

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİK ENERJİ KALİTESİNİN TEKSTİL  
SANAYİNE MALİYETİ VE ÖNERİLER**

**DOKTORA TEZİ**

**Elek.Elekt.Yük.Müh. Feridun KOÇYİĞİT**

**Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ**

**Enstitü Bilim Dalı : ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ertan YANIKOĞLU**

**Mayıs 2010**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ELEKTRİK ENERJİ KALİTESİNİN TEKSTİL  
SANAYİNE MALİYETİ VE ÖNERİLER**

**DOKTORA TEZİ**


**Elk.Elkn.Yük.Müh. Feridun KOÇYİĞİT**

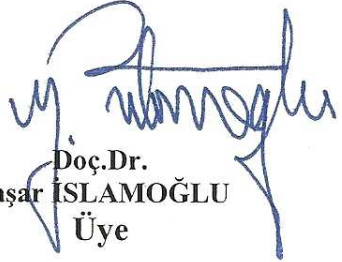
**Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ**


**Enstitü Bilim Dalı : ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ**


Bu tez 24 / 05 /2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

  
Prof.Dr.  
Mehmet Ali YALÇIN  
Jüri Başkanı

  
Prof.Dr.  
Ertan YANIKOĞLU  
Üye

  
Doç.Dr.  
Yaşar İSLAMOĞLU  
Üye

  
Yrd.Doç.Dr.  
E. Mustafa YEĞİN  
Üye

  
Yrd.Doç.Dr.  
Ali ÖZTÜRK  
Üye

## ÖNSÖZ

Elektrik enerjisi kalitesinin üretim maliyetleri üzerine etkisi, gelişen makine teknolojileriyle beraber artmıştır. İşletmelerin karlılıklarının çok yoğun rekabet nedeniyle aşağı çekilmesinden dolayı, verimlilik ve bunu etkileyen etmenler önem kazanmıştır. Ülkemizin en önemli sektörlerinden tekstil sektöründe de enerji kalitesine bağlı kayıplar bu tezle ortaya çıkarılmış, bunların önlenmesi ya da giderilmesi için de önerilerde bulunulmuştur.

1995 yılından bu elektrik enerjisi güvenilirlik, kararlılık ve kalitesi konularına ilgimi arttıran, bu tezde de akademik, bilimsel ve diğer konularda yardımlarını esirgemeyen çok değerli hocam Prof. Dr. Ertan YANIKOĞLU'NA en içten duygularıyla teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	xi
TABLOLAR LİSTESİ .....	xv
ÖZET .....	xvi
SUMMARY .....	xvii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2.	
ELEKTRİK ENERJİSİ KALİTESİ PROBLEMLERİ	
2.1. Giriş .....	5
2.2. Elektrik Enerjisi Kalitesinin Sınıflandırılması.....	6
2.2.1. Geçici olaylar .....	6
2.2.1.1. Darbeli geçici olaylar .....	6
2.2.1.2. Salınımlı geçici olaylar .....	6
2.2.2. Uzun süreli voltaj değişimleri.....	8
2.2.2.1. Aşırı gerilim .....	8
2.2.2.2. Düşük gerilim.....	9
2.2.2.3. Gerilim kesintisi .....	9
2.2.3. Kısa süreli gerilim değişimleri .....	9
2.2.3.1. Kesinti .....	9
2.2.3.2. Gerilim düşmesi .....	10
2.2.3.3. Gerilim yükselmesi... ..	10
2.2.4. Gerilim dengesizliği .....	11
2.2.5. Dalga formu bozulması .....	11

2.2.5.1. DC bileşen .....	12
2.2.5.2. Harmonikler .....	12
2.2.5.3. Ara harmonikler .....	14
2.2.5.4. Çentikleme .....	14
2.2.5.5. Gürültü .....	15
2.2.6. Gerilim kırışması.....	15
2.2.7. Frekans değişimleri .....	16

### BÖLÜM 3.

#### ELEKTRİK ENERJİSİ KALİTE PROBLEMLERİNİN TEKSTİL ÜRETİMİNE ETKİLERİ

3.1. Giriş .....	18
3.2. Elektrik Enerjisi Kalitesinin Dokuma-Örme Üzerindeki Etkileri .....	19
3.2.1. Dokuma prosesinin tutarı ( dt ).....	21
3.2.2. Jakar prosesinin tutarı ( jt ).....	23
3.2.3. Jakarlı dokuma prosesinin tutarı ( jdt ).....	24
3.3. Dokuma Hazırlık Üzerindeki Etkileri.....	24
3.3.1. Dokuma hazırlık prosesinin tutarı ( dht ).....	25
3.4. Boyama Prosesleri Üzerindeki Etkileri .....	27
3.4.1. İplik boya prosesinin tutarı ( bt ) .....	30
3.4.2. Santrifüj ( boya ara prosesi ) prosesinin tutarı ( st ) .....	32
3.4.3. RF kurutma ( boya ara prosesi ) prosesinin tutarı ( rft ).....	33
3.4.4. Son sarım ( boya ara prosesi ) prosesinin tutarı ( sst ).....	33
3.4.5. Toplam iplik boyama prosesinin tutarı ( tbt ).....	33
3.5. Yumuşak Sarım ( Boya Hazırlık ) Üzerindeki Etkileri .....	34
3.5.1. Yumuşak sarım ( ilk sarım ) prosesinin tutarı ( yst ).....	35
3.6. Apre Prosesleri Üzerindeki Etkileri.....	36
3.6.1. Ham kalite kontrol ( apre ara prosesi ) tutarı ( hkkt ).....	38
3.6.2. İğneleme ( apre ara prosesi ) prosesi tutarı ( ipt ).....	39
3.6.3. Ram ( apre ara prosesi ) prosesi tutarı ( rpt ).....	40
3.6.4. Mikser ve kaplama ( apre ara prosesi ) prosesi tutarı ( mkt ).....	40
3.6.5. Halat açma ( apre ara prosesi ) tutarı ( hat ) .....	40
3.6.6. Mamul kalite kontrol tutarı ( mkkt ) ve paketleme tutarı ( pkt )	40

3.6.7. Bir kumaşın toplam maliyetinin diğer unsurları.....	41
3.7. İplik Üretim Prosesleri Üzerindeki Etkileri .....	41
3.7.1. Sürekli elyaf iplik üretim prosesleri üzerindeki etkileri .....	41
3.7.2. Kesik elyaf iplik üretim prosesleri üzerindeki etkileri .....	44
3.8. Tekstil Konfeksiyon Üretimi Üzerindeki Etkileri .....	45

#### BÖLÜM 4.

#### ENERJİ KALİTESİ ÖLÇÜM CİHAZLARI VE KULLANILAN ANALİZÖRÜN ETKİLERİ

4.1. Giriş .....	47
4.1.1. Bozulma analizörleri.....	48
4.1.1.1. Klasik analizörler .....	48
4.1.1.2. Grafik tabanlı analizörler .....	48
4.1.2. Harmonik analizörler.....	48
4.1.2.1. Basit ölçü aletleri.....	49
4.1.2.2. Genel amaçlı harmonik analizörleri .....	49
4.1.2.3. Özel amaçlı güç sistemi harmonik analizörleri .....	49
4.1.3. Bozulma ve harmonik analizörlerinin bileşimi .....	49
4.2. ION 7650 Elektrik Enerjisi Analizörü .....	49
4.3. ION 7650 Enerji Analizörü ile Ölçülen Büyüklükler ve Analizörün ... Ölçme Yetenekleri .....	51
4.3.1. Gerilim değerleri.....	53
4.3.2. Akım değerleri .....	53
4.3.3. Frekans ve güç faktörü (PF) değerleri .....	53
4.3.4. Güç değerleri .....	53
4.3.5. Gerilim düşmesi ve gerilim yükselmesi değerleri .....	53
4.3.6. Harmonik trendleri .....	57
4.3.7. Geçici olaylar.....	58
4.3.8. EN 50160 Standartlarına göre yapılan ölçümler .....	61
4.3.8.1. Frekans değerleri .....	62
4.3.8.2. Gerilimin büyüklüğü .....	62
4.3.8.3. Gerilim kesintileri .....	63
4.3.8.4. Gerilim kırışması.....	63

