66	253,64	2516,3	-252,94	256	2556	0,9	0,9	1,6
7	-250,69	255,42	2515,1	-252,56	257	2553	0,7	0,6	1,5
8	-250,72	248,56	2514,9	-252,75	257	2553	0,8	3,4	1,5
9	-250,66	253,60	2515,8	-252,54	255	2558	0,8	0,6	1,7
10	-250,64	254,10	2514,4	-252,95	255	2547	0,9	0,4	1,3

Tablo 7.16: Anahtarlama Darbe Gerilim Deneyi_Kanal-1 (-300 V)

No	Referans Ölçüm Sistemi			Deney Cismi			Sapma		
	U _{ref} (V)	T ₁ (μ s)	T ₂ (μ s)	U _{den} (V)	T ₁ (μ s)	T ₂ (μ s)	δ U (%)	δ T ₁ (%)	δ T ₂ (%)
1	-300,15	255,56	2519,9	-300,75	259	2554	0,2	1,3	1,4
2	-300,59	253,20	2518,1	-300,77	251	2559	0,1	-0,9	1,6
3	-300,65	256,32	2517,5	-300,95	253	2560	0,1	-1,3	1,7
4	-300,70	256,66	2517,8	-300,95	260	2565	0,1	1,3	1,9
5	-300,86	253,98	2517,5	-300,77	251	2561	0,0	-1,2	1,7
6	-300,88	256,88	2518,3	-301,04	262	2557	0,1	2,0	1,5
7	-300,88	257,00	2518,1	-300,96	257	2555	0,0	0,0	1,5
8	-300,85	254,18	2516,6	-301,12	255	2557	0,1	0,3	1,6
9	-300,82	255,08	2515,9	-301,15	255	2564	0,1	0,0	1,9
10	-300,82	256,90	2517,4	-300,93	256	2557	0,0	-0,4	1,6

Tablo 7.17: Anahtarlama Darbe Gerilim Ölçümleri Sonuç Tablosu_Kanal 1

No	Referans Ölçüm Sistemi			Deney Cismi			Sapma			Belirsizlik		
	U _{ref} (V)	T ₁ (μ s)	T ₂ (μ s)	U _{den} (V)	T ₁ (μ s)	T ₂ (μ s)	δ Y (%)	δ T ₁ (%)	δ T ₂ (%)	δ Y (%)	δ T ₁ (%)	δ T ₂ (%)
1	50,04	252,81	2481,4	50,49	249	2463	0,9	-1,6	-0,8	1,3	3	2
2	101,63	253,39	2479,7	101,01	247	2403	-0,6	-2,7	-3,1	1,3	3	2
3	200,94	253,18	2463,8	200,26	249	2403	-0,3	-1,8	-2,5	1,3	3	2
4	251,79	252,27	2456,5	253,23	248	2447	0,6	-1,6	-0,4	1,3	3	2
5	301,13	255,41	2446,1	303,82	252	2447	0,9	-1,5	0,0	1,3	3	2
6	-50,14	253,48	2509,3	-50,10	255	2531	-0,1	0,6	0,8	1,3	3	2
7	-100,55	256,22	2509,5	-100,10	253	2533	-0,4	-1,2	0,9	1,3	3	2
8	-200,21	253,82	2514,8	-201,23	256	2579	0,5	1,0	2,5	1,3	3	2
9	-250,60	253,59	2515,4	-252,68	256	2556	0,8	1,1	1,6	1,3	3	2
10	-300,72	255,58	2517,7	-300,94	256	2559	0,1	0,1	1,6	1,3	3	2

Tablo 7.18: Anahtarlama Darbe Gerilim Deneyi (50 V, 100 V, 200 V)_Kanal-2

No	Referans Ölçüm Sistemi			Deney Cismi			Sapma		
	U _{ref} (V)	T ₁ (µs)	T ₂ (µs)	U _{den} (V)	T ₁ (µs)	T ₂ (µs)	δU (%)	δT ₁ (%)	δT ₂ (%)
1	49,27	252,52	2481,1	49,68	251	2456	0,8	-0,6	-1,0
2	49,29	255,14	2480,9	49,67	251	2458	0,8	-1,6	-0,9
3	49,27	254,28	2480,3	49,68	252	2458	0,8	-0,9	-0,9
4	49,28	250,56	2480,6	49,68	251	2462	0,8	0,2	-0,7
5	49,27	251,88	2480,5	49,68	251	2459	0,8	-0,3	-0,9
6	49,27	254,50	2481,4	49,68	251	2460	0,8	-1,4	-0,9
7	49,27	254,34	2482,3	49,67	253	2459	0,8	-0,5	-0,9
8	49,27	256,94	2480,4	49,68	251	2458	0,8	-2,3	-0,9
9	49,29	253,72	2482,3	49,68	252	2456	0,8	-0,7	-1,1
10	49,28	253,90	2480,6	49,68	251	2459	0,8	-1,1	-0,9
1	101,88	251,80	2480,4	100,85	247	2374	-1,0	-1,9	-4,3
2	101,85	251,62	2478,8	100,85	249	2359	-1,0	-1,0	-4,8
3	101,84	253,24	2480,4	100,89	242	2370	-0,9	-4,4	-4,5
4	101,88	252,92	2481,5	100,92	256	2361	-0,9	1,2	-4,9
5	101,88	252,74	2479,8	100,92	258	2364	-0,9	2,1	-4,7
6	101,85	252,04	2479,3	100,85	242	2350	-1,0	-4,0	-5,2
7	101,84	256,40	2479,7	100,92	248	2360	-0,9	-3,3	-4,8
8	101,88	250,90	2479,1	100,72	238	2359	-1,1	-5,1	-4,8
9	101,85	256,00	2478,8	101,01	235	2365	-0,8	-8,2	-4,6
10	101,86	253,08	2479,0	101,02	241	2380	-0,8	-4,8	-4,0
1	200,28	254,48	2464,0	200,74	245	2408	0,2	-3,7	-2,3
2	200,33	252,08	2464,6	200,83	249	2405	0,2	-1,2	-2,4
3	200,23	252,94	2464,4	200,67	251	2405	0,2	-0,8	-2,4
4	200,29	251,48	2465,6	200,76	245	2408	0,2	-2,6	-2,3
5	200,33	256,02	2464,0	200,71	247	2396	0,2	-3,5	-2,8
6	200,23	252,02	2462,6	200,70	245	2406	0,2	-2,8	-2,3
7	200,31	252,96	2464,4	200,75	245	2406	0,2	-3,1	-2,4
8	200,22	256,62	2463,5	200,45	255	2408	0,1	-0,6	-2,3
9	200,25	252,86	2463,9	200,51	249	2400	0,1	-1,5	-2,6
10	200,19	249,18	2465,0	200,62	244	2408	0,2	-2,1	-2,3

Tablo 7.19: Anahtarlama Darbe Gerilim Deneyi (250 V, 300 V, -50 V)_Kanal-2

No	Referans Ölçüm Sistemi			Deney Cismi			Sapma		
	U _{ref} (V)	T ₁ (µs)	T ₂ (µs)	U _{den} (V)	T ₁ (µs)	T ₂ (µs)	δU (%)	δT ₁ (%)	δT ₂ (%)
1	250,15	256,12	2455,3	252,18	248	2425	0,8	-3,2	-1,2
2	250,51	251,98	2455,6	252,21	245	2429	0,7	-2,8	-1,1
3	250,57	253,66	2456,9	252,31	249	2434	0,7	-1,8	-0,9
4	250,68	251,64	2456,5	252,21	253	2434	0,6	0,5	-0,9
5	250,76	254,02	2457,0	252,30	249	2433	0,6	-2,0	-1,0
6	250,76	255,64	2458,1	252,38	247	2428	0,6	-3,4	-1,2
7	250,77	252,20	2457,0	252,41	253	2425	0,7	0,3	-1,3
8	250,80	255,70	2457,0	252,32	249	2432	0,6	-2,6	-1,0
9	250,83	252,16	2457,3	252,34	251	2429	0,6	-0,5	-1,2
10	250,80	252,36	2456,8	252,27	251	2434	0,6	-0,5	-0,9
1	300,09	254,80	2445,0	302,87	253	2451	0,9	-0,7	0,2
2	299,97	257,68	2445,2	302,92	254	2446	1,0	-1,4	0,0
3	300,10	256,46	2445,7	302,15	252	2451	0,7	-1,7	0,2
4	299,99	255,76	2447,3	302,96	252	2458	1,0	-1,5	0,4
5	300,08	255,30	2445,7	302,94	251	2455	1,0	-1,7	0,4
6	300,00	254,90	2446,9	302,97	251	2451	1,0	-1,5	0,2
7	300,16	251,34	2446,7	303,04	251	2444	1,0	-0,1	-0,1
8	300,04	254,90	2446,1	302,10	250	2444	0,7	-1,9	-0,1
9	300,05	256,54	2446,5	302,95	254	2448	1,0	-1,0	0,1
10	300,04	256,42	2446,5	302,98	256	2461	1,0	-0,2	0,6
1	-50,45	253,06	2506,1	-50,64	257	2560	0,4	1,6	2,2
2	-50,47	253,58	2508,0	-50,61	252	2559	0,3	-0,6	2,0
3	-50,47	254,70	2507,6	-50,64	255	2560	0,3	0,1	2,1
4	-50,44	254,80	2507,9	-50,62	256	2532	0,4	0,5	1,0
5	-50,46	252,26	2507,7	-50,65	254	2557	0,4	0,7	2,0
6	-50,44	254,74	2507,4	-50,57	252	2563	0,3	-1,1	2,2
7	-50,46	254,92	2506,5	-50,55	255	2568	0,2	0,0	2,5
8	-50,46	254,48	2507,8	-50,64	252	2560	0,4	-1,0	2,1
9	-50,46	255,62	2504,7	-50,67	250	2561	0,4	-2,2	2,2
10	-50,46	255,14	2507,5	-50,60	255	2563	0,3	-0,1	2,2

Tablo 7.20: Anahtarlama Darbe Gerilim Deneyi (-100 V, -200 V, -250 V)_Kanal-2

No	Referans Ölçüm Sistemi			Deney Cismi			Sapma		
	U_{ref} (V)	T_1 (μs)	T_2 (μs)	U_{den} (V)	T_1 (μs)	T_2 (μs)	δU (%)	δT_1 (%)	δT_2 (%)
1	-100,66	256,94	2506,4	-101,61	258	2622	0,9	0,4	4,6
2	-100,66	253,12	2506,9	-101,57	256	2612	0,9	1,1	4,2
3	-100,64	253,70	2505,8	-101,57	261	2599	0,9	2,9	3,7
4	-100,04	253,12	2509,1	-101,17	261	2599	1,1	3,1	3,6
5	-100,02	254,24	2509,1	-101,09	257	2617	1,1	1,1	4,3
6	-100,06	255,70	2508,7	-101,10	261	2623	1,0	2,1	4,6
7	-100,02	255,30	2509,9	-101,17	262	2622	1,1	2,6	4,5
8	-100,04	254,74	2507,0	-101,17	261	2617	1,1	2,5	4,4
9	-100,05	253,80	2506,9	-100,62	261	2619	0,6	2,8	4,5
10	-100,59	255,72	2510,2	-101,14	253	2531	0,5	-1,1	0,8
1	-200,63	252,26	2514,6	-202,10	256	2552	0,7	1,5	1,5
2	-200,63	249,02	2511,9	-202,65	249	2555	1,0	0,0	1,7
3	-200,64	255,74	2515,4	-202,41	259	2558	0,9	1,3	1,7
4	-200,64	254,32	2514,2	-202,42	252	2550	0,9	-0,9	1,4
5	-200,70	252,70	2514,0	-203,55	257	2552	1,4	1,7	1,5
6	-200,64	254,22	2514,7	-202,33	250	2558	0,8	-1,7	1,7
7	-200,68	252,28	2514,5	-202,49	252	2555	0,9	-0,1	1,6
8	-200,71	254,90	2514,3	-202,38	252	2561	0,8	-1,1	1,9
9	-200,74	252,78	2516,2	-202,63	262	2554	0,9	3,6	1,5
10	-200,66	252,64	2515,3	-202,53	257	2551	0,9	1,7	1,4
1	-250,33	255,48	2514,3	-251,82	263	2560	0,6	2,9	1,8
2	-250,52	251,52	2515,2	-252,09	254	2558	0,6	1,0	1,7
3	-250,62	253,02	2515,3	-252,06	260	2565	0,6	2,8	2,0
4	-250,73	257,02	2514,0	-252,22	257	2566	0,6	0,0	2,1
5	-250,83	252,28	2516,0	-252,58	253	2557	0,7	0,3	1,6
6	-250,81	253,74	2514,8	-252,22	251	2560	0,6	-1,1	1,8
7	-250,81	255,20	2516,9	-251,81	253	2560	0,4	-0,9	1,7
8	-250,84	254,44	2514,3	-252,27	267	2562	0,6	4,9	1,9
9	-250,79	253,94	2515,2	-252,53	253	2562	0,7	-0,4	1,9
10	-250,85	251,40	2515,5	-252,16	252	2558	0,5	0,2	1,7

Tablo 7.21: Anahtarlama Darbe Gerilim Deneyi (-300 V)_Kanal-2

No	Referans Ölçüm Sistemi			Deney Cismi			Sapma		
	U_{ref} (V)	T_1 (μs)	T_2 (μs)	U_{den} (V)	T_1 (μs)	T_2 (μs)	δU (%)	δT_1 (%)	δT_2 (%)
1	-300,66	255,98	2517,8	-301,90	256	2589	0,4	0,0	2,8
2	-300,78	257,22	2518,5	-302,27	258	2581	0,5	0,3	2,5
3	-300,84	255,58	2516,8	-302,37	257	2581	0,5	0,6	2,6
4	-300,83	253,26	2517,1	-302,33	256	2586	0,5	1,1	2,7
5	-300,84	255,84	2517,9	-302,25	256	2584	0,5	0,1	2,6
6	-300,97	255,36	2516,1	-302,71	259	2579	0,6	1,4	2,5
7	-300,87	257,32	2516,9	-302,73	250	2575	0,6	-2,8	2,3
8	-300,88	256,48	2517,0	-302,08	252	2586	0,4	-1,7	2,7
9	-300,92	257,40	2517,3	-302,29	259	2583	0,5	0,6	2,6
10	-300,86	254,84	2517,6	-302,27	259	2581	0,5	1,6	2,5