4.3.8.5. Gerilim dengesizliği .....	63
4.3.8.6. Harmonikler .....	64
4.3.8.7. Ara harmonikler .....	64
4.3.8.8. Ana sinyal.....	64
4.3.8.9. Aşırı gerilim .....	65
4.3.8.10. Gerilim çökmeleri .....	65
4.4. ION Enterprise Yazılımı.....	66
4.4.1. Vista.....	67
4.4.2. Management Console (Yönetim Konsolu).....	67
4.4.3. Data Reporter (Raporlama Aracı).....	67

## BÖLÜM 5.

### İŞLETMELERDE YAPILAN ELEKTRİK KALİTESİ ÖLÇÜMLERİ VE BUNLARIN MALİYETİ

5.1. Giriş .....	68
5.2. Gerilim Düşmesi Ölçümleri ve Bunların Maliyeti .....	69
5.3. Geçici Olay Ölçümleri ve Bunların Maliyeti.....	87
5.4. Harmonik Ölçümleri ve Bunların Maliyetleri .....	97
5.5. Gerilim Kesintileri .....	99
5.6. Gerilim Kırpışması .....	102
5.7. Frekans.....	106
5.8. Toplam Maliyetler .....	109
5.9. Önemli Maliyetler Karşın Kullanılabilecek Cihazlar.....	109
5.9.1. Dinamik gerilim düzenleyiciler (DVR).....	110
5.9.2. Harmonik filtreler .....	110
5.9.3. Dinamik kesintisiz güç kaynakları ( Dinamik UPS ) .....	112

## BÖLÜM 6.

### ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar .....	115
6.2. Öneriler .....	116
6.2.1. Genel öneriler .....	116
6.2.2. Uzun süreklı elektrik kesintilerine karşı öneriler.....	117

6.2.3. Kısa süreli gerilim değişimleri ve dalga formu bozukluklarına . karşı öneriler .....	118
6.2.4. Harmoniklere karşı öneriler.....	120
KAYNAKLAR .....	121
ÖZGEÇMİŞ .....	125



## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

a	: Atkı sayısı
BCF	: Bulk continue filament
B	: Büzülme çarpanı
Bs	: Bant sayısı
bşk	: Boyama kazanı şarj kapasitesi
bt	: İplik boya prosesinin tutarı
CBEMA	: Bilgisayar ve iş ekipmanları üreticileri birliği
CF	: Continue filament
CPU	: Central processor unit
çy	: Çalışma yüzdesi
DVR	: Dynamic voltage restorer
d	: Doğalgaz tüketimi
db	: Doğalgaz birim fiyatı
dgt	: Doğalgaz tüketim tutarı
dt	: Dokuma prosesi tutarı
dht	: Dokuma hazırlık prosesinin tutarı
dk	: Döviz kuru
€	: Avro
eb	: Elektrik enerjisinin birim fiyatı
et	: Tüketilen elektrik enerjisi tutarı
FFT	: Fast fourier transform
Freq	: Frekans
h	: Harmonik bileşen sayısı
hat	: Halat açma prosesi tutarı
hkkt	: Ham kalite kontrol tutarı
ht	: Havalandırmada kullanılan elektrik enerjisi tutarı
i	: Bir işçinin aylık maliyeti

ipt	: İğneleme prosesi tutarı
jdt	: jakarlı dokuma prosesi tutarı
jt	: jakar prosesinin tutarı
k	: Kullanılacak genel kimyasal fiyatı
kç	: Kullanılan kimyasal çarpanı
kçm	: Konik çözümlü makine bedeli
kçmt	: Konik çözümlü makinesi amortisman tutarı
KGK	: Kesintisiz güç kaynağı
m	: Amortisman süresi
mkkt	: Mamul kalite kontrol tutarı
mkt	: Mikser ve kaplama prosesi tutarı
n	: Dokuma makinesinin devir sayısı
OSB	: Organize sanayi bölgesi
p	: Çalışan sayısı
PES	: Polyester
PF	: Power factor
pkt	: Paketleme tutarı
PLC	: Programmable logic controller
PP	: Polypropilen
PQ	: Power quality
pt:	: İşçilik tutarı
Pu	: Per unit
RF	: Radyo frekans
rft	: RF kurutma prosesinin tutarı
RMS	: Etkin değer
rpt	: Ram prosesi tutarı
sst	: Son sarım prosesinin tutarı
st	: Santrifüj prosesinin tutarı
TL	: Türk Lirası
tbt	: Toplam boyama prosesinin tutarı
THD	: Toplam harmonik distorsiyonu ( yüzdesel )
UPS	: Uninterruptible power supply
USD	: Amerika Birleşik Devletleri Doları

ü	: Üretim kapasitesi
V <sub>h</sub>	: Harmonik bileşenin rms değeri
y	: Yardımcı malzeme
y <sub>ç</sub>	: Yardımcı malzeme çarpanı
y <sub>t</sub>	: Yardımcı malzeme tutarı
y <sub>st</sub>	: Yumuşak sarım prosesinin tutarı

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Elektrik enerjisi ( Güç ) kalitesi olayları .....	2
Şekil 2.1. Darbeli geçici olay .....	7
Şekil 2.2. Salınımlı geçici olay .....	8
Şekil 2.3. Gerilim kesintisi .....	10
Şekil 2.4. Gerilim düşmesi .....	11
Şekil 2.5. Gerilim yükselmesi .....	12
Şekil 2.6. Harmonik bozulmaya uğramış sinyal .....	14
Şekil 2.7. Gerilim çentiklemeesi .....	15
Şekil 2.8. Gerilim kırışması .....	16
Şekil 3.1. Dokuma makineleri .....	20
Şekil 3.2. Jakarlı dokuma makineleri .....	21
Şekil 3.3. Konik çözgü makinesi .....	25
Şekil 3.4. Dikey bobin boyama makinesi .....	28
Şekil 3.5. Kumaş boya makineleri .....	29
Şekil 3.6. Yumuşak sarım makinesi ( 10 gözlü ) .....	33
Şekil 3.7. Apre hattı .....	37
Şekil 3.8. Sürekli elyaf iplik üretim hattı .....	42
Şekil 3.9. Kesik elyaf iplik üretim hattı ( ring ) .....	44
Şekil 3.10. Kumaş serim ve kesim makinesi .....	45
Şekil 4.1. Enerji kalitesi izlemede farklı yöntemler .....	47
Şekil 4.2. ION 7650 Enerji analizörü .....	50
Şekil 4.3. Analizörün ölçtüğü değerlerin bilgisayar ekranı üzerinden izlenmesi	51
Şekil 4.4. Birinci işletmeye takılmış ION 7650 enerji analizörü .....	52
Şekil 4.5. Birinci işletmeye takılmış ION 7650 enerji analizörü ( bara ile ).	52
Şekil 4.6. Güç kalitesi ekranı .....	54
Şekil 4.7. Gerilim düşmesi, üç faz birlikte .....	55
Şekil 4.8. Gerilim düşmesi anındaki akım değerleri .....	55
Şekil 4.9. Gerilim harmonikleri ( gerilim düşümü olduğu andaki ve her faz	