Tablo 7.22: Anahtarlama Darbe Gerilim Ölçümleri Sonuç Tablosu_Kanal 2

No	Referans Ölçüm Sistemi			Deney Cismi			Sapma			Belirsizlik		
	U_{ref} (V)	T_1 (μs)	T_2 (μs)	U_{den} (V)	T_1 (μs)	T_2 (μs)	δY (%)	δT_1 (%)	δT_2 (%)	δY (%)	δT_1 (%)	δT_2 (%)
1	49,28	253,78	2481,0	49,68	251	2459	0,8	-0,9	-0,9	1,3	3	2
2	101,86	253,07	2479,7	100,90	246	2364	-0,9	-3,0	-4,7	1,3	3	2
3	200,27	253,06	2464,2	200,67	248	2405	0,2	-2,2	-2,4	1,3	3	2
4	250,66	253,55	2456,8	252,29	250	2430	0,7	-1,6	-1,1	1,3	3	2
5	300,05	255,41	2446,2	302,79	252	2451	0,9	-1,2	0,2	1,3	3	2
6	-50,46	254,33	2507,1	-50,62	254	2558	0,3	-0,2	2,0	1,3	3	2
7	-100,28	254,64	2508,0	-101,22	259	2606	0,9	1,8	3,9	1,3	3	2
8	-200,67	253,09	2514,5	-202,55	255	2555	0,9	0,6	1,6	1,3	3	2
9	-250,71	253,80	2515,2	-252,18	256	2561	0,6	1,0	1,8	1,3	3	2
10	-300,85	255,93	2517,3	-302,32	256	2583	0,5	0,1	2,6	1,3	3	2

7.3. Yüksek Darbe Gerilim Ölçüm Sisteminin Doğrusallığı Deneyi

IEC 60060-2 standardına göre darbe yüksek gerilim ölçüm sisteminin doğrusallığı, ölçme sisteminin bölüm oranının tespiti şeklinde ve çalışma gerilimleri aralığının minimum ve maksimum gerilimlerinde, bu minimum ve maksimum değerler arasındaki yaklaşık olarak eşit aralıklı üç gerilim değerinde olmak üzere toplam beş gerilim değerinde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Yapımı gerçekleştirilen dirençsel tip referans gerilim bölücüsü ve darbe kayıt cihazının doğrusallık deneyi 50 kV ile 200 kV arasında HighVolt marka dirençsel gerilim bölücüsü ile karşılaştırılarak gerçekleştirilmiştir.

İlgili IEC 60060-2 standardına göre her ölçüm bölgesinde belirlenen bölüm oranının, toplam bölüm oranı ortalama değerlerinden \pm % 1'den fazla olmama şartı aranmaktadır [8]. Ölçüm sisteminin doğrusallığı, bölüm oranının belirlenmesi deneyinden elde edilen değerler kullanılarak belirlenmiştir. Değerlendirme sonuçları Tablo 7.23 ve Tablo 7.24'de verilmiştir. Yapılan değerlendirmeler ölçüm sisteminin doğrusallığının maksimum sapma miktarı Kanal-1 için % 0,5 ve Kanal-2 için % 0,6 olduğu belirlenmiştir. Buna göre, yapımı gerçekleştirilen darbe kaydedicisinin doğrusallığı ilgili deney sistemlerinin standardına göre uygundur.

Tablo 7.23: Yüksek Darbe Gerilim Ölçüm Sistemi Doğrusallık Deneyi _Kanal-1

Ortalama Deney Gerilimi (kV)	Ölçülen Değer (kV)	Ölçüm Noktasındaki Bölüm Oranı	Ölçüm Sisteminin Ortalama Bölüm Oranı	Sapma (%)
48,487	48,39	237,1	236,6	-0,2
100,59	100,62	236,6	236,6	0,0
150,40	150,84	235,9	236,6	0,3
170,19	170,36	236,4	236,6	0,1
200,52	200,87	236,2	236,6	0,2
-49,271	-49,59	235,1	236,6	0,5
-101,31	-101,04	237,2	236,6	-0,3
-149,97	-149,92	236,7	236,6	0,0
-170,37	-169,58	237,7	236,6	-0,4
-200,08	-199,53	237,3	236,6	-0,3
Maksimum (Mutlak)				0,5

Tablo 7.24: Yüksek Darbe Gerilim Ölçüm Sistemi Doğrusallık Deneyi _Kanal-2

Ortalama Deney Gerilimi (kV)	Ölçülen Değer (kV)	Ölçüm Noktasındaki Bölüm Oranı	Ölçüm Sisteminin Ortalama Bölüm Oranı	Sapma (%)
50,274	49,95	238,6	237,0	0,0
101,24	101,07	237,4	237,0	0,2
150,88	151,36	236,3	237,0	0,2
170,49	170,63	236,8	237,0	0,3
200,36	200,85	236,4	237,0	0,3
-49,323	-49,70	235,2	237,0	0,6
-101,22	-101,12	237,3	237,0	-0,1
-150,14	-150,37	236,6	237,0	0,1
-170,26	-169,66	237,9	237,0	-0,2
-200,44	-199,86	237,7	237,0	-0,1
Maksimum (Mutlak)				0,6

7.4. Yüksek Darbe Gerilim Ölçüm Sisteminin Dalga Şekli Etkisi Deneyi

Yüksek darbe gerilimlerini, ilgili standartlarda belirtilen dalga şekillerinde üretmek, numunelerin yük etkisi sebebiyle oldukça zor bir işlemdir. Bu nedenle ölçüm sistemlerinin farklı yüklerin etkisi sebebiyle bozulan ancak standartlarda belirtilen toleranslar içinde kalan farklı dalga şekillerinde de deneylerinin yapılması gerekmektedir. Elde edilen sapma değerleri, ölçüm belirsizliği hesaplamalarında gözönünde bulundurulmaktadır. Deneyde kullanılacak darbe şekilleri Tablo 7.25'te verilmiştir.

Tablo 7.25: Deneyi Yapılacak Dalga Şekilleri

Darbe Gerilim Tipi	Kısa Darbe	Standart Darbe	Uzun Darbe
Yıldırım Darbe (LI) T ₁ /T ₂	0,86 µs / 40 µs	1,2 µs / 50 µs	1,56 µs / 60 µs

Bu konu ile ilgili deneysel uygulama sonuçları Tablo 7.26 ile Tablo 7.31 arasındaki tablolarda verilmiştir. Standartlara göre gerçekleştirilen bu deneyde elde edilen verilere göre, gerilim bölücüsü ve kaydediciden oluşan ölçüm sisteminin dalga şekli etkisi:

* Kanal-1 için Kısa Darbe (0,86 μ s / 40 μ s) ile Standart Darbe (1,2 μ s / 50 μ s) arasında % 0,1,

* Kanal-1 için Uzun Darbe (1,56 μ s / 60 μ s) ile Standart Darbe (1,2 μ s / 50 μ s) arasında % 0,05,

* Kanal-2 için Kısa Darbe (0,86 μ s / 40 μ s) ile Standart Darbe (1,2 μ s / 50 μ s) arasında % 0,1,

* Kanal-2 için Uzun Darbe (1,56 μ s / 60 μ s) ile Standart Darbe (1,2 μ s / 50 μ s) arasında ise % -0,1 olarak belirlenmiştir.

Tablo 7.26: Kısa Süreli Darbeler için Dalga Şekli Etkisi Deneyi_Kanal 1

Darbe Tipi	Referans Ölçüm Sistemi			Deney Cismi			Sapma			Bölüm Oranı
	U _{ref} (kV)	T ₁ (μ s)	T ₂ (μ s)	U _{den} (V)	T ₁ (μ s)	T ₂ (μ s)	δ U (%)	δ T ₁ (%)	δ T ₂ (%)	
Kısa Süreli Darbe	200,48	0,8257	40,819	848,22	0,87	40,6	0,2	5,4	-0,5	236,4
	200,49	0,8297	40,790	849,32	0,87	40,6	0,4	4,9	-0,5	236,1
	200,47	0,8309	40,798	848,01	0,87	40,6	0,2	4,7	-0,5	236,4
	200,41	0,8364	40,856	848,86	0,89	40,5	0,3	6,4	-0,9	236,1
	200,47	0,8365	40,811	850,21	0,87	40,6	0,5	4,0	-0,5	235,8
	200,48	0,8312	40,779	849,20	0,87	40,6	0,4	4,7	-0,4	236,1
	200,49	0,8402	40,757	848,35	0,87	40,6	0,2	3,5	-0,4	236,3
	200,22	0,8356	40,821	848,31	0,87	40,5	0,4	4,1	-0,8	236,0
	200,41	0,8354	40,801	848,86	0,87	40,5	0,3	4,1	-0,7	236,1
	200,38	0,8385	40,847	848,48	0,89	40,4	0,3	6,1	-1,1	236,2
	-200,32	0,8424	40,887	-843,11	0,87	41,2	-0,3	3,3	0,8	237,6
	-200,48	0,8446	40,881	-843,28	0,87	41,1	-0,3	3,0	0,5	237,7
	-200,39	0,8421	40,879	-843,28	0,89	41,1	-0,3	5,7	0,5	237,6
	-200,44	0,8424	40,887	-842,98	0,87	41,1	-0,4	3,3	0,5	237,8
	-200,42	0,8442	40,882	-843,28	0,87	41,3	-0,3	3,1	1,0	237,7
	-200,49	0,8455	40,925	-843,28	0,87	41,2	-0,4	2,9	0,7	237,8
	-200,45	0,8440	40,875	-843,28	0,87	41,2	-0,3	3,1	0,8	237,7
	-200,43	0,8422	40,882	-843,28	0,89	41,2	-0,3	5,7	0,8	237,7
	-200,52	0,8440	40,915	-843,28	0,89	41,2	-0,4	5,5	0,7	237,8
	-200,38	0,8448	40,915	-843,28	0,87	41,2	-0,3	3,0	0,7	237,6
							ORTALAMA BÖLÜM ORANI			236,9

Tablo 7.27: Standart Süreli Darbeler için Dalga Şekli Etkisi Deneyi_Kanal 1

Darbe Tipi	Referans Ölçüm Sistemi			Deney Cismi			Sapma			Bölüm Oranı
	U _{ref} (kV)	T ₁ (µs)	T ₂ (µs)	U _{den} (V)	T ₁ (µs)	T ₂ (µs)	δU (%)	δT ₁ (%)	δT ₂ (%)	
Standart Süreli Darbe	200,52	1,1722	48,559	849,25	1,22	48,0	0,3	4,1	-1,2	236,1
	200,44	1,1755	48,497	848,55	1,24	47,9	0,2	5,5	-1,2	236,2
	200,55	1,1777	48,525	847,83	1,22	48,1	0,1	3,6	-0,9	236,5
	200,54	1,1720	48,552	849,13	1,24	48,1	0,2	5,8	-0,9	236,2
	200,60	1,1775	48,565	849,19	1,22	48,0	0,2	3,6	-1,2	236,2
	200,53	1,1756	48,576	848,83	1,22	48,2	0,2	3,8	-0,8	236,2
	200,50	1,1733	48,601	849,20	1,24	48,2	0,3	5,7	-0,8	236,1
	200,59	1,1743	48,607	850,32	1,22	48,1	0,4	3,9	-1,0	235,9
	200,37	1,1760	48,519	847,08	1,17	48,0	0,1	-0,5	-1,1	236,5
	200,60	1,1744	48,551	849,94	1,24	48,0	0,3	5,6	-1,1	236,0
	-199,47	1,1778	48,499	-843,25	1,20	48,6	0,1	1,9	0,2	236,5
	-200,27	1,1798	48,500	-843,28	1,19	48,7	-0,3	0,9	0,4	237,5
	-200,17	1,1787	48,537	-843,28	1,19	48,9	-0,3	1,0	0,7	237,4
	-200,29	1,1759	48,505	-843,28	1,20	48,7	-0,3	2,0	0,4	237,5
	-199,54	1,1802	48,499	-843,25	1,20	48,7	0,0	1,7	0,4	236,6
	-200,13	1,1783	48,507	-843,27	1,20	48,6	-0,2	1,8	0,2	237,3
	-200,25	1,1745	48,570	-843,28	1,20	48,7	-0,3	2,2	0,3	237,5
	-200,22	1,1734	48,530	-843,28	1,20	48,7	-0,3	2,3	0,4	237,4
	-200,18	1,1733	48,587	-843,28	1,22	48,9	-0,3	4,0	0,6	237,4
	-200,29	1,1765	48,554	-843,28	1,20	48,8	-0,3	2,0	0,5	237,5
							ORTALAMA BÖLÜM ORANI			236,7

Tablo 7.28: Uzun Süreli Darbeler için Dalga Şekli Etkisi Deneyi_Kanal 1

Darbe Tipi	Referans Ölçüm Sistemi			Deney Cismi			Sapma			Bölüm Oranı
	U_{ref} (kV)	T_1 (μ s)	T_2 (μ s)	U_{den} (V)	T_1 (μ s)	T_2 (μ s)	δU (%)	δT_1 (%)	δT_2 (%)	
Uzun Süreli Darbe	200,80	1,5635	59,353	850,33	1,64	58,1	0,3	4,9	-2,1	236,1
	200,94	1,5547	59,301	850,93	1,62	58,3	0,3	4,2	-1,7	236,1
	200,90	1,5492	59,328	850,93	1,62	58,1	0,3	4,6	-2,1	236,1
	200,90	1,5547	59,367	850,93	1,62	58,2	0,3	4,2	-2,0	236,1
	200,98	1,5546	59,358	850,93	1,60	58,2	0,3	2,9	-2,0	236,2
	200,89	1,5599	59,345	850,93	1,64	58,1	0,3	5,1	-2,1	236,1
	201,02	1,5533	59,335	850,93	1,60	58,1	0,3	3,0	-2,1	236,2
	200,88	1,5532	59,367	850,93	1,62	58,2	0,3	4,3	-2,0	236,1
	201,11	1,5645	59,299	850,93	1,62	58,2	0,2	3,5	-1,9	236,3
	201,02	1,5650	59,335	850,93	1,64	59,2	0,3	4,8	-0,2	236,2
	-200,19	1,5572	59,260	-843,28	1,60	59,3	-0,2	2,7	0,1	237,4
	-200,29	1,5541	59,226	-843,28	1,60	59,4	-0,3	3,0	0,3	237,5
	-200,33	1,5564	59,285	-843,28	1,62	59,3	-0,3	4,1	0,0	237,6
	-200,31	1,5546	59,273	-844,38	1,64	59,3	-0,2	5,5	0,0	237,2
	-200,46	1,5605	59,245	-843,28	1,60	59,4	-0,4	2,5	0,3	237,7
	-200,25	1,5588	59,272	-843,28	1,62	59,2	-0,3	3,9	-0,1	237,5
	-200,30	1,5597	59,245	-843,28	1,60	59,4	-0,3	2,6	0,3	237,5
	-200,31	1,5554	59,268	-843,28	1,60	59,4	-0,3	2,9	0,2	237,5
	-200,34	1,5557	59,277	-843,28	1,62	59,3	-0,3	4,1	0,0	237,6
	-200,24	1,5633	59,302	-843,28	1,60	59,3	-0,3	2,3	0,0	237,5
							ORTALAMA BÖLÜM ORANI			236,8

Tablo 7.29: Kısa Süreli Darbeler için Dalga Şekli Etkisi Deneyi_Kanal 2

Darbe Tipi	Referans Ölçüm Sistemi			Deney Cismi			Sapma			Bölüm Oranı
	U _{ref} (kV)	T ₁ (µs)	T ₂ (µs)	U _{den} (V)	T ₁ (µs)	T ₂ (µs)	δU (%)	δT ₁ (%)	δT ₂ (%)	
Kısa Süreli Darbe	201,44	0,7977	40,742	851,73	0,83	40,8	0,4	4,0	0,1	236,5
	201,46	0,8012	40,702	851,66	0,82	40,9	0,3	2,3	0,5	236,5
	201,53	0,8023	40,715	851,98	0,82	41,0	0,3	2,2	0,7	236,5
	201,55	0,7958	40,710	851,30	0,82	41,0	0,3	3,0	0,7	236,8
	201,28	0,8008	40,731	850,38	0,80	40,9	0,3	-0,1	0,4	236,7
	201,50	0,7977	40,687	850,81	0,82	40,9	0,2	2,8	0,5	236,8
	201,33	0,8001	40,776	851,57	0,80	41,0	0,4	0,0	0,5	236,4
	201,61	0,7978	40,685	851,70	0,83	40,9	0,3	4,0	0,5	236,7
	201,59	0,8009	40,666	851,65	0,83	41,0	0,3	3,6	0,8	236,7
	201,29	0,8013	40,795	851,80	0,83	40,8	0,4	3,6	0,0	236,3
	-200,63	0,8054	40,658	-842,34	0,82	41,4	-0,3	1,8	1,8	238,2
	-200,57	0,8033	40,654	-842,12	0,85	41,5	-0,3	5,8	2,1	238,2
	-200,59	0,8067	40,627	-842,53	0,83	41,4	-0,3	2,9	1,9	238,1
	-200,61	0,8047	40,658	-842,51	0,82	41,5	-0,3	1,9	2,1	238,1
	-200,54	0,8049	40,671	-842,73	0,83	41,5	-0,3	3,1	2,0	238,0
	-200,48	0,8065	40,663	-841,98	0,83	41,5	-0,3	2,9	2,1	238,1
	-200,53	0,8067	40,660	-842,32	0,83	41,4	-0,3	2,9	1,8	238,1
	-200,52	0,8054	40,632	-842,36	0,83	41,5	-0,3	3,1	2,1	238,0
	-200,56	0,8066	40,713	-842,34	0,83	41,6	-0,3	2,9	2,2	238,1
	-200,53	0,8030	40,717	-841,69	0,82	41,4	-0,4	2,1	1,7	238,2
							ORTALAMA BÖLÜM ORANI			237,4

Tablo 7.30: Standart Süreli Darbeler için Dalga Şekli Etkisi Deneyi_Kanal 2

Darbe Tipi	Referans Ölçüm Sistemi			Deney Cismi			Sapma			Bölüm Oranı
	U _{ref} (kV)	T ₁ (µs)	T ₂ (µs)	U _{den} (V)	T ₁ (µs)	T ₂ (µs)	δU (%)	δT ₁ (%)	δT ₂ (%)	
Standart Süreli Darbe	200,28	1,1687	48,629	847,43	1,15	48,6	0,3	-1,6	-0,1	236,3
	200,29	1,1770	48,642	848,63	1,15	48,6	0,4	-2,3	-0,1	236,0
	200,43	1,1787	48,605	848,40	1,14	48,6	0,4	-3,3	0,0	236,2
	200,33	1,1741	48,646	848,88	1,14	48,6	0,5	-2,9	-0,1	236,0
	200,35	1,1790	48,643	846,25	1,15	48,6	0,1	-2,5	-0,1	236,8
	200,37	1,1774	48,640	847,61	1,17	48,6	0,3	-0,6	-0,1	236,4
	200,29	1,1803	48,652	845,99	1,15	48,6	0,1	-2,6	-0,1	236,8
	200,39	1,1796	48,650	848,18	1,15	48,7	0,3	-2,5	0,1	236,3
	200,41	1,1803	48,635	846,25	1,15	48,7	0,1	-2,6	0,1	236,8
	200,44	1,1777	48,553	846,39	1,15	48,8	0,1	-2,4	0,5	236,8
	-200,36	1,1789	48,582	-842,57	1,17	49,2	-0,3	-0,8	1,3	237,8
	-200,42	1,1784	48,572	-843,13	1,17	49,1	-0,3	-0,7	1,1	237,7
	-200,35	1,1809	48,561	-843,39	1,19	49,1	-0,2	0,8	1,1	237,6
	-200,35	1,1809	48,561	-843,39	1,19	49,1	-0,2	0,8	1,1	237,6
	-200,48	1,1772	48,581	-843,32	1,19	49,0	-0,3	1,1	0,9	237,7
	-200,45	1,1778	48,554	-843,39	1,19	49,1	-0,3	1,0	1,1	237,7
	-200,49	1,1783	48,583	-843,41	1,17	49,1	-0,3	-0,7	1,1	237,7
	-200,50	1,1802	48,568	-843,40	1,17	49,1	-0,3	-0,9	1,1	237,7
	-200,52	1,1786	48,574	-843,27	1,17	49,1	-0,3	-0,7	1,1	237,8
	-200,52	1,1781	48,641	-843,00	1,17	49,1	-0,3	-0,7	0,9	237,9
							ORTALAMA BÖLÜM ORANI			237,1

Tablo 7.31: Uzun Süreli Darbeler için Dalga Şekli Etkisi Deneyi_Kanal 2

Darbe Tipi	Referans Ölçüm Sistemi			Deney Cismi			Sapma			Bölüm Oranı
	U _{ref} (kV)	T ₁ (µs)	T ₂ (µs)	U _{den} (V)	T ₁ (µs)	T ₂ (µs)	δU (%)	δT ₁ (%)	δT ₂ (%)	
Uzun Süreli Darbe	200,93	1,5585	59,218	850,82	1,65	58,5	0,4	5,9	-1,2	236,2
	200,84	1,5461	59,253	850,82	1,65	58,8	0,5	6,7	-0,8	236,1
	200,91	1,5601	59,242	850,82	1,64	58,6	0,4	5,1	-1,1	236,1
	200,93	1,5573	59,247	850,82	1,64	58,7	0,4	5,3	-0,9	236,2
	200,94	1,5593	59,312	850,82	1,65	58,9	0,4	5,8	-0,7	236,2
	201,02	1,5511	59,254	850,82	1,65	58,8	0,4	6,4	-0,8	236,3
	201,14	1,5600	59,261	850,82	1,64	58,8	0,3	5,1	-0,8	236,4
	201,07	1,5634	59,281	850,82	1,64	58,9	0,4	4,9	-0,6	236,3
	201,10	1,5602	59,257	850,82	1,62	58,9	0,3	3,8	-0,6	236,4
	201,02	1,5552	59,301	850,82	1,65	58,8	0,4	6,1	-0,8	236,3
	-200,21	1,5594	59,355	-843,42	1,60	60,0	-0,3	2,6	1,1	237,4
	-200,40	1,5586	59,350	-843,42	1,62	59,9	-0,4	3,9	0,9	237,6
	-200,35	1,5560	59,317	-843,42	1,62	59,9	-0,4	4,1	1,0	237,5
	-200,38	1,5580	59,361	-843,42	1,60	59,8	-0,4	2,7	0,7	237,6
	-200,39	1,5600	59,299	-843,42	1,59	59,8	-0,4	1,9	0,8	237,6
	-200,16	1,5541	59,342	-843,42	1,62	59,8	-0,3	4,2	0,8	237,3
	-200,41	1,5580	59,321	-843,42	1,57	59,8	-0,4	0,8	0,8	237,6
	-200,38	1,5591	59,307	-843,42	1,57	60,1	-0,4	0,7	1,3	237,6
	-200,39	1,5571	59,322	-843,42	1,60	59,9	-0,4	2,8	1,0	237,6
	-200,38	1,5577	59,312	-843,42	1,60	59,8	-0,4	2,7	0,8	237,6
							ORTALAMA BÖLÜM ORANI			236,9

7.5. Yüksek Darbe Gerilim Ölçüm Sisteminin Kesik Darbe Deneyi

Yüksek gerilim deneylerinde zaman zaman meydana gelen delinme olayları kesik darbeler ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu nedenle ölçüm sistemlerinin kesik darbe gerilim altındaki performanslarının da belirlenmiş olması gerekmektedir. Yapımı gerçekleştirilen ölçüm sisteminin kesik darbe deneyi, standart dalga formu ile cephe süresinde kesik darbe dalga şekli altında gerçekleştirilmiştir. İlgili deneyin genel deney sonuçlarına Tablo 7.32 ile Tablo 7.33’de yer verilmiştir. Bu ölçümler sonucunda elde edilen bölüm oranları karşılaştırılarak sapma miktarı tespit edilmiştir. Buna göre, kesik darbe deneyi etkisi, Kanal-1 için % 0,1 ve Kanal-2 için % 0,3 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 7.32: Kesik Darbe Deneyi_Kanal 1

Darbe Tipi	Referans Ölçüm Sistemi			Deney Cismi			Sapma			Bölüm Oranı
	U _{ref} (kV)	T ₁ (µs)	T ₂ (µs)	U _{den} (V)	T ₁ (µs)	T ₂ (µs)	δU (%)	δT ₁ (%)	δT ₂ (%)	
Kesikli Darbe	200,41	1,1911	15,739	850,63	1,25	15,5	0,4	4,9	-1,5	235,6
	200,37	1,1857	16,019	849,84	1,25	15,8	0,4	5,4	-1,4	235,8
	200,35	1,1902	15,916	848,71	1,20	15,7	0,2	0,8	-1,4	236,1
	200,39	1,1851	15,912	850,48	1,22	15,7	0,4	2,9	-1,3	235,6
	200,47	1,1907	15,878	850,86	1,25	15,7	0,4	5,0	-1,1	235,6
	200,33	1,1894	15,737	850,14	1,25	15,5	0,4	5,1	-1,5	235,6
	200,36	1,1890	15,729	849,90	1,22	15,5	0,4	2,6	-1,5	235,7
	200,42	1,1843	15,910	850,93	1,25	15,7	0,5	5,5	-1,3	235,5
	200,44	1,1856	15,935	848,60	1,20	15,7	0,2	1,2	-1,5	236,2
	200,45	1,1836	15,727	850,79	1,25	15,5	0,4	5,6	-1,4	235,6
	-200,19	1,1884	15,432	-843,27	1,19	15,2	-0,3	0,1	-1,5	237,4
	-200,46	1,1917	15,436	-843,27	1,22	15,2	-0,5	2,4	-1,5	237,7
	-200,03	1,1873	15,435	-843,21	1,20	15,2	-0,2	1,1	-1,5	237,2
	-200,56	1,1959	15,433	-843,24	1,20	15,2	-0,5	0,3	-1,5	237,8
	-200,39	1,1921	15,430	-843,25	1,20	15,2	-0,4	0,7	-1,5	237,6
	-200,39	1,1898	15,437	-843,28	1,20	15,2	-0,4	0,9	-1,5	237,6
	-200,31	1,1896	15,425	-843,28	1,20	15,2	-0,4	0,9	-1,5	237,5
	-200,35	1,1904	15,424	-843,28	1,19	15,2	-0,4	0,0	-1,5	237,6
	-200,07	1,1894	15,431	-843,26	1,22	15,2	-0,3	2,6	-1,5	237,3
	-200,28	1,1905	15,447	-842,97	1,20	15,2	-0,4	0,8	-1,6	237,6
ORTALAMA BÖLÜM ORANI										236,6

Tablo 7.33: Kesik Darbe Deneyi _Kanal 2

Darbe Tipi	Referans Ölçüm Sistemi			Deney Cismi			Sapma			Bölüm Oranı
	U _{ref} (kV)	T ₁ (µs)	T ₂ (µs)	U _{den} (V)	T ₁ (µs)	T ₂ (µs)	δU (%)	δT ₁ (%)	δT ₂ (%)	
Kesikli Darbe	200,52	1,1859	15,845	844,91	1,15	15,6	0,0	-3,0	-1,5	237,3
	200,46	1,1888	15,851	845,99	1,14	15,6	0,2	-4,1	-1,6	237,0
	200,37	1,1805	16,188	844,91	1,14	16,0	0,1	-3,4	-1,2	237,1
	200,35	1,1905	16,003	844,91	1,14	15,8	0,1	-4,2	-1,3	237,1
	200,44	1,1872	15,743	845,99	1,15	15,5	0,2	-3,1	-1,5	236,9
	200,43	1,1879	15,767	845,99	1,14	15,6	0,2	-4,0	-1,1	236,9
	200,35	1,1840	15,913	844,91	1,14	15,7	0,1	-3,7	-1,3	237,1
	200,42	1,1851	15,717	846,94	1,15	15,5	0,3	-3,0	-1,4	236,6
	200,44	1,1902	15,955	844,91	1,14	15,7	0,1	-4,2	-1,6	237,2
	200,32	1,1874	15,843	844,91	1,14	15,6	0,1	-4,0	-1,5	237,1
	-200,34	1,1881	15,444	-842,79	1,15	15,2	-0,1	-3,2	-1,6	237,7
	-200,35	1,1899	15,431	-843,11	1,15	15,2	-0,1	-3,4	-1,5	237,6
	-200,37	1,1883	15,419	-842,19	1,14	15,2	-0,2	-4,1	-1,4	237,9
	-200,40	1,1921	15,432	-843,15	1,14	15,2	-0,1	-4,4	-1,5	237,7
	-200,32	1,1875	15,423	-842,67	1,15	15,2	-0,2	-3,2	-1,4	237,7
	-200,35	1,1893	15,420	-843,12	1,15	15,2	-0,1	-3,3	-1,4	237,6
	-200,40	1,1865	15,429	-843,36	1,14	15,2	-0,1	-3,9	-1,5	237,6
	-200,38	1,1886	15,418	-843,35	1,15	15,2	-0,1	-3,2	-1,4	237,6
	-200,35	1,1898	15,431	-843,28	1,15	15,2	-0,1	-3,3	-1,5	237,6
	-200,42	1,1902	15,432	-843,30	1,15	15,2	-0,1	-3,4	-1,5	237,7
ORTALAMA BÖLÜM ORANI										237,4

7.6. Yüksek Darbe Gerilim Ölçüm Sisteminin Yüksek Gerilim Dayanım Deneyi

Ölçüm sisteminin IEC 60060-2 standardına göre, beyan edilen maksimum çalışma ölçme geriliminin % 110'luk bir seviyesindeki bir gerilimle gerçekleştirilen kuruda dayanım deneyini geçme şartı aranmaktadır. Yapımı gerçekleştirilen referans gerilim bölücüsünün pozitif ve negatif kutbilyette dayanım deneyi başarılı sonuçlanmıştır. Ölçüm sonuçlarına Tablo 7.34 ve Tablo 7.35'te yer verilmiştir.