için ayrı ayrı) .....	56
Şekil 4.10. Akım harmonikleri ( gerilim düşümü olduğu andaki ve her faz... için ayrı ayrı) .....	56
Şekil 4.11. Aylık CBEMA eğrisi.....	57
Şekil 4.12. Harmonik değişimleri.....	58
Şekil 4.13. Geçici olay anındaki üç faz gerilim eğrileri .....	59
Şekil 4.14. Şekil 4.11. deki olay anında faz akımlarının dalga şekilleri .....	59
Şekil 4.15. Geçici olay anındaki gerilim harmonikleri ( üç faz için ) .....	60
Şekil 4.16. Geçici olay anındaki her faza ait akım harmonikleri .....	61
Şekil 4.17. EN 50160 standardı kapsamında ölçülen büyüklükler.....	62
Şekil 5.1. Gerilim düşmesi .....	70
Şekil 5.2. Gerilim düşmesi anındaki üç faz akım değişimleri .....	70
Şekil 5.3. Art arda gelişen gerilim düşmesi olayı.....	71
Şekil 5.4. Art arda gerçekleşen gerilim düşmesi olayındaki akım değişimi .	71
Şekil 5.5. Elektrik kesintisi ile biten gerilim düşmesi olayı .....	72
Şekil 5.6. Elektrik kesintisi ile biten gerilim düşümü olayı sırasındaki .....	72
üç faz akım değişimleri .....	72
Şekil 5.7. Olay anı genişletilmiş gerilim düşmesi örneği.....	73
Şekil 5.8. Şekil 5.7. deki olaya ait üç faz akım değişimi.....	74
Şekil 5.9. Üç faza ait gerilim harmonikleri ( Şekil 5.7. deki olaya ait ).....	74
Şekil 5.10. Üç faza ait akım harmonikleri ( Şekil 5.8. deki olaya ait ) .....	75
Şekil 5.11. Oluşan gerilim düşümü olaylarından biri.....	
( üç faz gerilim değişimi ) .....	76
Şekil 5.12. Şekil 5.11'deki olay anındaki faz akımları değişimi.....	76
Şekil 5.13. Oluşan gerilim düşümü olaylarından biri.....	
( üç faz gerilim değişimi ) .....	77
Şekil 5.14. Şekil 5.13'deki olay anındaki faz akımları değişimi.....	78
Şekil 5.15. Oluşan gerilim düşümü olaylarından biri.....	
( üç faz gerilim değişimi ) .....	79
Şekil 5.16. Şekil 5.15'deki olay anındaki faz akımları değişimi.....	79
Şekil 5.17. Oluşan gerilim düşümü olaylarından biri.....	
( üç faz gerilim değişimi ) .....	80
Şekil 5.18. Şekil 5.17'deki olay anındaki faz akımları değişimi.....	80

Şekil 5.19. Oluşan gerilim düşümü olaylarından biri..... ( üç faz gerilim değişimi ) .....	81
Şekil 5.20. Şekil 5.19'daki olay anındaki faz akımları değişimi.....	82
Şekil 5.21. Oluşan gerilim düşümü olaylarından biri..... ( üç faz gerilim değişimi ) .....	83
Şekil 5.22. Şekil 5.21'deki olay anındaki faz akımları değişimi.....	83
Şekil 5.23. Oluşan gerilim düşümü olaylarından biri..... ( üç faz gerilim değişimi ) .....	84
Şekil 5.24. Şekil 5.23'deki olay anındaki faz akımları değişimi.....	85
Şekil 5.25. Oluşan gerilim düşümü olaylarından biri..... ( üç faz gerilim değişimi ) .....	85
Şekil 5.26. Şekil 5.25'deki olay anındaki faz akımları değişimi.....	86
Şekil 5.27. Oluşan gerilim düşümü olaylarından biri.....	86
Şekil 5.28. Şekil 5.27'deki olay anındaki faz akımları değişimi.....	87
Şekil 5.29. Geçici olay anı üç faz gerilim dalga formu .....	88
Şekil 5.30. Üç faz akım dalga şekli ( Şekil 5.11'deki geçici olay anında ).....	88
Şekil 5.31. Gerilim harmonikleri ( Şekil 5.11'deki olay anında ) .....	90
Şekil 5.32. Akım harmonikleri ( Şekil 5.11'de gösterilen geçici olay anında )	90
Şekil 5.33. Örnek geçici olay gerilim dalga şekilleri .....	91
Şekil 5.34. Örnek geçici olay akım dalga şekilleri .....	92
Şekil 5.35. Örnek geçici olay gerilim dalga şekilleri .....	92
Şekil 5.36. Şekil 5.35'deki olay anında birinci faz gerilim ve akım dalga şekli	93
Şekil 5.37. Şekil 5.35'deki olay anında ikinci faz gerilimi ve akımının dalga şekilleri .....	93
Şekil 5.38. Şekil 5.35'deki olay anında üçüncü faz gerilimi ve akımının dalga şekilleri .....	94
Şekil 5.39. İşletmede ölçülen geçici olay üç faz gerilim dalga şekli.....	94
Şekil 5.40. Şekil 5.39'daki olay anında üç faz akımı dalga şekilleri.....	95
Şekil 5.41. İşletmede ölçülen geçici olay üç faz gerilim dalga şekilleri .....	95
Şekil 5.42. Şekil 5.41'deki olay anında üç faz akımı dalga şekilleri.....	96
Şekil 5.43. İşletmede ölçülen geçici olay üç faz gerilim dalga şekilleri .....	96
Şekil 5.44. Şekil 5.43'deki olay anında üç faz akımı dalga şekilleri.....	97
Şekil 5.45. Birinci işletmenin 6 aylık gerilim ve akım harmonikleri değişimi	98

Şekil 5.46. İkinci işletmenin 6 aylık gerilim ve akım harmonikleri değişimi .	99
Şekil 5.47. Birinci işletmede bir aylık gerilim kırpışması grafiği .....	103
Şekil 5.48. İkinci işletmede bir aylık gerilim kırpışması grafiği .....	105
Şekil 5.49. Birinci işletmenin 6 aylık gerilim kırpışması değişim grafiği.....	106
Şekil 5.50. Birinci işletmenin bir aylık frekans değişim eğrisi .....	108
Şekil 5.51. İkinci işletmenin bir aylık frekans değişim eğrisi .....	108
Şekil 5.52. Dinamik gerilim düzenleyicisinin prensip şeması .....	111
Şekil 5.53. Hibrit harmonik filtre prensip şeması.....	112
Şekil 5.54. Bir Dinamik UPS sisteminin temel elemanları .....	113
Şekil 5.55. Dinamik kesintisiz güç kaynağının prensip şeması.....	114

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Darbeli geçici olayların karakteristikleri, nedenleri ve çözümleri .....	7
Tablo 2.2. Salımlı geçici olayların karakteristikleri, nedenleri ve çözümleri...	8
Tablo 2.3. Aşırı gerilim, düşük gerilim ve gerilim kesintilerinin..... karakteristikleri.....	9
Tablo 2.4. Gerilim kesintileri, çökmeleri ve yükselmelerinin genel .....	13
Tablo 2.5. DC bileşen, harmonikler ve ara harmoniklerin karakteristikleri.....	13
Tablo 2.6. Gerilim dengesizliği, çentikleme, gürültü, gerilim kırışması ve .....	17
Tablo 5.1. Gerilim düşümü maliyetleri tablosu .....	89
Tablo 5.2. İşletme 2’de meydana gelen elektrik kesintisi olayları .....	100
Tablo 5.3. İşletme 1’de meydana gelen elektrik kesintisi olayları .....	101
Tablo 5.4. İkinci işletmedeki gerilim kırışması sayaç tablosu .....	104
Tablo 5.5. Birinci işletme 6 aylık frekans sayaç değerleri .....	107



## ÖZET

Anahtar kelimeler: Güç kalitesi, güç kalitesi ölçümleri, tekstil endüstrisi, maliyet.

İşletmelerde son yıllarda üzerinde yoğunlukla durulan konulardan biri verimlilik ve buna bağlı maliyet unsurlarıdır. Ülkemizin lokomotif endüstrilerinden olan tekstil sanayi de bu konulara yoğunlaşmıştır. Hem emek hem de makine yoğun olan bu sektörde elektrik enerjisi kalitesinin oluşturduğu üretim kayıpları, verimlilik kayıpları, makine arızalarına bağlı kayıplar, iki farklı ilimizdeki farklı işletmelerde 6 ayı aşkın sürelerde yapılan ölçümlerle incelenmiştir. Ölçümler sırasındaki elektrik enerjisi kalite olayları Schneider marka ION 7650 cihazı tarafından tespit edilmiş, ION Enterprise yazılımı ile de SQL veritabanında toplanmıştır. Elektrik enerjisi kalite olayları sırasındaki parasal kayıplar hesaplanmış ve not edilmiştir. Tezde elektrik enerjisi kalite olaylarının tekstil üretimindeki etkileri de detaylıca anlatılmıştır. Son bölümde de oluşan maliyetler ve bu maliyetlerin önüne geçilmesi için önerileri bulunmaktadır.

# **EFFECTS OF POWER QUALITY ON MANUFACTURING COSTS IN TEXTILE INDUSTRY AND SUGGESTIONS**

## **SUMMARY**

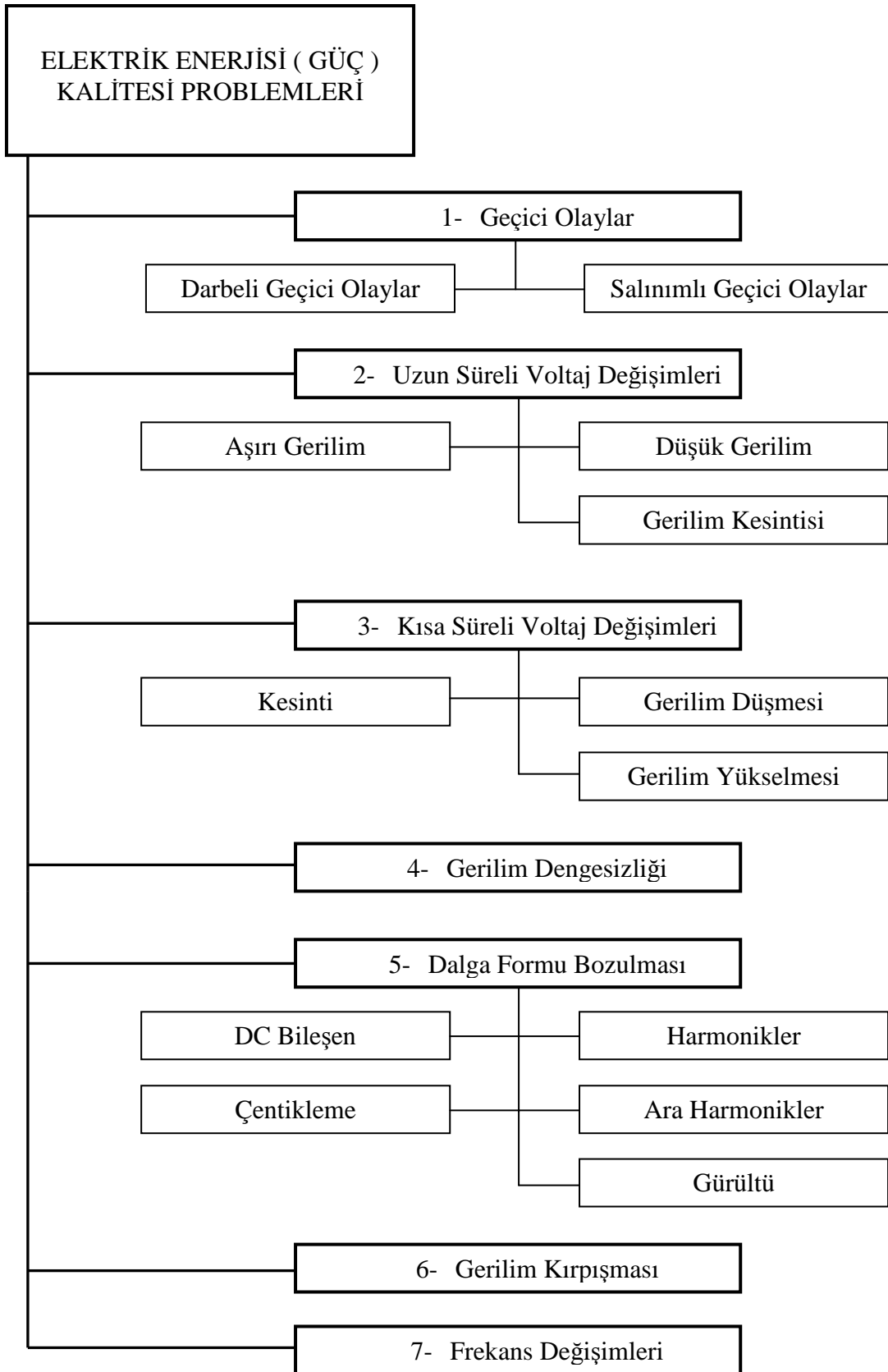
Key words: Power quality, power quality metering, textile industry, cost

This thesis reports the effect and cost of electrical power quality on textile industry. For this purpose power quality measurements have been done for six months in two different sector of textile industry. All parameters affecting the power quality have been measured by using ION 7650 Power Analyzer according to the EN 50160 standard. All measurements saved sql databases via ION Enterprise software. Because of textile industries have high technology machines including electronic control cards and driver controlled motors, poor power quality may damage the system and causes production failure. Damage from such poor quality of energy suffered by the establishment was calculated. The findings and the impacts on weaving, yarn, etc. departments have been analyzed in detail. In the last part there are some suggestions for eliminate costs of power quality effects.

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Yeni dünya ekonomik düzeninde, günümüz ifadesiyle küresel ekonomide işletmelerin var oluş şartları oldukça ağırlaşmıştır. Uzak Doğunun hızlı bir büyüme ile birlikte üretim merkezi haline dönüşmesi sanayi işletmelerinin kar oranlarını oldukça aşağıya çekmiştir. İki haneli hatta üç haneli sayılarla ifade edilen kar yüzdeleri, oluşan arz fazlası ve yoğun rekabet ile tek haneli rakamlara inmiştir. Gerek pazardaki daralma gerek ise karlılıktaki bu düşüşler sanayi işletmelerini maliyetlerini çok iyi yönetmek zorunda bırakmıştır. Fiyatlar küresel pazarda otomatik olarak oluştuğundan, işletmelerin kazanabilmesi ve var olabilmesi iyi yönetilen ve düşürülebilen maliyetlerle gerçekleşebilir. Firmalar maliyetlerini yönetmek için nitelikli insan kaynaklarına yöneldikleri gibi bir diğer ana unsur olan kaliteli enerji teminine de artık dikkat etmektedirler.

Elektrik güç sistemlerinde 1980'li yıllardan itibaren doğrusal olmayan yüklerin kullanılmaya başlanması şebekede harmonik akımlarının oluşmaya başlamasına, dolayısıyla gerilim dalga şeklinin bozulmasına neden olmuştur [1]. Artan harmonik akımları, şebekenin yetersiz olmasından dolayı oluşan kesintiler ve gerilim değişimleri ile geçici olaylar enerji kalitesi sorununu gündeme getirmiştir [2-4]. Endüstriyel tesislerde motor sürücü sistemleri, mikroişlemci tabanlı ölçme ve kontrol sistemleri kullanımı gün geçtikçe arttığından, enerji kalitesindeki bozulmalar endüstri tesislerine önemli miktarda zarar verebilmektedir [5-15]. Elektrik enerjisi kalitesizlik olayları Şekil 1.1. de gösterilmiştir. Şebekeye bağlı bazı endüstriyel tüketicilerin enerji kesilmelerinden veya kalitesiz elektrik enerjisinden dolayı ciddi oranda zarara uğradığı tespit edilmiştir [8]. Doğrusal olmayan yüklerin diğer yüklere oranının artmasıyla birlikte elektrik enerji kalitesi sorunları da artmaya başlamıştır. Amerika Birleşik Devletlerinde yapılan araştırmalar sonucunda elektrik enerjisi kalitesinden doğan ulusal zararın yılda yaklaşık 119 milyar dolar civarında olduğu tespit edilmiştir [16]. Bu zararlar endüstriyel tesisin veya tüketicinin yapısına göre farklılıklar göstermektedir.