Tablo 7.34: Dayanım Deneyi_Kanal 1

Referans Ölçüm Sistemi			
No	U _{ref} (kV)	T ₁ (µs)	T ₂ (µs)
1	220,69	1,25	49,1
2	220,67	1,25	49,2
3	220,69	1,25	49,1
4	220,67	1,25	49,2
5	220,67	1,25	49,3
6	220,69	1,25	49,1
7	220,69	1,24	49,1
8	220,67	1,25	49,2
9	220,69	1,25	49,1
10	220,67	1,25	49,2
ORT	220,68	1,25	49,16
1	-220,43	1,22	50,1
2	-220,43	1,22	50,1
3	-220,69	1,22	49,7
4	-220,69	1,25	49,8
5	-220,43	1,20	50,1
6	-220,43	1,24	50,0
7	-220,43	1,25	50,1
8	-220,69	1,22	49,8
9	-220,43	1,22	50,1
10	-220,69	1,25	49,8
ORT	-220,53	1,23	49,96

Tablo 7.35: Dayanım Deneyi_Kanal 2

Referans Ölçüm Sistemi			
No	U_{ref} (kV)	T₁ (μs)	T₂ (μs)
1	220,78	1,24	49,9
2	220,73	1,25	49,9
3	220,83	1,25	49,8
4	220,83	1,27	49,8
5	220,83	1,27	49,8
6	220,73	1,25	49,9
7	220,83	1,25	49,8
8	220,83	1,27	49,8
9	220,78	1,24	49,9
10	220,73	1,25	49,9
ORT	220,79	1,25	49,85
1	-220,06	1,22	50,5
2	-220,00	1,27	50,6
3	-220,05	1,27	50,7
4	-219,91	1,17	50,7
5	-220,05	1,17	50,6
6	-220,00	1,17	50,2
7	-220,06	1,22	50,1
8	-220,05	1,17	50,7
9	-220,06	1,25	50,7
10	-220,06	1,25	50,6
ORT	-220,03	1,22	50,54

7.7. Yüksek Darbe Gerilim Ölçüm Sisteminin Sıcaklık Etkisi Deneyi

IEC 60060-2 standardına göre darbe yüksek gerilim ölçüm sisteminin sıcaklık etkisi, ortam sıcaklığındaki değişimlerden dolayı ölçüm sisteminin bölüm oranındaki veya bir parametresindeki (örneğin, direnç veya kapasitans) değişiklikler, ölçüm sisteminde kullanılan her devre elemanın sıcaklık katsayıları kullanılarak hesaplaması ile veya farklı sıcaklıklarda ölçmeler yapılarak belirlenmektedir. Ölçüm sisteminin kullanıldığı ortamların sıcaklık değişimleri sonucu ölçüm sistemine ait bölüm oranının değişiminin \pm % 1 içerisinde olma koşulu aranmaktadır. Bu çalışmada, yapımı gerçekleştirilen referans gerilim bölücüsünün yüksek gerilim kolundaki 1. Modül ve 2. Modül ile uyumlaştırıcı empedansla birlikte bölücünün alçak gerilim kolunu oluşturan modül tek başlarına özel sıcaklık kabini içinde farklı sıcaklıklarda direnç değerleri tespit edilmiştir. Deney sıcaklıkları 14-18-22-26-30 °C olarak seçilmiştir. Modüllerin direnç ölçümleri belirtilen sıcaklıklarda gerçekleştirilmiş ve elde edilen değerler Tablo 7.36'da gösterilmiştir. Deney sonuçlarından elde edilen değerlere göre, referans gerilim bölücüsünün 14°C-30°C arasında ve laboratuvar ortamlarında kullanılması durumunda sıcaklıktan gelen etki, bölüm oranlarının elde edilen değerlerin ortalamasına göre değerlendirilmiştir. Sıcaklık değişiminin neden olduğu direnç değişiminin etkisiyle bölücünün bölüm oranının değişimi incelenmiştir. Bu deney sonucunda sıcaklık etkisinin bölüm oranı üzerindeki etkisi incelendiği gibi aynı zamanda teorik hesaplama metoduyla bulunan bölüm oranının deneyler sonucu elde edilen bölüm oranıyla uyumlu olduğu gözlenmiştir. Sıcaklık etkisi deneylerinin gerçekleştirildiği kabin ve ölçüm düzeneğine Şekil 164 ve Şekil 165'te yer verilmiştir. Referans gerilim bölücüsünün kullanılacağı ortamın sıcaklığının 22 ± 1 °C olacağı göz önünde bulundurularak, Tablo 7.36'daki ölçüm sonuçlarından, 22 °C'deki bölüm oranı değeri, referans bölüm oranı olarak kabul edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre sıcaklık değişimindeki en büyük sapma % 0,07 olduğundan, ölçüm sisteminden gelen sıcaklık etkisi % 0,07 olarak kabul edilmiştir. Yapımı gerçekleştirilen ölçüm sisteminin sıcaklık etkisi, IEC 60060-2 standardına göre uygundur [2].

Tablo 7.36: Sıcaklık Etkisi Deneyi

Sıcaklık (°C)	YG Modül-1 R_1	YG Modül-2 R_2	AG Modülü ve Uyumlaştırıcı Empedans R_3	Toplam $R_1+R_2+R_3$	Bölüm Oranı $\frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_3}$	Referansa Göre Bölüm Oranındaki Sapma
	(k Ω)	(k Ω)	(k Ω)	(k Ω)		(%)
14	4,364365	4,458365	0,03750	8,860230	236,273	0,07
18	4,364650	4,458417	0,03752	8,860587	236,156	0,02
22 (Referans Nokta)	4,364753	4,458586	0,03753	8,860869	236,101	0,00
26	4,364953	4,458654	0,03754	8,861147	236,045	-0,02
30	4,365100	4,458992	0,03756	8,861652	235,933	-0,07



Şekil 7.3: Gerilim Bölücüsü Modülünün Sıcaklık Kabinindeki Görünümü



Şekil 7.4: Referans Gerilim Bölücüsünün Sıcaklık Etkisi Deneyi

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yüksek gerilim tekniğinde duyarlı ölçmelerin yapılabilmesi için en temel unsur, gerilim bölücünün zaman ve gerilim değişimi ile birlikte çok az sapma gösteren çevirme oranına sahip olmasıdır. Darbe voltmetreleri darbe gerilim ölçümlerinde kullanmak yeterli olmamaktadır çünkü darbe ölçümlerinde zaman parametrelerini ölçememektedirler. Standart osiloskoplar ile darbe gerilim ölçümlerinde genlik ve zaman parametrelerinin ölçülmesi mümkündür, fakat kullanıcı genlik ve zaman parametrelerini bulurken osiloskobun kaydettiği işaret üzerinde genlik ve zaman ayar düğmelerini elle hareket ettirerek genlik ve zaman parametrelerini olduğu noktaları belirler ve çeşitli matematiksel işlemleri yaptıktan sonra işaretin genlik ve zaman değerlerini hesaplar. Bu yöntem uzun zaman alan ve hataya açık bir yöntemdir. Bu tez çalışmasında yapılan ölçüm sistemi; darbe yüksek gerilim ölçümleri için en ideal cihazdır. Diğer sistemlerde kullanıcının yaptığı ölçme ve hesaplamaları özel olarak hazırlanmış olan yazılım otomatik olarak yaptığından kullanıcı kaynaklı hatalar oluşmaz. Ayrıca ölçüm sonuçları daha hızlı hesaplanır ve otomatik olarak kayıt altına alınır. Tez sonunda yapılmış olan ölçüm cihazının muadili cihazlar yalnızca yurt dışında üretiliyor olmaktadır ve fiyatının çok yüksek olması sebebiyle orta ve küçük ölçekli üreticiler için temin edilememektedir. Bu sebeple firmalar yanlış, eksik veya kaba ölçümler yaptıklarından dolayı kaliteli üretim yapamamaktadırlar. Tez sonunda yapılacak bu cihaz yerli üretim olması, uygun fiyatı, doğru ve hızlı ölçüm yapabilme özelliğiyle üreticilere büyük fayda sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Ryan, H. M., “High-Voltage Engineering and Testing”, *Institution of Electrical Engineers Publication*, Wiltshire. 2001.
- [2] Kuffel, E., Zaengl, W. S. and Kuffel J., “High-Voltage Engineering Fundamentals”, *Newnes*, Toronto. 2000.
- [3] Schwarz, H., “Megavolts In Cottbus”, *Energiewirtschaft u. Technik*, Essen. 1999.
- [4] Cavallus, N. H., “High Voltage Laboratory Planning”, *Haefely*, Basel. 1988.
- [5] Kind, D. and Feser, K., “High-Voltage Test Techniques”, *Vieweg/SBA Publications*, New Delhi. 1999.
- [6] IEC 60060-1. “High-voltage test techniques”, Part:1 General definitions and test requirements
- [7] Özkaya, M., “Yüksek Gerilim Tekniği”, Cilt 1, *Birsen Yayınevi*, İstanbul. 1996.
- [8] EN 60060-2. “High-Voltage Test Techniques”, Part:2 Measuring systems, European Standards.
- [9] Lucas, J. R., “High-Voltage Engineering”, *Department of Electrical Engineering of University of Moratuwa Publications*, Sri Lanka. 2001.
- [10] Özkaya, M., “Yüksek Gerilim Tekniği”, Cilt 2, *Birsen Yayınevi*, İstanbul. 1996.
- [11] Naidu, M. S. and Kamaraju, V., “High-Voltage Engineering”, *McGraw-Hill*, New York. 1995.
- [12] Cavallus, N. H., “The Measurement of High Impulse Voltages and Currents”, *SP Swedish National Testing and Research Institute*, Boras-Sweden, 2004.
- [13] Merev, A. “Darbe Yüksek Gerilim Ölçümleri Eğitim Dokümanı”, *TÜBİTAK UME Yüksek Gerilim Grubu Laboratuvarları*, Kocaeli, 2010.
- [14] Hallström, J., Chekurov, J. “Damped Capacitive Divider for Measurement of Lightning Impulse Voltages in the range 1 kV-10 kV” *Helsinki University of Technology, High Voltage Institute, Report No: TKK-SJT-51*, Espoo, Finland, 2001.

EKLER

Programlanabilir Ölçüm Kartı Bağlantı ve Kontrol Sağlayan Program

```
Option Explicit
Dim ps3000_handle As Integer
Dim ayar1 As Integer
Dim ayar2 As Integer
Dim ayar3 As Integer
Dim ayar4 As Integer
Dim ayar5 As Integer
Dim ayar6 As Integer
Dim ayar7 As Integer
Dim ayar8 As Integer
Dim userexit As Boolean
Dim time_interval As Long
Dim time_units As Integer
Dim oversample As Integer
Dim time_indisposed As Long
Dim timebase As Integer
Dim no_of_samples As Integer
Dim max_samples As Long
Dim overflow As Integer
Dim time_indisposed_ms As Long
Dim verivar As Integer
Dim kesme As Boolean
Dim i As Long
Dim buffer_a(200000) As Integer
Dim buffer_b(200000) As Integer
Dim buffer_c(100) As Integer
Dim buffer_d(100) As Integer
Dim voltage_range(9) As Integer
Dim no_of_values As Integer
Dim ok As Long
Dim times(200000) As Long
Dim volts_a As Long
Dim volts_b As Single
Dim volts_range As Long
Dim time_a As Long
Dim mv_a As Integer
Dim mv_b As Integer
Dim direction As Integer
Dim time_base As Integer
Dim time_carpan As Integer
```

```

Dim channel_1 As Integer
Dim channel_2 As Integer
Dim channel As Integer
Dim mesage As Integer
Dim alreadyopen As Integer
Dim aktive_channel As Integer
Dim bolumorani_ch1 As Double
Dim bolumorani_ch2 As Double
Private Sub Command3_Click()
kesme = True
End Sub
Private Sub Combo2_DropDown()
Combo2.Clear
bolumorani_ch1 = Text1
Combo2.AddItem "" & 5 * bolumorani_ch1 / 1000 & " kV", 0
Combo2.AddItem "" & 10 * bolumorani_ch1 / 1000 & " kV", 1
Combo2.AddItem "" & 25 * bolumorani_ch1 / 1000 & " kV", 2
Combo2.AddItem "" & 50 * bolumorani_ch1 / 1000 & " kV", 3
Combo2.AddItem "" & 100 * bolumorani_ch1 / 1000 & " kV", 4
Combo2.AddItem "" & 250 * bolumorani_ch1 / 1000 & " kV", 5
Combo2.AddItem "" & 500 * bolumorani_ch1 / 1000 & " kV", 6
Combo2.AddItem "" & 1000 * bolumorani_ch1 / 1000 & " kV", 7
Combo2.ListIndex = 0
End Sub
Private Sub Combo3_DropDown()
Combo3.Clear
bolumorani_ch2 = Text2
Combo3.AddItem "" & 5 * bolumorani_ch2 / 1000 & " kV", 0 '3
Combo3.AddItem "" & 10 * bolumorani_ch2 / 1000 & " kV", 1 '4
Combo3.AddItem "" & 25 * bolumorani_ch2 / 1000 & " kV", 2 '5
Combo3.AddItem "" & 50 * bolumorani_ch2 / 1000 & " kV", 3 '6
Combo3.AddItem "" & 100 * bolumorani_ch2 / 1000 & " kV", 4 '7
Combo3.AddItem "" & 250 * bolumorani_ch2 / 1000 & " kV", 5 '8
Combo3.AddItem "" & 500 * bolumorani_ch2 / 1000 & " kV", 6 '9
Combo3.AddItem "" & 1000 * bolumorani_ch2 / 1000 & " kV", 7 '10
Combo3.ListIndex = 0
End Sub
Private Sub Form_Load()
'buffer'daki genlik verisini range ile çarpmak için bu dönüşüm yapılmalıdır.
voltage_range(0) = 100
voltage_range(1) = 200
voltage_range(2) = 500
voltage_range(3) = 1000
voltage_range(4) = 2000
voltage_range(5) = 5000
voltage_range(6) = 10000
voltage_range(7) = 20000