Şekil 1.1. Elektrik enerjisi ( Güç ) kalitesi problemleri

Elektrik kesintilerinin oluşturduğu zararlar konutlarda on TL'ler mertebesinde, ticari kuruluşlarda yüzler mertebesinde, endüstriyel kuruluşlarda ise binler ve hatta milyonlar mertebesinde [17,18]. İleri teknoloji ürün üretimi yapan tesislerde ise bu zarar çok daha yüksektir. Mikroişlemci üretimi yapan bir tesiste yapılan ölçümlerde ve hesaplamalarda üç saniye süren elektrik kesintisinin tesise maliyeti 202.532,52 \$ ve 24 saatlik elektrik enerjisi kalitesinden doğan zararın 269.272.592 \$ olduğu tespit edilmiştir.

Elektrik enerji kalitesinin tüketicilere olan zararının anlaşılması sonucunda enerji kalitesini belirli seviyede tutmak için bazı standartlar getirilmiştir [19,20]. Şebekedeki enerji kalitesinin bu standartlara ne kadar yakın olduğunun belirlenmesi için de bazı ölçüm yöntemleri ve cihazlar geliştirilmiştir [21-27]. Yapılan ölçümlerin bu standartlara göre olması zorunlu olmuş veya başka deyişle, ne kadar elektrik enerjisi kalitesi sorunları olduğu bu standartlarla karşılaştırarak belirlenmesi gerekliliği doğmuştur.

Anlaşılacağı üzere elektrik enerjisi kalitesinin çok büyük yatırımların yapılıp yapılamayacağı, nereye yapılacağı konusunda karar vermede çok önemli bir argüman olduğu ortadadır. Bununla birlikte çalışan işletmelerde de kullanılan elektrik enerjisinin kalitesinin korunması ve gerekiyor ise yükseltilmesi de gerekmektedir. Enerjinin kalitesizliğinden oluşan her üretim kaybı, verimsizlik, dolayısıyla maliyetlerin yükselmesi olarak, şirketlerin gelir tabloları ve bilânçolarına yansımaktadır. Bunlarla birlikte bu yoğun rekabet ortamında enerji kesintisinden dolayı ya da bir enerji kalitesizliği probleminden dolayı arızalanan bir makinenin üretilmediği ürünlerin müşteri veya müşterilere gönderilememesinin cezai sonuçları hatta müşteri veya müşterilerin kaybedilmesiyle sonuçlanabilecek olumsuzluklar günümüz işletmelerinin dayanamayacağı sonuçlardır. Müşteri odaklı işletmelerde bu nedenlerden dolayı kaynakların kaliteli olmasına ve bunların kalitesinin arttırılmasına dikkat edilmektedir.

Ülkemizin lokomotif iki sektöründen biri olan tekstil sanayini ( Uzun yıllardır ilk kez 2006 da otomotiv ihracatı tekstil ihracatını geçebilmiştir ki bu tarihe kadar tekstil sektörünün tüm ihracattaki payı %37 dir. ) ülkemizdeki öneminden dolayı ele

alınacaktır. Bu tezde örnek ve reel bir ortam olarak entegre bir dokuma kumaş üretimi yapan tekstil fabrikası seçilmiştir. Bu fabrikalardaki üretim yapılan tüm departmanlarda elektrik enerjisindeki kalitesizliklerin etkileri altı ay ile bir yıl arasında yapılmış detaylı ölçümlerle izlenmiştir. Alınan ( kaydedilen ) değerlerle kalitesizliğin oluşturduğu kayıplar parasal değer olarak hesaplanmıştır. Hesaplanmış bu değerler konunun uzmanlarınca ( tekstil üretim profesyonelleri ) yorumlanmış ve miktar olarak kabul edilip edilemeyeceğine karar verilmiştir. Eğer kabul edilemiyorsa, izole edilmesi istenen kısımlar için çözüm önerileri oluşturulmuştur. Çözüm önerilerinin maliyetleri de ortaya konarak uygulanabilir olup olmadığına karar verilebilmiştir. Ölçülen büyüklükler ve alınan değerlerle, oluşan kalitesizliklerin ileri teknoloji tekstil makinelerine olan etkileri raporlanarak, bunların meydana getirdiği direkt ve endirekt parasal kayıplar hesaplanmıştır. Bu kayıpların büyüklüğüne göre giderilmesine gerek olup olmadığına karar verilmiştir. Oluşturulacak çözüm önerilerinin ( DVR, Harmonik filtreler, KGK vs. ) maliyetleri hesaplanmış ve kesin yatırım kararları alınmıştır.

Bunlarla birlikte global olarak da bu düzeltici sistemlerin kurulup kurulmamasına karar verme için belirli bir sürede kaç tane kalitesizlik olayının gerçekleşmesinin gerektiği de hesaplanabilecektir. Bu verilerle de yatırım fizibilite çalışmalarına katkıda bulunulabilecektir.

## **BÖLÜM 2. ELEKTRİK ENERJİSİ KALİTESİ PROBLEMLERİ**

### **2.1. Giriş**

Güç kalitesi problemini tekrar tanımlanırsa; Gerilim, akım veya frekans sapmasında oluşan herhangi bir elektrik probleminin, kullanıcının cihazlarında meydana getirdiği hata ya da işlem eksikliğidir. Elektrik enerjisi kalitesi ile bağlantılı olarak ABD şirketlerinin 26 milyar dolarlık kaybı olduğu belgelendirilmiştir. Bu tezde de ülkemizin lokomotif sektörü tekstilde elektrik enerjisi kalitesinin oluşturduğu kayıplar ve maliyeti araştırılmıştır. Enerji kalitesindeki problemler sürekli artış göstermekte olup ileri bölümlerde bunları anlatılmıştır.

Bu arada elektriksel yüklerde radikal değişiklikler olmaktadır. Çok değil 10 yıl öncesine göre akım ve güç elektroniği cihazlarında çok ciddi gelişmeler olmuş ayrıca bu cihazlar çok hassas hale gelmişlerdir. Bununla birlikte bu gelişmelere rağmen, bu cihazlar bozunmaya yol açabilmekte ve enerji kalitesi seviyesini azaltmaktadırlar. Gün geçtikçe tüm üretim makineleri mikro elektronik ve elektronik donanımlarla donatılmaktadır. Bu makineler de elektrik enerjisi kalitesinin düşmesinde önemli rol oynamaktadırlar. Bir diğer ironi de bu cihazların elektrik enerjisi kalitesine karşın çok daha hassas olmaları, çok az bir bozulmaya rağmen arızalanabilmeleridir. Güç elektroniği ekipmanları yüksek kapasiteli ve düşük maliyetli makinelerle üretilmekte ve kullanım alanları hızla genişlemektedir. 2010 yılına kadar bugünkü seviyesinin en az 3 katına çıkacağı hesaplanmaktadır.[28]

Yüklerdeki bu değişimler meydana gelirken, elektrik hizmetleri ve sanayiler gerilim kontrolü ve redüksiyon kayıplarına karşı kapasitör grupları kurmaya devam etmektedirler. Bu kapasitörlerin elektrik enerjisi kalitesi üzerinde büyük ve olumsuz etkileri vardır. Özellikle harmonik rezonans durumlarında, rezonans seviyesinin yükselmesi gibi olumsuz sonuçları doğurmaktadır. Pek çok güç elektroniği donanımlı makinelerle üretim yapan işletmelerde özellikle kompanzasyon

panolarında kontaktörlerin, kondansatörlerin patladığı, kabloların yandığı olaylar meydana gelmektedir.

Bunların dışında serbest piyasa ekonomisinin de elektrik enerjisi kalitesi üzerinde etkisi vardır. Bu elektrik enerjisi kalitesindeki kazancı, standartizasyonu ve bunlar için ihtiyaçları yükselten bir fonksiyon görevi görmektedir.

## **2.2. Elektrik Enerjisi Kalitesinin Sınıflandırılması**

Elektrik enerjisi kalitesinin sınıflandırılmasını giriş bölümünde de ifade edilmiş yedi ana başlık ve bunlara bağlı on altı başlıkta açıklanmıştır. Bununla birlikte elektrik enerjisi kalitesini genel anlamda iki gruba ayrılabilir. Bunlar sabit durum ve sabit olmayan durumlardır.[37]

### **2.2.1. Geçici olaylar**

Geçici olaylar gerilim dalga formu değişim varyanslarına aittir. Temel frekansın bir periyodu içinde gerilimdeki aşırı olma durumunun bir sonucu olarak gerilim dalga formundaki değişim olarak ifade edilebilir. Bunlar da kendi içinde iki ana gruba ayrılırlar.

#### **2.2.1.1. Darbeli geçici olaylar**

Gerilim ve akımın kararlı durumdaki ani değişimleri olarak ifade edilebilir. Polarite de tek yönlüdür. Darbeli geçici olaylar yükseliş ve düşüş süreleriyle karakterize olurlar. Bu tip geçici olayların oluşmasının en genel sebebi yıldırımlardır. Darbeli geçici olayların genel özellikleri Tablo 2.1. ve Şekil 2.1. de verilmişlerdir.

#### **2.2.1.2. Salınımlı geçici olaylar**

Gerilim ve akımın sabit koşullardan ani değişimi olarak tanımlanır. Hem pozitif hem de negatif kutupları içerir. Salınımlı geçici olay, salınım içeriği, süre ve büyüklüğü



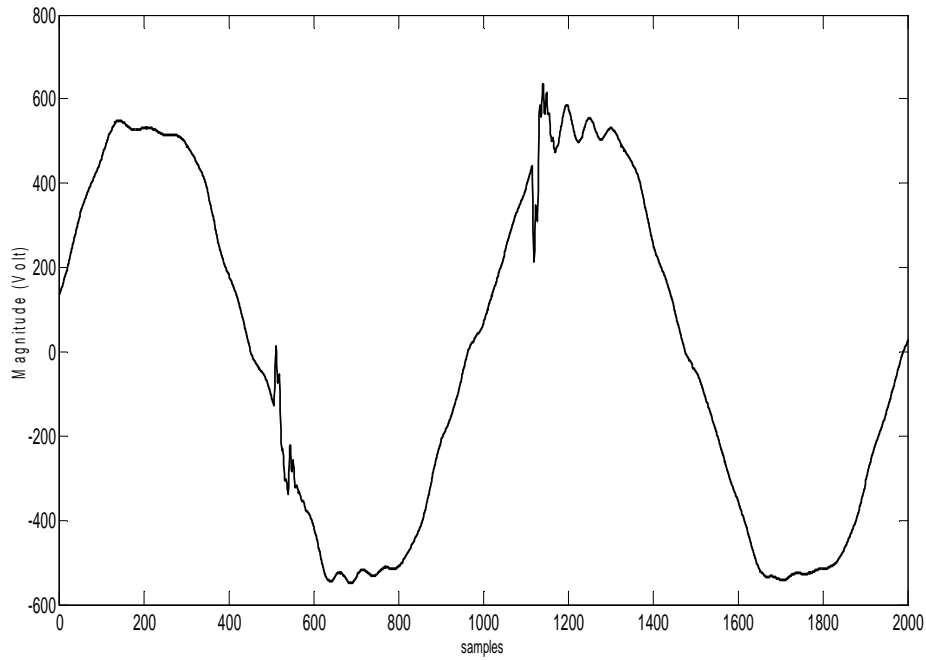
ile tanımlanır. Salınlı geçici olayı, kendi içeriğine bağlı olarak üç alt sınıfa ayırabiliriz. Bunlar;

- Yüksek frekanslı
- Orta frekanslı
- Düşük frekanslı

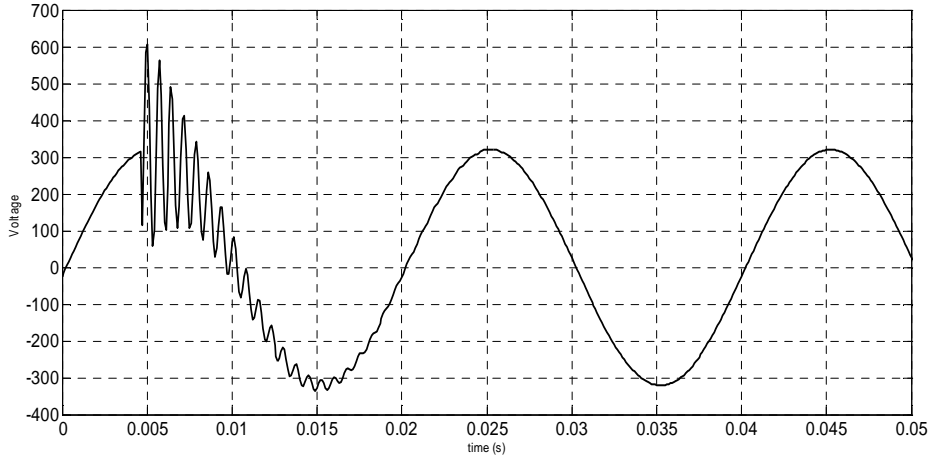
Farklı salınlı geçici olaylar Tablo 2.2. ve Şekil 2.2. de gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Darbeli geçici olayların karakteristikleri, nedenleri ve çözümleri

Darbeli Geçici Olaylar	SPEKTRAL	SÜRE	
1-Nanosaniye	5 ns yüksek	< 50 ns	
2-Mikrosaniye	1us yüksek	50 ns=1 ms	
3- Milisaniye	0.1 ms yüksek	< 1ms	
Metod	Tepe değer, Akış Zamanı, Süre		
NEDENLER	Yıldırım, Elektro-Statik Deşarj , Anahtarlama		
ÇÖZÜM ÖRNEKLERİ	Ani Kesiciler, Filtre, İzolasyon Trafosu		



Şekil 2.1. Darbeli Geçici Olay



Şekil 2.2. Salımlı Geçici Olay

Tablo 2.2. Salımlı geçici olayların karakteristikleri, nedenleri ve çözümleri

Salımlı Geçici Olay	Spektral	Süre	Gerilim Büyüklüğü
DÜŞÜK FREKANS	< 5 kHz	3-50 ms	0.4 pu
ORTA FREKANS	5-500 kHz	20us	0.8 pu
YÜKSEK FREKANS	0.5-5M Hz	5us	0.4 pu
METOD	Dalga Formu	Tepe değer	Frekans bileşenleri
NEDENLER	Kablo/Hat anahtarlama, Kapasitör Anahtarlama, Yük Anahtarlama		
ÇÖZÜM	Parafudr, Filtreler İzolasyon trafoları		

## 2.2.2. Uzun süreli voltaj değişimleri

Uzun süreli voltaj değişimi, bir dakikadan uzun süren rms değerdeki sapma olarak tanımlanır. Sistemdeki yük değişimlerinden dolayı ya da sistem anahtarlama işlemlerinden dolayı meydana gelir. Hem gerilim yükselmesi hem de gerilim düşmesi şeklinde oluşabilir.

### 2.2.2.1. Aşırı gerilim

Aşırı gerilim, alternatif gerilim rms değerinin %110 undan daha büyük bir değerle bir dakikadan uzun bir süre gerilimin yükselmesidir.

### 2.2.2.2. Düşük gerilim

Düşük gerilim, alternatif gerilim rms değerinin %90 ından daha düşük bir değerle bir dakikadan uzun bir süre gerilimin düşmesidir.

### 2.2.2.3. Gerilim kesintileri

Bir dakikadan uzun bir süre gerilim değerinin sıfır olmasıyla oluşan kesintilerdir. Aşırı gerilim, düşük gerilim ve gerilim kesintilerinin genel karakteristikleri tablo 2.3. de özetlenmiştir.