```

```

'Channel sec
Combo1.AddItem "OFF", 0 '0
Combo1.AddItem "ON", 1 '1
Combo1.ListIndex = 0
Combo6.AddItem "OFF", 0 '0
Combo6.AddItem "ON", 1 '1
Combo6.ListIndex = 0
'ChannelA
Combo2.AddItem "5V", 0
Combo2.AddItem "10V", 1
Combo2.AddItem "25V", 2
Combo2.AddItem "50V", 3
Combo2.AddItem "100V", 4
Combo2.AddItem "250V", 5
Combo2.AddItem "500V", 6
Combo2.AddItem "1000V", 7
Combo2.ListIndex = 0
'ChannelB
Combo3.AddItem "5V", 0
Combo3.AddItem "10V", 1
Combo3.AddItem "25V", 2
Combo3.AddItem "50V", 3
Combo3.AddItem "100V", 4
Combo3.AddItem "250V", 5
Combo3.AddItem "500V", 6
Combo3.AddItem "1000V", 7
Combo3.ListIndex = 0
'Polarite
Combo4.AddItem "Positive", 0
Combo4.AddItem "Negative", 1
Combo4.ListIndex = 0
'Impulse Type
Combo5.AddItem "LI", 0
Combo5.AddItem "SI", 1
Combo5.ListIndex = 0
'Açılırken bölüm oranı otomatik olarak yazılır
Dim sFileText As String
Dim iFileNo As Integer
iFileNo = FreeFile
Open "c:\IVAS\bolumorani_ch1.txt" For Input As #iFileNo
'form açılırken text dökümanındaki rakam okunur ve ekrana yazılır
Input #iFileNo, sFileText
bolumorani_ch1 = sFileText
Text1 = bolumorani_ch1 / 1000
Close #iFileNo
iFileNo = FreeFile
Open "c:\IVAS\bolumorani_ch2.txt" For Input As #iFileNo
'form açılırken text dökümanındaki rakam okunur ve ekrana yazılır

```



```

Input #iFileNo, sFileText
bolumorani_ch2 = sFileText
Text2 = bolumorani_ch2 / 1000
Close #iFileNo
End Sub
Private Sub Open_Click()
baslangic:
'Polarite seciminin kontrolu, threshold'un yönü direction carpanıyla degistirilir.
If Combo4.ListIndex = 0 Then
direction = 1
End If
If Combo4.ListIndex = 1 Then
direction = -1
End If
channel_1 = Combo1.ListIndex * 2
'Kanal1 secimi 2 ile carpılarak,Kanal2 verisiyle toplanarak kombinasyon belirlenir.
channel_2 = Combo6.ListIndex
channel = channel_1 + channel_2
Select Case channel
'Kombinasyon'a göre elde edilen toplama göre hangi kanalın aktif oldugunu kartın
anliyabilecegi sayılara dönüştürülür.
Case 2: aktive_channel = 0
Case 1: aktive_channel = 1
Case 3: aktive_channel = 2
Case 0: aktive_channel = 3
End Select
If aktive_channel = 3 Then
message = MsgBox("Lütfen bir kanal seçiniz!", 0 + 48, "Warning!")
Exit Sub
End If
If alreadyopen = 1 Then
'alreadyopen olarak tanımlanan degisken sistem ilk çalıştığında (0)'dır
message = MsgBox("ps3000 already open", 0 + 48, "Warning!")
Exit Sub 'dongu_dongu alt programında 1'e çekilir
End If

'1.asama =Ölçüm kartı ile bağlantı kurma
ps3000_handle = ps3000_open_unit()
dongu_dongu:
verivar = 0
kesme = False
alreadyopen = 1

'2.asama=Kartın Aktif Kanal Seçimi,Polarite Seçimi,Range Ayarı,Threshold
Ayarı,AC/DC Seçimi bu asamada yapılır.
If aktive_channel = 0 Then 'CH1 secilmis ise bu kısım çalışır.
ayar1 = ps3000_set_channel(ps3000_handle, aktive_channel, True, True,
Combo2.ListIndex + 3)

```

```

'100mV=3 200mV=4 500mV=5 1V=6 2V=7 5V=8 10V=9 20V=10
ayar2 = ps3000_set_trigger(ps3000_handle, aktive_channel, 16384 * direction,
Combo4.ListIndex, -10, 0)
End If
If aktive_channel = 1 Then 'CH2 secilmis ise bu kısım çalışır.
ayar1 = ps3000_set_channel(ps3000_handle, aktive_channel, True, True,
Combo3.ListIndex + 3)
100mV=3 200mV=4 500mV=5 1V=6 2V=7 5V=8 10V=9 20V=10
ayar2 = ps3000_set_trigger(ps3000_handle, aktive_channel, 16384 * direction,
Combo4.ListIndex, -10, 0)
End If
If aktive_channel = 2 Then 'CH1 ve CH2 secilmis ise bu kısım çalışır.
ayar1 = ps3000_set_channel(ps3000_handle, 0, True, True, Combo2.ListIndex + 3)
ayar7 = ps3000_set_channel(ps3000_handle, 1, True, True, Combo3.ListIndex + 3)
ayar2 = ps3000_set_trigger(ps3000_handle, 0, 16384 * direction, Combo4.ListIndex,
-10, 0)
ayar8 = ps3000_set_trigger(ps3000_handle, 1, 16384 * direction, Combo4.ListIndex,
-10, 0)
End If

'3.asama=LI ve SI seçimi için timebase'e girilecek verinin kartın manualindeki değere
dönüşümü
Select Case Combo5.ListIndex
Case 0: time_base = 1
Case 1: time_base = 7
End Select
Select Case time_base
Case 1: time_carpan = 1
Case 7: time_carpan = 64 'gercek deger 0.64
End Select

'4.asama= timebase,örnekleme sayısı
ayar3 = ps3000_get_timebase(ps3000_handle, time_base, 10000, time_interval,
time_units, 1, max_samples)

'5.asama= örnekleme sayısı,timebase,oversample,time_indisposed_ms
ayar4 = ps3000_run_block(ps3000_handle, 10000, time_base, 1,time_indisposed_ms)

'6.asama=Darbe gelinceye kadar döngüde kalır.
Do
verivar = ps3000_ready(ps3000_handle)
If verivar = 1 Then
Exit Do
End If
If kesme = True Then
Exit Do
End If
DoEvents

```

```
Loop
ps3000_stop (ps3000_handle)
```

```
'7.asama=zaman ve genlik bilgilerini text dökümanına yazma aşaması.
ok = ps3000_get_times_and_values(ps3000_handle, times(0), buffer_a(0),
buffer_b(0), buffer_c(0), buffer_d(0), overflow, 2, 10000)
Dim sFileText As String
Dim iFileNo As Integer
iFileNo = FreeFile
```

```
Open "c:\IVAS\Channel_A.txt" For Output As #iFileNo
For i = 1 To 10000
mv_a = voltage_range(Combo2.ListIndex)
volts_a = (buffer_a(i))
volts_range = volts_a * mv_a
time_a = i * time_carpan
Print #iFileNo, time_a, volts_range
Next
Close #iFileNo
```

```
iFileNo = FreeFile
Open "c:\IVAS\Channel_B.txt" For Output As #iFileNo
For i = 1 To 10000
mv_b = voltage_range(Combo3.ListIndex)
volts_a = (buffer_b(i))
volts_range = volts_a * mv_b
time_a = i * time_carpan
```

```
Print #iFileNo, time_a, volts_range
Next
Close #iFileNo
GoTo dongu_dongu
End Sub
```

```
Private Sub Close_Click()
ps3000_close_unit (ps3000_handle)
List1.Clear
List1.AddItem ("Osiloskop kapandi")
ps3000_handle = 0
alreadyopen = 0
End Sub
```

```
Private Sub Form_Initialize()
ps3000_handle = 0
alreadyopen = 0
End Sub
```

```
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
Dim sFileText As String
Dim iFileNo As Integer
iFileNo = FreeFile
Open "c:\IVAS\bolumorani_ch1.txt" For Output As #iFileNo
bolumorani_ch1 = Text1
Print #iFileNo, bolumorani_ch1 * 1000
Close #iFileNo

iFileNo = FreeFile
Open "c:\IVAS\bolumorani_ch2.txt" For Output As #iFileNo
bolumorani_ch2 = Text2
Print #iFileNo, bolumorani_ch2 * 1000
Close #iFileNo

Call ps3000_close_unit(ps3000_handle)
ps3000_handle = 0
alreadyopen = 0
End Sub
```

Genlik ve Zaman Parametrelerinin Hesaplanması, Grafik çizimi, Sonuçların Kaydı ve Raporlanmasını Gerçekleştiren Program

```
function darbe1_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
global counter;
counter=0;
start_icon = importdata('D:\start_icon.jpg');
set(handles.button_start,'CDATA',start_icon);
stop_icon = importdata('D:\stop_icon.jpg');
set(handles.button_hold,'CDATA',stop_icon);
newproject_icon = importdata('D:\newproject_icon.jpg');
set(handles.pushbutton12,'CDATA',newproject_icon);
print_icon = importdata('D:\print_icon.jpg');
set(handles.pushbutton13,'CDATA',print_icon);
showresults_icon = importdata('D:\showresults_icon.jpg');
set(handles.pushbutton18,'CDATA',showresults_icon);
folder_icon = importdata('D:\folder_icon.jpg');
set(handles.pushbutton15,'CDATA',folder_icon);
savescreen_icon = importdata('D:\savescreen_icon.jpg');
set(handles.pushbutton11,'CDATA',savescreen_icon);
settings_icon = importdata('D:\settings_icon.jpg');
set(handles.pushbutton16,'CDATA',settings_icon);
info_icon = importdata('D:\info_icon.jpg');
set(handles.pushbutton14,'CDATA',info_icon);
reset_icon = importdata('D:\reset_icon.jpg');
set(handles.pushbutton17,'CDATA',reset_icon);
zoom_in_icon = importdata('D:\zoom_in_icon.jpg');
set(handles.pushbutton19,'CDATA',zoom_in_icon);
zoom_out_icon = importdata('D:\zoom_out_icon.jpg');
set(handles.pushbutton20,'CDATA',zoom_out_icon);
hand_on_icon = importdata('D:\hand_on_icon.jpg');
set(handles.pushbutton21,'CDATA',hand_on_icon);
function button_hold_Callback(hObject, eventdata, handles)
global holdbutton;
global counter;
holdbutton=0;
counter=0;
function button_start_Callback(hObject, eventdata, handles)
global dosya_yolu2;
global dosya_ismi2;
global counter;
if counter==0;
polarite=get(handles.popup_polarite,'value');
if polarite==1;
xx = [1:1:10000]; %5000 den 10000 e çıkartıldı
yy=[1:1:10000]/20000;%5000 den 10000 e çıkartıldı
zz=[xx;yy];
```

```

fid = fopen('D:\Channel_A.txt', 'w');
fprintf(fid, '%6.0f %6.0f \r\n', zz);
fclose(fid);
end;

if polarite==2;
xx = [1:1:10000];
yy=[1:1:10000]/-20000;
zz=[xx;yy];

fid = fopen('D:\Channel_A.txt', 'w');
fprintf(fid, '%6.0f %6.0f \r\n', zz);
fclose(fid);
end;

if polarite==1;
xx = [1:1:10000];
yy=[1:1:10000]/20000;
zz=[xx;yy];

fid = fopen('D:\Channel_B.txt', 'w');
fprintf(fid, '%6.0f %6.0f \r\n', zz);
fclose(fid);
end;

if polarite==2;
xx = [1:1:10000];
yy=[1:1:10000]/-20000;
zz=[xx;yy];

fid = fopen('D:\Channel_B.txt', 'w');
fprintf(fid, '%6.0f %6.0f \r\n', zz);
fclose(fid);
end;
end;

counter=counter+1;
global holdbutton;
holdbutton=1;
polarite=get(handles.popup_polarite,'value');
imp_type=get(handles.popup_imp_type,'value');
channel1=get(handles.popup_ch1,'value');
channel_2=get(handles.popup_ch2,'value');
channel2=2*channel_2;
channel1_2=channel1+channel2;
if channel1_2==3;
msgbox('Lütfen Bir Kanal Seçiniz!!!','Uyarı','warn') ;
end;

```

```

%%%%%%%%%%KANAL_A %%%%%%%%%%%
if channel_2==4 ;
set(handles.text_durum,'string','System Active.Waiting for trigger');
%burada sürekli excel dosyasını dönüp dönüp okuyacak
%%%%%%%%%% DÖNGÜ %%%%%%%%%%%
pause(0.0001);
set(handles.text_durum,'string','Calculating Data..... ');
%Text dosyası değiştiyse hesaplamaya başlayacak.
pause(2);
k=str2double(get(handles.ratio1,'string'));
a=textread('D:\Channel_A.txt'); %dosyadan verileri alma işlemi
if polarite==1;
x=a(1:10000,1)*0.01;
y_first=a(1:10000,2)/32768000;
%BUTTERWORTH 1MHZ LOW PAST FİLTRE
[bb,aa]=butter(1,0.2,'low');
y=filtfilt(bb,aa,y_first);
% _____
u=max(y); %peak voltajı bulma işlemi
if imp_type==1 ; %LI seçiliyken yapılacak hesaplamalar
peak_voltage=u*k; %bölüm oranıyla peak gerilimi çarpma
yuzdeon=u*0.1; %genliğim %10 değeri
yuzdeotuz=u*0.3; %genliğim %30 değeri
yuzdeelli=u*0.5; %genliğim %50 değeri
yuzdedoksan=u*0.9; %genliğim %90 değeri
end;
if imp_type==2 ; %SI seçiliyken yapılacak hesaplamalar
peak_voltage=u*k; %bölüm oranıyla peak gerilimi çarpma
yuzdeon=u*0.05; %genliğim %10 değeri
yuzdeotuz=u*0.05 ; %programda büyük değişiklik yapmamak için darbe başlangıç
% süresini yine "yuzdeotuz" olarak tanımladım.
yuzdeelli=u*0.5; %genliğim %50 değeri
yuzdedoksan=u ;
end ;
%T1'i bulma aşaması başladı.
t11=0; %matris içindeki %30 değerini bulmak için sayaç oluşturuldu.
r=y(1,1);
while r<yuzdeotuz;
t11=t11+1 ; % sayacın matriste yakaladığı değer t11'dir
r=y(t11,1);
end;
t12=0 ; %matris içindeki %90 değerini bulmak için sayaç oluşturuldu.
r=y(1,1);
while r<yuzdedoksan;
t12=t12+1 ; % sayacın matriste yakaladığı değer t12'dir
r=y(t12,1);
end;

```

```

tx12=x(t12,1);
tx11=x(t11,1) ;
if imp_type==1 ;
T1=(tx12-tx11)*1.67;
end;
if imp_type==2 ;
T1=(tx12-tx11);
end;
%T1'i bulma aşaması bitti.
%T2'yi bulma aşaması başladı.
t21=0;
r=y(1,1);
while r<yuzdeon;
t21=t21+1;
r=y(t21,1);
end;
t22=10000;
r=y(10000,1);
while r<yuzdeelli;
t22=t22-1;
r=y(t22,1);
end
tx21=x(t21,1);
tx22=x(t22,1);
T2=(tx22-tx21);
if peak_voltage<0.0001;
peak_voltage=0;
T1=0;
T2=0;
end ;
peak_voltage_screen=sprintf('%0.3f',peak_voltage/1000);
T1_screen=sprintf('%0.3f',T1);
T2_screen=sprintf('%0.2f',T2);
set(handles.text_tepe,'string',peak_voltage_screen);
set(handles.text_t1,'string',T1_screen);
set(handles.text_t2,'string',T2_screen);
plot (x,y*(k/1000));
xlabel('Time');
ylabel('Voltage');
title('Impulse Response');
grid on;
if imp_type==2;
axis([min(x) max(x) min(y*(k/1000)) max(y*(k/1000))]);
end;
set(handles.text_tepe2,'string',0);
set(handles.text_t1_2,'string',0);
set(handles.text_t2_2,'string',0);
set(handles.text_durum,'string','System Active.Waiting for trigger');

```



```

%Counter'a yazdırma işlemi
set(handles.text_counter,'string',(counter-1));
%%%%%%%%%%DATA KAYIT KISMI%%%%%%%%%%
main_counter=textread('D:\Counter.txt');
main_counter=main_counter+1;
fid = fopen('D:\Counter.txt', 'w');
%'a' bir önceki datanın altına yazar.'w' son datanın üstüne yazar.
fprintf(fid, '%0.0f\n', main_counter);
fclose(fid);
set(handles.text_main_counter,'string',main_counter);
if dosya_ismi2~=0;
zz=[main_counter peak_voltage/1000 T1 T2 0 0 0];
fid = fopen(strcat(dosya_yolu2,dosya_ismi2), 'a');
fprintf(fid, 'Impulse
No:\t%0.0f\tU_ch1:\t%0.3f\tkV\tT1_ch1:\t%0.3f\tµs\tT2_ch1:\t%0.2f\tµs\tU_ch2:\t%
0.3f\tkV\tT1_ch2:\t%0.3f\tµs\tT2_ch2:\t%0.2f\tµs \r\n', zz);
fclose(fid);
end;
%Döngü alt programı darbenin gelip gelmediğini kontrol etmek için
% sürekli text dosyasını kontrol eder.
g=a;
xxx=isequal(a,g);
while xxx==1;
pause (1);
if holdbutton==0;
set(handles.text_durum,'string','System Hold.Press Start Button');
break;
end;
set(handles.text_durum,'string','System Active.Wating for trigger');
g=textread('D:\Channel_A.txt');
xxx=isequal(a,g);
end;
if xxx==0;
button_start_Callback(hObject, eventdata, handles);
end;
end;

if polarite==2;
x=a(1:10000,1)*0.01;
y_first=a(1:10000,2)/-32768000;
% BUTTERWORTH 1MHZ LOW PAST FİLTER
[bb,aa]=butter(1,0.05,'low');
y=filtfilt(bb,aa,y_first);
% _____
u=max(y); % maksimum gerilimi bulma işlemi
if imp_type==1 ; % LI seçiliyken yapılacak hesaplamalar
peak_voltage=u*k; % bölüm oranıyla maksimum gerilimi çarpma
yuzdeon=u*0.1; % genliğin %10 değeri

```

```

yuzdeotuz=u*0.3;    %genliğin %30 değeri
yuzdeelli=u*0.5;    %genliğin %50 değeri
yuzdedoksan=u*0.9; %genliğin %90 değeri
end ;

if imp_type==2 ;    %SI seçiliyken yapılacak hesaplamalar
peak_voltage=u*k;  %bölüm oranıyla maksimum gerilimi çarpma
yuzdeon=u*0.05;    %genliğin %10 değeri
yuzdeotuz=u*0.05 ;

yuzdeelli=u*0.5;    %genliğin %50 değeri
yuzdedoksan=u ;
end ;

%T1'i bulma aşaması başladı
t11=0;              %matris içindeki %30 değerini bulmak için sayaç oluşturuldu.
r=y(1,1);
while r<yuzdeotuz;
t11=t11+1 ;        % sayacın matriste yakaladığı değer t11'dir
r=y(t11,1);
end;
t12=0 ;            %matris içindeki %90 değerini bulmak için sayaç oluşturuldu.
r=y(1,1);
while r<yuzdedoksan;
t12=t12+1 ;        % sayacın matriste yakaladığı değer t12'dir
r=y(t12,1);
end;
tx12=x(t12,1);    % t12'in değerinden matristeki zaman değerine denk olan tx12
bulundu.
tx11=x(t11,1) ;   % t11'in değerinden matristeki zaman değerine denk olan tx11
bulundu.
if imp_type==1;
T1=(tx12-tx11)*1.67;
end;
if imp_type==2;
T1=(tx12-tx11);
end;
%T1'i bulma aşaması bitti
%T2'yi bulma aşaması başladı
t21=0;
r=y(1,1);
while r<yuzdeon;
t21=t21+1;
r=y(t21,1);
end;
t22=10000;
r=y(10000,1);
while r<yuzdeelli;

```

```

t22=t22-1;
r=y(t22,1);
end;
tx21=x(t21,1);
tx22=x(t22,1);
T2=(tx22-tx21);
if peak_voltage<0.0001;
peak_voltage=0 ;
end ;

peak_voltage_screen=sprintf('%0.3f',-peak_voltage/1000);
T1_screen=sprintf('%0.3f',T1);
T2_screen=sprintf('%0.2f',T2);
set(handles.text_tepe,'string',peak_voltage_screen);
set(handles.text_t1,'string',T1_screen);
set(handles.text_t2,'string',T2_screen);
plot (x,-y*(k/1000));
xlabel('Time');
ylabel('Voltage');
title('Impulse Response');
grid on;
if imp_type==2;
axis([min(x) max(x) min(-y*(k/1000)) max(-y*(k/1000))]);
end;

set(handles.text_tepe2,'string',0);
set(handles.text_t1_2,'string',0);
set(handles.text_t2_2,'string',0);
set(handles.text_durum,'string','System Active.Waiting for trigger');
%Counter' yazdırma işlemi
set(handles.text_counter,'string',counter-1);

%%%%%%%%%%%%%DATA KAYIT KISMI%%%%%%%%%%%%%
main_counter=textread('D:\Counter.txt');
main_counter=main_counter+1;
fid = fopen('D:\Counter.txt', 'w');
fprintf(fid, '%0.0f\n', main_counter);
fclose(fid);
set(handles.text_main_counter,'string',main_counter);
if dosya_ismi2~=0;
zz=[main_counter -peak_voltage/1000 T1 T2 0 0 0];
fid = fopen(strcat(dosya_yolu2,dosya_ismi2), 'a');
fprintf(fid, 'Impulse No:%0.0f (U_ch1:%0.3fkV T1_ch1:%0.3fus T2_ch1:%0.2fus)
(U_ch2:%0.3fkV T1_ch2:%0.3fus T2_ch2:%0.2fus) \r\n', zz);
fclose(fid);
end;

```

```

g=a;
xxx=isequal(a,g);
while xxx==1;
pause (1);
if holdbutton==0;
set(handles.text_durum,'string','System Hold.Press Start Button');
break;
end;
set(handles.text_durum,'string','System Active.Wating for trigger');
g=textread('D:\Channel_A.txt');
xxx=isequal(a,g);
end;
if xxx==0;
button_start_Callback(hObject, eventdata, handles);
end;
end;

%%%%%%%%%%%%CHANNEL_B%%%%%%%%%%%%
elseif channel1_2==5 ;
set(handles.text_durum,'string','System Active.Waiting for trigger');
%burada sürekli text dosyasını dönüp dönüp okuyacak
%%%%%%%%%%%%DÖNGÜ%%%%%%%%%%%%
pause(0.0001);
set(handles.text_durum,'string','Calculating Data.....');
%text dosyası değiştiyse hesaplamaya başlayacak.
pause(2);
k=str2double(get(handles.ratio2,'string')); %bölüm oranını pencereden alma işlemi
if polarite==1;
a=textread('D:\Channel_B.txt'); %dosyadan verileri alma işlemi
x=a(1:10000,1)*0.01;
y_first=a(1:10000,2)/32768000; %genlik verileri 32768'e bölünerek gerçek değere
dönüştürülür.

%_____
% BUTTERWORTH 1MHZ LOW PAST FİLTHER
[bb,aa]=butter(1,0.05,'low');
y=filtfilt(bb,aa,y_first);
%_____

u=max(y); %maksimum gerilimi bulma işlemi
if imp_type==1 ; %LI seçiliyken yapılacak hesaplamalar
peak_voltage=u*k; %bölüm oranıyla maksimum gerilimi çarpma
yuzdeon=u*0.1; %genliğin %10 değeri
yuzdeotuz=u*0.3; %genliğin %30 değeri
yuzdeelli=u*0.5; %genliğin %50 değeri
yuzdedoksan=u*0.9; %genliğin %90 değeri
end ;

```

```

if imp_type==2 ;      %SI seçiliyken yapılacak hesaplamalar
peak_voltage=u*k;    %bölüm oranıyla maksimum gerilimi çarpma
yuzdeon=u*0.05;      %genliğin %10 değeri
yuzdeotuz=u*0.05 ;
yuzdeelli=u*0.5;     %genliğin %50 değeri
yuzdedoksan=u ;
end;

%T1'i bulma aşaması başladı
t11=0;                %matris içindeki %30 değerini bulmak için sayaç oluşturuldu.
r=y(1,1);
while r<yuzdeotuz;
t11=t11+1 ;          % sayacın matriste yakaladığı değer t11'dir
r=y(t11,1);
end;

t12=0 ;              %matris içindeki %90 değerini bulmak için sayaç oluşturuldu.
r=y(1,1);
while r<yuzdedoksan;
t12=t12+1 ;          % sayacın matriste yakaladığı değer t12'dir
r=y(t12,1);
end;

tx12=x(t12,1);
tx11=x(t11,1) ;
if imp_type==1;
T1=(tx12-tx11)*1.67;
end;

if imp_type==2;
T1=(tx12-tx11);
end;

t21=0;
r=y(1,1);
while r<yuzdeon;
t21=t21+1;
r=y(t21,1);
end;
t22=10000;
r=y(10000,1);
while r<yuzdeelli;
t22=t22-1;
r=y(t22,1);
end;
tx21=x(t21,1);
tx22=x(t22,1);
T2=(tx22-tx21);

```

```

if peak_voltage<0.0001;
peak_voltage=0 ;
end ;
peak_voltage_screen=sprintf('%0.3f',peak_voltage/1000);
T1_screen=sprintf('%0.3f',T1);
T2_screen=sprintf('%0.2f',T2);
set(handles.text_tepe2,'string',peak_voltage_screen);
set(handles.text_t1_2,'string',T1_screen);
set(handles.text_t2_2,'string',T2_screen);
plot (x,y*(k/1000),'r');
xlabel('Time');
ylabel('Voltage');
title('Impulse Response');
grid on;
if imp_type==2;
axis([min(x) max(x) min(y*(k/1000)) max(y*(k/1000))]);
end;
set(handles.text_tepe,'string',0);
set(handles.text_t1,'string',0);
set(handles.text_t2,'string',0);
set(handles.text_durum,'string','System Active.Waiting for trigger');
%Counter' yazdırma işlemi
set(handles.text_counter,'string',counter-1);
%%%%%%%%%%%%%DATA KAYIT KISMI%%%%%%%%%%%%%
main_counter=textread('D:\Counter.txt');
main_counter=main_counter+1;
fid = fopen('D:\Counter.txt', 'w');
fprintf(fid, '%0.0f\n', main_counter);
fclose(fid);
set(handles.text_main_counter,'string',main_counter);
if dosya_ismi2~=0;
zz=[main_counter 0 0 0 peak_voltage/1000 T1 T2];
fid = fopen(strcat(dosya_yolu2,dosya_ismi2), 'a');
fprintf(fid, 'Impulse No:%0.0f (U_ch1:%0.3fkV T1_ch1:%0.3fus T2_ch1:%0.2fus)
(U_ch2:%0.3fkV T1_ch2:%0.3fus T2_ch2:%0.2fus) \r\n', zz);
fclose(fid);
end;

%Döngü alt programı darbenin gelip gelmediğini kontrol etmek için
%sürekli text dosyasını kontrol eder.
g=a;
xxx=isequal(a,g);
while xxx==1;
pause (1);
if holdbutton==0;
set(handles.text_durum,'string','System Hold.Press Start Button');
break;
end;