Tablo 2.3. Aşırı gerilim, düşük gerilim ve gerilim kesintilerinin karakteristikleri

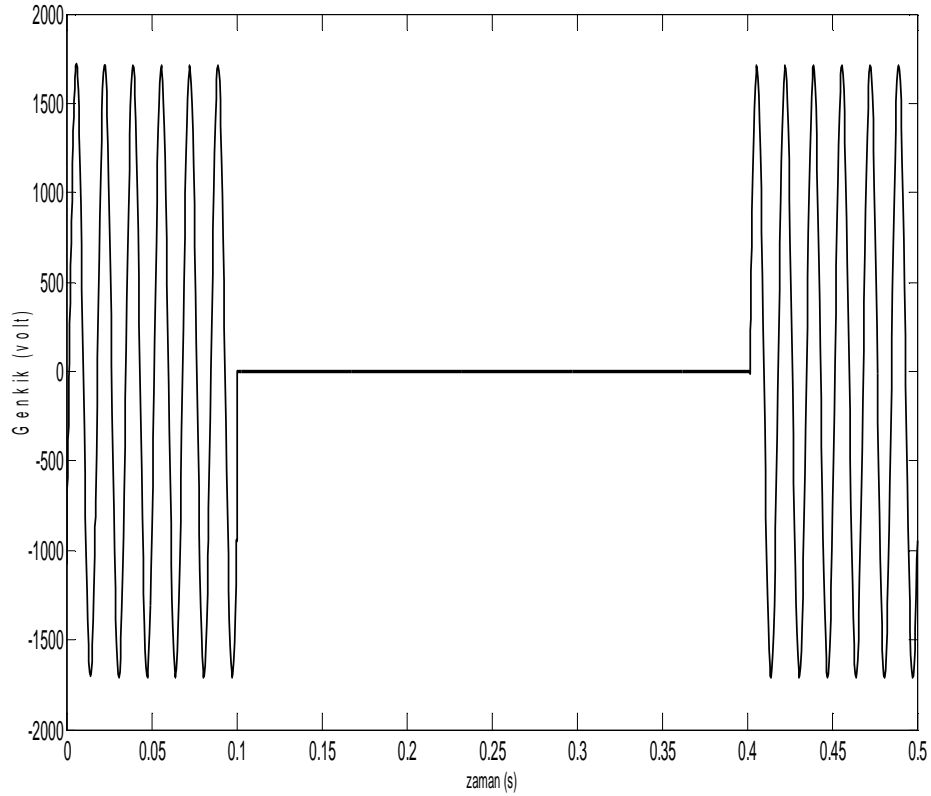
PQ TİPİ	SPEKTRAL İÇERİK	SÜRE	VOLTAJ BÜYÜKLÜĞÜ
YÜKSEK VOLTAJ	-	>1 dak.	1.1–1.2 pu
DÜŞÜK VOLTAJ	-	>1 dak.	0.8–0.9 pu
KEŞİNTİ	-	>1 dak.	0.0 pu
ÖZELLİKLER	RMS , Zaman, İstatistikler		
NEDENLER	Motor devreye alma, Yük Değişimleri		
ÇÖZÜM ÖRNEKLERİ	Voltaj Regülatörleri, Ferro rezonans Transformatör		

### 2.2.3. Kısa süreli gerilim değişimleri

Bu kısım gerilim düşmesi, gerilim yükselmesi ve kısa kesintileri içerir. Bu değişimlerin her biri ani, anlık ya da geçici olarak belirlenir. Detayları ve süreye bağlılığı Tablo 2.4. de görülmektedir.

#### 2.2.3.1. Kesinti

Bir dakikadan uzun olmayan bir süre zarfında gerilim değeri ya da akımın 0,1 pu den daha az bir değerde olması durumudur. Şekil 2.3. de gerilim kesintisi görülmektedir.



Şekil 2.3. Gerilim kesintisi

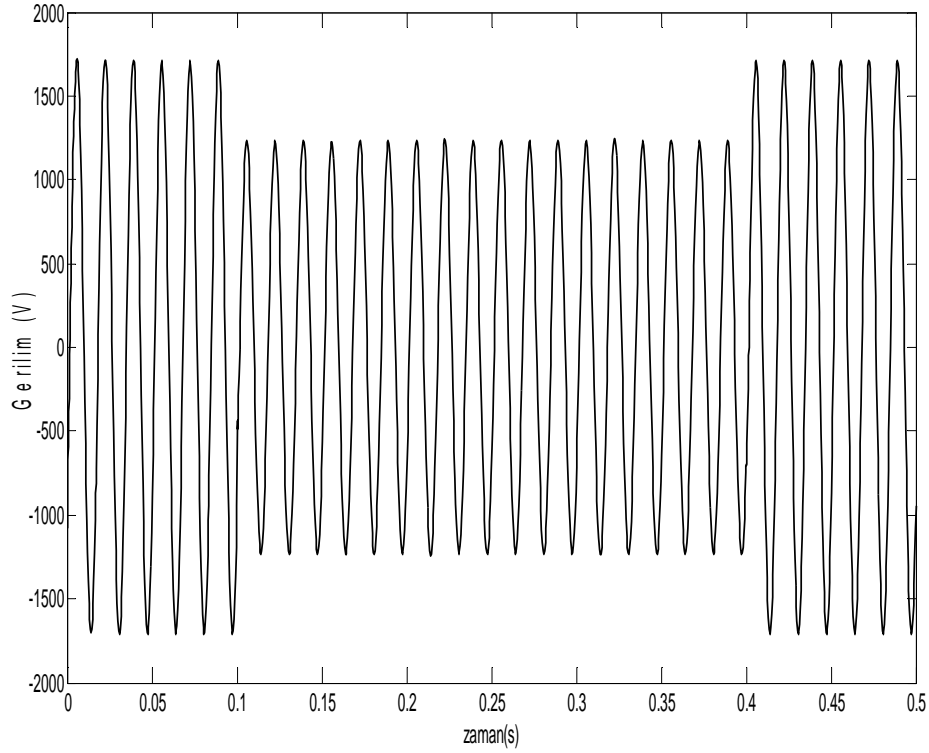
### 2.2.3.2. Gerilim düşmesi

Gerilim düşmesi, rms gerilimde ya da akımda 0.1 pu ile 0.9 pu arasında bir azalmanın 10 ms ile 1 dakika arasında meydana gelmesi olarak tanımlanmaktadır. Gerilim çökmesi çoğunlukla sistem hatalarıyla ilişkilendirilir fakat aynı zamanda ağır yük ya da büyük makinelerin harekete geçmesiyle de meydana gelebilir. Şekil 2.4. de gerilim düşmesi gösterilmektedir.

### 2.2.3.3. Gerilim yükselmesi

Gerilim yükselmesi, rms gerilimin ya da akımın 1.1 pu ile 1.8 pu arasında bir değere 10 ms ile 1 dakika arasında bir süre zarfında çıkması olarak tanımlanmaktadır. Gerilim çökmelerinde olduğu gibi gerilim yükselmeleri de şebekedeki sorunlarla ilişkilendirilir ancak gerilim çökmelerindeki gibi değildir. Şekil 2.5. de gerilim yükselmesi gösterilmektedir.

Gerilim kesintileri, gerilim düşmesi ve gerilim yükselmesi ile ilgili temel karakteristikler Tablo 2.4. de özetlenmiştir.