```

```

set(handles.text_durum,'string','System Active.Wating for trigger');
g=textread('D:\Channel_B.txt');
xxx=isequal(a,g);
end;
if xxx==0;
button_start_Callback(hObject, eventdata, handles);
end;
end;
if polarite==2;
a=textread('D:\Channel_B.txt'); %dosyadan verileri alma işlemi
x=a(1:10000,1)*0.01;
y_first=a(1:10000,2)/-32768000;

% _____
% BUTTERWORTH 1MHZ LOW PAST FİLTER
[bb,aa]=butter(1,0.05,'low');
y=filtfilt(bb,aa,y_first);
% _____

u=max(y); %maksimum gerilimi bulma işlemi
if imp_type==1 ; %LI seçiliyken yapılacak hesaplamalar
peak_voltage=u*k; %bölüm oranıyla maksimum gerilimi çarpma
yuzdeon=u*0.1; %genliğin %10 değeri
yuzdeotuz=u*0.3; %genliğin %30 değeri
yuzdeelli=u*0.5; %genliğin %50 değeri
yuzdedoksan=u*0.9; %genliğin %90 değeri
end ;
if imp_type==2 ; %SI seçiliyken yapılacak hesaplamalar
peak_voltage=u*k; %bölüm oranıyla maksimum gerilimi çarpma
yuzdeon=u*0.05; %genliğin %10 değeri
yuzdeotuz=u*0.05 ;
yuzdeelli=u*0.5; %genliğin %50 değeri
yuzdedoksan=u ;
end ;
% T1'i bulma aşaması başladı
t11=0; %matris içindeki %30 değerini bulmak için sayaç oluşturuldu.
r=y(1,1);
while r<yuzdeotuz;
t11=t11+1 ; % sayacın matriste yakaladığı değer t11'dir
r=y(t11,1);
end;

t12=0 ; %matris içindeki %90 değerini bulmak için sayaç oluşturuldu.
r=y(1,1);
while r<yuzdedoksan;
t12=t12+1 ; % sayacın matriste yakaladığı değer t12'dir
r=y(t12,1);
end;

```

```

tx12=x(t12,1);
tx11=x(t11,1);
if imp_type==1;
T1=(tx12-tx11)*1.67;
end;
if imp_type==2;
T1=(tx12-tx11);
end;

%T1'i bulma aşaması bitti
%T2'yi bulma aşaması başladı
t21=0;
r=y(1,1);
while r<yuzdeon;
t21=t21+1;
r=y(t21,1);
end;
t22=10000;
r=y(10000,1);
while r<yuzdeelli;
t22=t22-1;
r=y(t22,1);
end;
tx21=x(t21,1);
tx22=x(t22,1);
T2=(tx22-tx21);
if peak_voltage<0.0001;
peak_voltage=0;
end;
%
% _____
peak_voltage_screen=sprintf('%0.3f',-peak_voltage/1000);
T1_screen=sprintf('%0.3f',T1);
T2_screen=sprintf('%0.2f',T2);
set(handles.text_tepe2,'string',peak_voltage_screen);
set(handles.text_t1_2,'string',T1_screen);
set(handles.text_t2_2,'string',T2_screen);
%
% _____
plot(x,-y*(k/1000),'r');
xlabel('Time');
ylabel('Voltage');
title('Impulse Response');
grid on;
if imp_type==2;
axis([min(x) max(x) min(-y*(k/1000)) max(-y*(k/1000))]);
end;
set(handles.text_tepe,'string',0);
set(handles.text_t1,'string',0);
set(handles.text_t2,'string',0);

```



```

set(handles.text_durum,'string','System Active.Waiting for trigger');
%Counter' yazdırma işlemi
set(handles.text_counter,'string',counter-1);
%%%%%%%%%%%%%DATA KAYIT KISMI%%%%%%%%%%%%%
main_counter=textread('D:\Counter.txt');
main_counter=main_counter+1;
fid = fopen('D:\Counter.txt', 'w');
%'a' bir önceki datanın altına yazar.'w' son datanın %üstüne yazar.
fprintf(fid, '%0.0f\n', main_counter);
fclose(fid);
set(handles.text_main_counter,'string',main_counter);
if dosya_ismi2~=0;
zz=[main_counter 0 0 0 -peak_voltage/1000 T1 T2];
fid = fopen(strcat(dosya_yolu2,dosya_ismi2), 'a');
fprintf(fid, 'Impulse No:%0.0f (U_ch1:%0.3fkV T1_ch1:%0.3fus T2_ch1:%0.2fus)
(U_ch2:%0.3fkV T1_ch2:%0.3fus T2_ch2:%0.2fus) \r\n', zz);
fclose(fid);
end;

%Döngü alt programı darbenin gelip gelmediğini kontrol etmek için
%sürekli text dosyasını kontrol eder.
g=a;
xxx=isequal(a,g);
while xxx==1;
pause (1);
if holdbutton==0;
set(handles.text_durum,'string','System Hold.Press Start Button');
break;
end;
set(handles.text_durum,'string','System Active.Wating for trigger');
g=textread('D:\Channel_B.txt');
xxx=isequal(a,g);
end;
if xxx==0;
button_start_Callback(hObject, eventdata, handles);
end;
%%%%%%%%%%%%%CHANNEL_A_B%%%%%%%%%%%%%
elseif channel1_2==6 ;
set(handles.text_durum,'string','System Active.Waiting for trigger');
%%%%%%%%%%%%%DÖNGÜ%%%%%%%%%%%%%
pause(0.001);
set(handles.text_durum,'string','Calculating Data.....');
pause(2);
k=str2double(get(handles.ratio1,'string')) ;%bölüm oranını pencereden alma işlemi
k_c2=str2double(get(handles.ratio2,'string')) ;
a=textread('D:\Channel_A.txt');
a_c2=textread('D:\Channel_B.txt');
%dosyadan verileri alma işlemi

```

```

if polarite==1;
x_c2=a_c2(1:10000,1)*0.01; % zaman verilerini ve genlik verilerini iki sutuna
ayırma işlemi
y_c2_first=a_c2(1:10000,2)/32768000;
% _____
% BUTTERWORTH 1MHZ LOW PAST FİLTHER
[bb,aa]=butter(1,0.05,'low');
y_c2=filtfilt(bb,aa,y_c2_first);
u_c2=max(y_c2) ; % maksimum gerilimi bulma işlemi
% _____
if imp_type==1 ; % LI seçiliyken yapılacak hesaplamalar
peak_voltage_c2=u_c2*k_c2 ; % bölüm oranıyla maksimum gerilimi çarpma
yuzdeon_c2=u_c2*0.1 ; % genliğin %10 değeri
yuzdeotuz_c2=u_c2*0.3 ; % genliğin %30 değeri
yuzdeelli_c2=u_c2*0.5 ; % genliğin %50 değeri
yuzdedoksan_c2=u_c2*0.9 ; % genliğin %90 değeri
end ;
if imp_type==2 ; % LI seçiliyken yapılacak hesaplamalar
peak_voltage_c2=u_c2*k_c2 ; % bölüm oranıyla maksimum gerilimi çarpma
yuzdeon_c2=u_c2*0.05 ; % genliğin %10 değeri
yuzdeotuz_c2=u_c2*0.05 ; % genliğin %30 değeri
yuzdeelli_c2=u_c2*0.5 ; % genliğin %50 değeri
yuzdedoksan_c2=u_c2 ; % genliğin %90 değeri
end;

% T1'i bulma aşaması başladı
t11_c2=0;
r_c2=y_c2(1,1);
while r_c2<yuzdeotuz_c2;
t11_c2=t11_c2+1;
r_c2=y_c2(t11_c2,1);
end;
t12_c2=0;
r_c2=y_c2(1,1);
while r_c2<yuzdedoksan_c2;
t12_c2=t12_c2+1;
r_c2=y_c2(t12_c2,1);
end;

tx12_c2=x_c2(t12_c2,1);
tx11_c2=x_c2(t11_c2,1);
if imp_type==1;
T1_c2=((tx12_c2-tx11_c2)*1.67);
end;
if imp_type==2;
T1_c2=(tx12_c2-tx11_c2);
end;
% T1'i bulma aşaması bitti.

```

```

%T2'yi bulma aşaması başladı.
t21_c2=0;
r_c2=y_c2(1,1);
while r_c2<yuzdeon_c2;
t21_c2=t21_c2+1;
r_c2=y_c2(t21_c2,1);
end;
t22_c2=10000;
r_c2=y_c2(10000,1);
while r_c2<yuzdeelli_c2;
t22_c2=t22_c2-1;
r_c2=y_c2(t22_c2,1);
end;
tx21_c2=x_c2(t21_c2,1);
tx22_c2=x_c2(t22_c2,1);
T2_c2=(tx22_c2-tx21_c2); %T2'yi bulma aşaması bitti
x=a(1:10000,1)*0.01;
% zaman verilerini ve genlik verilerini iki sütuna ayırma işlemi
y_first=a(1:10000,2)/32768000;
% genlik verileri 32768'e bölünerek gerçek değere dönüştürülür.
% BUTTERWORTH 1MHZ LOW PAST FİLTRE
[bb,aa]=butter(1,0.05,'low');
y=filtfilt(bb,aa,y_first);
% _____
u=max(y); % maksimum gerilimi bulma işlemi
if imp_type==1;
peak_voltage=u*k; % bölüm oranıyla maksimum gerilimi çarpma
yuzdeon=u*0.1; % genliğin %10 değeri
yuzdeotuz=u*0.3; % genliğin %30 değeri
yuzdeelli=u*0.5; % genliğin %50 değeri
yuzdedoksan=u*0.9; % genliğin %90 değeri
end;

if imp_type==2;
peak_voltage=u*k; % bölüm oranıyla maksimum gerilimi çarpma
yuzdeon=u*0.05; % genliğin %10 değeri
yuzdeotuz=u*0.05; % genliğin %30 değeri
yuzdeelli=u*0.5; % genliğin %50 değeri
yuzdedoksan=u; % genliğin %90 değeri
end;

%T1'i bulma aşaması başladı.
t11=0; % matris içindeki %30 değerini bulmak için sayacı oluşturuldu.
r=y(1,1);
while r<yuzdeotuz;
t11=t11+1 ; % sayacın matriste yakaladığı değer t11'dir
r=y(t11,1);
end;

```

```

t12=0 ;           %matris içindeki %90 değerini bulmak için sayaç oluşturuldu.
r=y(1,1);
while r<yuzdedoksan;
t12=t12+1 ;      % sayacın matriste yakaladığı değer t12'dir
r=y(t12,1);
end;

tx12=x(t12,1);
tx11=x(t11,1) ;
if imp_type==1;
T1=(tx12-tx11)*1.67;
end;
if imp_type==2;
T1=(tx12-tx11);
end;
%T1'i bulma aşaması bitti.
%T2'yi bulma aşaması başladı.
t21=0;
r=y(1,1);
while r<yuzdeon;
t21=t21+1;
r=y(t21,1);
end;
t22=10000;
r=y(10000,1);
while r<yuzdeelli;
t22=t22-1;
r=y(t22,1);
end;
tx21=x(t21,1);
tx22=x(t22,1);
T2=(tx22-tx21);
if peak_voltage<0.0001;
peak_voltage=0 ;
end ;
if peak_voltage_c2<0.0001;
peak_voltage_c2=0 ;
end ;

peak_voltage_screen=sprintf('%0.3f',peak_voltage/1000);
T1_screen=sprintf('%0.3f',T1);
T2_screen=sprintf('%0.2f',T2);
set(handles.text_tepe,'string',peak_voltage_screen);
set(handles.text_t1,'string',T1_screen);
set(handles.text_t2,'string',T2_screen);

peak_voltage_screen_c2=sprintf('%0.3f',peak_voltage_c2/1000);
T1_screen_c2=sprintf('%0.3f',T1_c2);

```

```

T2_screen_c2=sprintf('%0.2f',T2_c2);
set(handles.text_tepe2,'string',peak_voltage_screen_c2);
set(handles.text_t1_2,'string',T1_screen_c2);
set(handles.text_t2_2,'string',T2_screen_c2);

plot (x,y*(k/1000));
hold on;
plot (x_c2,y_c2*(k_c2/1000), 'r');
hold off;
xlabel('Time');
ylabel('Voltage');
title('Impulse Response');
grid on;

if imp_type==2;
if u*k>=u_c2*k_c2; %hangi kanaldaki işaret büyükse onun eksenini seçilmelidir
axis([min(x) max(x) min(y*(k/1000)) max(y*(k/1000))]);
end;
if u*k<u_c2*k_c2;
axis([min(x_c2) max(x_c2) min(y_c2*(k_c2/1000)) max(y_c2*(k_c2/1000))]);
end ;
end ;
set(handles.text_durum,'string','System Active.Wating for trigger');
%Counter' yazdırma işlemi
set(handles.text_counter,'string',counter-1);

%%%%%%%%%%%%%DATA KAYIT KISMI%%%%%%%%%%%%%
main_counter=textread('D:\Counter.txt');
main_counter=main_counter+1;
fid = fopen('D:\Counter.txt', 'w');
%'a' bir önceki datanın altına yazar.'w' son datanın üstüne yazar.
fprintf(fid, '%0.0f\n', main_counter);
fclose(fid);
set(handles.text_main_counter,'string',main_counter);
if dosya_ismi2~=0;
zz=[main_counter peak_voltage/1000 T1 T2 peak_voltage_c2/1000 T1_c2 T2_c2];
fid = fopen(strcat(dosya_yolu2,dosya_ismi2), 'a');
%'a' bir önceki datanın altına yazar.'w' son datanın üstüne yazar.
fprintf(fid, 'Impulse No:%0.0f (U_ch1:%0.3fkV T1_ch1:%0.3fus T2_ch1:%0.2fus)
(U_ch2:%0.3fkV T1_ch2:%0.3fus T2_ch2:%0.2fus) \r\n', zz);
fclose(fid);
end;

g=a;
xxx=isequal(a,g);
while xxx==1;
pause (1);
if holdbutton==0;

```

```

set(handles.text_durum,'string','System Hold.Press Start Button');
break;
end;

set(handles.text_durum,'string','System Active.Wating for trigger');
g=textread('D:\Channel_A.txt');
xxx=isequal(a,g);
end;
if xxx==0;
button_start_Callback(hObject, eventdata, handles);
end;
end;

if polarite==2;
x_c2=a_c2(1:10000,1)*0.01;
% zaman verilerini ve genlik verilerini iki sutuna ayırma işlemi
y_c2_first=a_c2(1:10000,2)/-32768000;
% BUTTERWORTH 1MHZ LOW PAST FİLTHER
[bb,aa]=butter(1,0.05,'low');
y_c2=filtfilt(bb,aa,y_c2_first);
u_c2=max(y_c2) ; % maksimum gerilimi bulma işlemi
if imp_type==1;
peak_voltage_c2=u_c2*k_c2 ; % bölüm oranıyla maksimum gerilimi çarpma
yuzdeon_c2=u_c2*0.1 ; % genliğin %10 değeri
yuzdeotuz_c2=u_c2*0.3 ; % genliğin %30 değeri
yuzdeelli_c2=u_c2*0.5 ; % genliğin %50 değeri
yuzdedoksan_c2=u_c2*0.9 ; % genliğin %90 değeri
end;
if imp_type==2 ;
peak_voltage_c2=u_c2*k_c2 ; % bölüm oranıyla maksimum gerilimi çarpma
yuzdeon_c2=u_c2*0.05 ; % genliğin %10 değeri
yuzdeotuz_c2=u_c2*0.05 ; % genliğin %30 değeri
yuzdeelli_c2=u_c2*0.5 ; % genliğin %50 değeri
yuzdedoksan_c2=u_c2 ; % genliğin %90 değeri
end;
% T1'i bulma aşamsı başladı
t11_c2=0;
r_c2=y_c2(1,1);
while r_c2<yuzdeotuz_c2;
t11_c2=t11_c2+1;
r_c2=y_c2(t11_c2,1);
end;
t12_c2=0;
r_c2=y_c2(1,1);
while r_c2<yuzdedoksan_c2;
t12_c2=t12_c2+1;
r_c2=y_c2(t12_c2,1);
end;

```

```

tx12_c2=x_c2(t12_c2,1);
tx11_c2=x_c2(t11_c2,1);

if imp_type==1;
T1_c2=((tx12_c2-tx11_c2)*1.67);
end;
if imp_type==2;
T1_c2=(tx12_c2-tx11_c2);
end;
%T1'i bulma aşaması bitti.
%T2'yi bulma aşaması başladı.
t21_c2=0;
r_c2=y_c2(1,1);
while r_c2<yuzdeon_c2;
t21_c2=t21_c2+1;
r_c2=y_c2(t21_c2,1);
end;

t22_c2=10000;
r_c2=y_c2(10000,1);
while r_c2<yuzdeelli_c2;
t22_c2=t22_c2-1;
r_c2=y_c2(t22_c2,1);
end;

tx21_c2=x_c2(t21_c2,1);
tx22_c2=x_c2(t22_c2,1);
T2_c2=(tx22_c2-tx21_c2);
%T2'yi bulma aşaması bitti.
x=a(1:10000,1)*0.01;
y_first=a(1:10000,2)/-32768000;

% BUTTERWORTH 1MHZ LOW PAST FİLTER
[bb,aa]=butter(1,0.05,'low');
y=filtfilt(bb,aa,y_first);
% _____
u=max(y); % maksimum gerilimi bulma işlemi
if imp_type==1;
peak_voltage=u*k; % bölüm oranıyla maksimum gerilimi çarpma
yuzdeon=u*0.1; % genliğin %10 değeri
yuzdeotuz=u*0.3; % genliğin %30 değeri
yuzdeelli=u*0.5; % genliğin %50 değeri
yuzdedoksan=u*0.9; % genliğin %90 değeri
end;
if imp_type==2;
peak_voltage=u*k; % bölüm oranıyla maksimum gerilimi çarpma
yuzdeon=u*0.05; % genliğin %10 değeri
yuzdeotuz=u*0.05; % genliğin %30 değeri

```

```

yuzdeelli=u*0.5;    %genliğin %50 değeri
yuzdedoksan=u;    %genliğin %90 değeri
end;
%T1'i bulma aşaması başladı
t11=0; %matris içindeki %30 değerini bulmak için sayaç oluşturuldu.
r=y(1,1);
while r<yuzdeotuz;
t11=t11+1 ; % sayacın matriste yakaladığı değer t11'dir
r=y(t11,1);
end;
t12=0 ; %matris içindeki %90 değerini bulmak için sayaç oluşturuldu.
r=y(1,1);
while r<yuzdedoksan;
t12=t12+1 ; % sayacın matriste yakaladığı değer t12'dir
r=y(t12,1);
end;
tx12=x(t12,1);
tx11=x(t11,1) ;
if imp_type==1;
T1=(tx12-tx11)*1.67;
end;
if imp_type==2;
T1=(tx12-tx11);
end;
%T1'i bulma aşaması bitti.
%T2'yi bulma aşaması başladı.
t21=0;
r=y(1,1);
while r<yuzdeon;
t21=t21+1;
r=y(t21,1);
end;
t22=10000;
r=y(10000,1);
while r<yuzdeelli;
t22=t22-1;
r=y(t22,1);
end;
tx21=x(t21,1);
tx22=x(t22,1);
T2=(tx22-tx21);
%T2'yi bulma aşaması bitti.
if peak_voltage<0.0001;
peak_voltage=0 ;
end ;
if peak_voltage_c2<0.0001;
peak_voltage_c2=0 ;
end ;

```



```

peak_voltage_screen=sprintf('%0.3f',-peak_voltage/1000);
T1_screen=sprintf('%0.3f',T1);
T2_screen=sprintf('%0.2f',T2);
set(handles.text_tepe,'string',peak_voltage_screen);
set(handles.text_t1,'string',T1_screen);
set(handles.text_t2,'string',T2_screen);

peak_voltage_screen_c2=sprintf('%0.3f',-peak_voltage_c2/1000);
T1_screen_c2=sprintf('%0.3f',T1_c2);
T2_screen_c2=sprintf('%0.2f',T2_c2);
set(handles.text_tepe2,'string',peak_voltage_screen_c2);
set(handles.text_t1_2,'string',T1_screen_c2);
set(handles.text_t2_2,'string',T2_screen_c2);

plot (x,-y*(k/1000));
hold on;
plot (x_c2,-y_c2*(k_c2/1000), 'r');
hold off;
xlabel('Time');
ylabel('Voltage');
title('Impulse Response');
grid on;

if imp_type==2 ;
if u*k>=u_c2*k_c2; %hangi kanaldaki işaret büyükse onun eksenini seçilmelidir
axis([min(x) max(x) min(-y*(k/1000)) max(-y*(k/1000))] );
end%
if u*k<u_c2*k_c2 ;
axis([min(x_c2) max(x_c2) min(-y_c2*(k_c2/1000)) max(-y_c2*(k_c2/1000))] );
%%
end;
end ;
%%%%%%%%%%
set(handles.text_durum,'string','System Active.Wating for trigger');
%Counter' yazdırma işlemi
set(handles.text_counter,'string',counter-1);
%%%%%%%%%%DATA KAYIT KISMI%%%%%%%%%%
main_counter=textread('D:\Counter.txt');
main_counter=main_counter+1;
fid = fopen('D:\Counter.txt', 'w');
%'a' bir önceki datanın altına yazar.'w' son datanın üstüne yazar.
fprintf(fid, '%0.0f\n', main_counter);
fclose(fid);
set(handles.text_main_counter,'string',main_counter);
if dosya_ismi2~=0;
zz=[main_counter -peak_voltage/1000 T1 T2 -peak_voltage_c2/1000 T1_c2 T2_c2];
fid = fopen(strcat(dosya_yolu2,dosya_ismi2), 'a');
%'a' bir önceki datanın altına yazar.'w' son datanın üstüne yazar.

```

```

fprintf(fid, 'Impulse No:%0.0f (U_ch1:%0.3fkV T1_ch1:%0.3fus T2_ch1:%0.2fus)
(U_ch2:%0.3fkV T1_ch2:%0.3fus T2_ch2:%0.2fus) \r\n', zz);
fclose(fid);
end;

```

```

%Döngü alt programı darbenin gelip gelmediğini kontrol etmek için
%sürekli text dosyasını kontrol eder.

```

```

g=a;
xxx=isequal(a,g);
while xxx==1;
pause (1);
if holdbutton==0;
set(handles.text_durum,'string','System Hold.Press Start Button');
break;
end;

```

```

set(handles.text_durum,'string','System Active.Wating for trigger');
g=textread('D:\Channel_A.txt');
xxx=isequal(a,g);
end;
if xxx==0;
button_start_Callback(hObject, eventdata, handles);
end;
end;
end;

```

```

function pushbutton11_Callback(hObject, eventdata, handles)
[dosya_ismi, dosya_yolu] = uiputfile({'*.jpeg','Jpeg Dosyaları (*.jpeg)'; '*.jpg','Jpg
Dosyaları (*.jpg)'; ...
'*.bmp','Bitmap Dosyaları (*.bmp)'}, 'Save Screen...');
if dosya_ismi~=0
saveas(gcf, strcat(dosya_yolu,dosya_ismi));
end

```

```

function pushbutton12_Callback(hObject, eventdata, handles)
global dosya_yolu2;
global dosya_ismi2;
[dosya_ismi2, dosya_yolu2] = uiputfile({'*.txt','txt Dosyaları (*.txt)';},'Create New
Project...');

```

```

function pushbutton14_Callback(hObject, eventdata, handles)
[resim_data_degiskeni, resim_colormap_degiskeni] = imread ('D:\info_icon.jpg');
mesaj = 'Impulse Voltage Measuring Software/Version 1.0/Copyright TÜBİTAK-
UME 2011 This computer program is protected by copyright law and international
treaties' ;

```

```

baslik = 'Info' ;
msgbox (mesaj, baslik, 'custom', resim_data_degiskeni, resim_colormap_degiskeni)
function pushbutton15_Callback(hObject, eventdata, handles)
global dosya_yolu;

```

```

global dosya_ismi;
[dosya_ismi, dosya_yolu] = uigetfile ( {'*.txt','Text Dökümanları (*.txt)'}; 'Open
Folders...' )
if dosya_ismi~=0
winopen(strcat(dosya_yolu,dosya_ismi))
end

```

```

function pushbutton17_Callback(hObject, eventdata, handles)
global counter;
counter=0;
set(handles.text_counter,'string',counter);
%program başlarken hafızada kalan son darbenin çizilmemesi için hold'a
%basıldığında text dökümanları aşağıdaki programla sıfırlanır.
polarite=get(handles.popup_polarite,'value');
if polarite==1;
xx = [1:1:10000];
yy=[1:1:10000]/20000;
zz=[xx;yy];
fid = fopen('D:\Channel_A.txt', 'w');
fprintf(fid, '%6.0f %6.0f \r\n', zz);
fclose(fid);
end;

```

```

if polarite==2;
xx = [1:1:10000];
yy=[1:1:10000]/-20000;
zz=[xx;yy];
fid = fopen('D:\Channel_A.txt', 'w');
fprintf(fid, '%6.0f %6.0f \r\n', zz);
fclose(fid);
end;

```

```

if polarite==1;
xx = [1:1:10000];
yy=[1:1:10000]/20000;
zz=[xx;yy];
fid = fopen('D:\Channel_B.txt', 'w');
fprintf(fid, '%6.0f %6.0f \r\n', zz);
fclose(fid);
end;
if polarite==2;
xx = [1:1:10000];
yy=[1:1:10000]/-20000;
zz=[xx;yy];
fid = fopen('D:\Channel_B.txt', 'w');
fprintf(fid, '%6.0f %6.0f \r\n', zz);
fclose(fid);
end;

```

```
function pushbutton18_Callback(hObject, eventdata, handles)
global dosya_yolu2;
global dosya_ismi2;
if dosya_ismi2~=0;
winopen(strcat(dosya_yolu2,dosya_ismi2));
end;
function pushbutton19_Callback(hObject, eventdata, handles)
zoom on
function pushbutton20_Callback(hObject, eventdata, handles)
zoom out
zoom off
pan off
function pushbutton21_Callback(hObject, eventdata, handles)
pan on
function figure1_CloseRequestFcn(hObject, eventdata, handles)
delete(get(0,'CurrentFigure'));
```

KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER

Dedeoğlu, S., Merev, A., Yılmaz, S., "Construction and Design of Impulse High Voltage Measurement System", *SET 2011, The 10th International Conference On Sustainable Energy Technologies*, İstanbul, Türkiye, Eylül 2011

Ada, T., Kalenderli, O., Merev, A., Dedeoğlu, S., Gülnihar, K., "Yüksek Gerilim Metrolojisi İçin Optimize Elektrik Alanlı Yüksek Gerilim Bölücüsü Tepe Elektrodu Tasarımı", *13. Elektrik, Elektronik, Bilgisayar, Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Kongresi*, Elektrik Mühendisleri Odası (EMO), Ankara, Türkiye, Aralık 2009

Altay, O., Kalenderli, O., Merev, A., Dedeoğlu, S., Gülnihar, K. "Preliminary Partial Discharge Measurements with a Computer Aided Partial Discharge Detection System" *6th International Conference on Electrical, Electronics Engineering, ELECO'2009*, Bursa, Türkiye, Kasım 2009

Merev, A., Dedeoğlu, S., Gülnihar, K., "Türkiye'de Yüksek Gerilim Kalibrasyonları", *Ulusal Elektrik Tesisat Kongresi Yüksek Gerilim Çalıştayı*, Elektrik Mühendisleri Odası (EMO), İzmir, Türkiye, Mayıs 2009.

Dedeoğlu, S., Merev, A., Gülnihar, K., "Yıldırım Darbe Yüksek Gerilim Ölçümleri", *7. Ulusal Ölçümbilim Kongresi*, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, İzmir, Türkiye, Kasım 2008.

Merev, A., Dedeoğlu, S., Gülnihar, K., "100 kV AC Yüksek Gerilim Bölücüsü Yapımı", *7. Ulusal Ölçümbilim Kongresi*, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, İzmir, Türkiye, Kasım 2008.

Merev, A., Dedeoğlu, S. "TÜBİTAK UME Yüksek Gerilim Deney ve Kalibrasyon Laboratuvarı", *Yüksek Gerilim Ulusal Çalıştayı*, TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü, Kocaeli, Türkiye, Ekim 2007.

Merev, A., Dedeoğlu, S., "100 kilovolt SF6 gaz yalıtımlı standart kapasitör yapımı", *Yüksek Gerilim Ulusal Çalıştayı*, TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü, Kocaeli, Türkiye, Ekim 2007.

ÖZGEÇMİŞ

Serkan DEDEOĞLU, 11.04.1979 yılında Muş'ta doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini tamamladıktan sonra 1999 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimine başladı. 2003 yılında mezun olduktan sonra 2003-2004 yılları arasında EKA Elektronik firmasında proje mühendisi olarak çalıştı. 2005 yılından beri TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) Yüksek Gerilim Laboratuvarı'nda Araştırmacı olarak görev yapmaktadır. Yüksek lisans eğitimine 2009 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Programı'nda başlayan Serkan DEDEOĞLU evli ve bir kız çocuğu babasıdır.