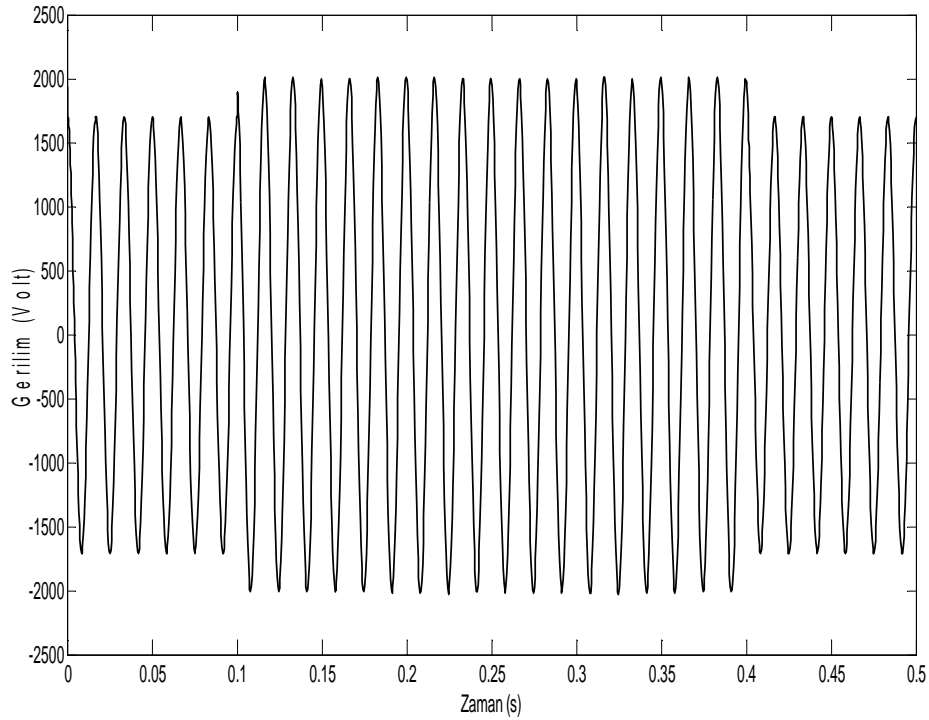
Şekil 2.4. Gerilim düşmesi

#### 2.2.4. Gerilim dengesizliği

Negatif ya da sıfır sekans bileşenlerinin pozitif sekans bileşenlerine oranı olarak tanımlanmaktadır. Sorunun önde gelen sebebi üç fazlı sistemlerde kullanılan tek fazlı yüklerdir.

#### 2.2.5. Dalga formu bozulması

Dalga formunun bozulması, ideal sinüs eğrisindeki değişimler olarak tanımlanmaktadır. Beş çeşit dalga formu bozulması vardır.



Şekil 2.5. Gerilim yükselmesi

### 2.2.5.1. DC bileşen

Alternatif akım elektrik sisteminde DC voltajın varlığı olarak tanımlanır. Jeomanyetik bozulma sonucu veya yarı dalga doğrultma sonucunda oluşur. DC bileşen transformatörlerin doyuma gitmesine bu da transformatörün ısınmasına ve kullanım ömrünün kısılmasına neden olur. Bunlardan başka elektrolitik erezyona neden olmasıyla, topraklama elektrotlarına ve diğer bağlantılara da zarar verebilir.

### 2.2.5.2. Harmonikler

Temel şebeke frekansının tamsayı katı frekanslarda oluşan akım ve gerilimler harmonik bozulmalardır. Bunların nedeni lineer olmayan özellikteki cihazlar ve yüklerdir. Harmonik bozulma seviyeleri her bir harmonik bileşenin faz açısı ve büyüklüğü ile harmonik spektrumunun oluşturulmasıyla ifade edilebilir. Toplam harmonik bozulmayı hesaplamak için de aşağıdaki formül kullanılabilir.

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^n V_h}}{V_1} \cdot 100 \quad (2.1.)$$

$V_h$  = Harmonik bileşenin rms değeri,  $h$ = Harmonik bileşen sayısı (  $V$  ye ait )

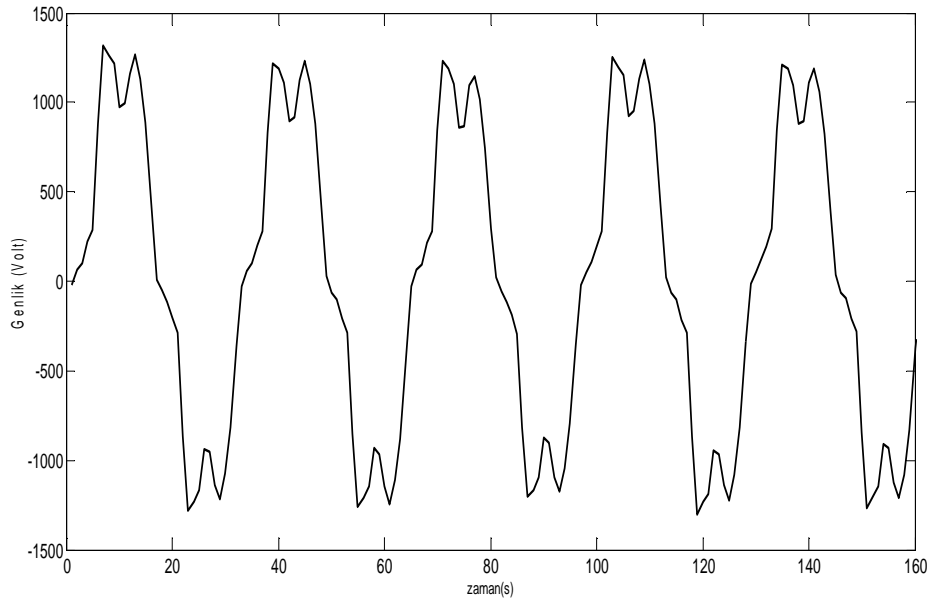
Şekil 2.6. da harmonik bozulmaya uğramış bir sinüs eğrisi görülmektedir.

Tablo 2.4. Gerilim kesintileri, çökmeleri ve yükselmelerinin genel karakteristikleri

Elektrik enerjisindeki kısa süreli gerilim değişimleri	Spektral	Süre	Gerilim büyüklüğü
<b>A-ANİ</b>	-		
Düşme	-	0.5–30 periyot	0.1–0.9 pu
Yükselme	-	0.5–30 periyot	1.1–1.8 pu
<b>B-ANLIK</b>	-		
1.Kesinti	-	0.5 periyot –3 s	<0.1 pu
2.Düşme	-	30 periyot –3 s	0.1-0.9 pu
3.Yükselme	-	30 periyot –3 s	1.1–1.2 pu
<b>C-GEÇİCİ</b>	-		
1.Kesinti	-	3 s-1 dak.	<0.1 pu
2.Düşme	-	3 s-1 dak.	0.1-0.9 pu
3.Yükselme	-	3 s-1 dak.	1.1–1.2 pu
Düşme ve yükselme karakteristikleri	RMS vs zaman , Büyüklük ve süre		
Nedenler	Uzaktaki sistem arızaları, büyük yük,kısa süreli lineer olmayan yükler		
Çözüm önerileri	Ferro rezonans Transformatörler, Enerji depolaması teknikleri, UPS		
Kesintiler	RMS ve zaman, Büyüklük ve Süre		
Nedenler	Sistem Koruma (devre kesiciler ve sigortalar), Bakım		
Çözümler	Yedek jeneratörler, enerji depolama teknikleri, UPS		

Tablo 2.5. DC bileşen, harmonikler ve ara harmoniklerin karakteristikleri

Dalga formu Distorsyonu	Spektral içerik	Süre	VoltajBüyüklüğü
1-DC bileşen		Sabit durum	0–0,1%
2-Harmonikler	0-100. harmonik	Sabit durum	0–20%
3-Ara harmonikler	0.6 kHz	Sabit durum	0–2%
Yöntem tanımı	Harmonik Spektrum, Toplam Harmonik Bozulma, İstatikler		
Nedenleri	Doğrusal-olmayan Yükler, Sistem Rezonansı		
Çözüm örnekleri	Aktif ve Pasif Filtreler ve Transformatörler		



Şekil 2.6. Harmonik bozulmaya uğramış sinyal

### 2.2.5.3. Ara harmonikler

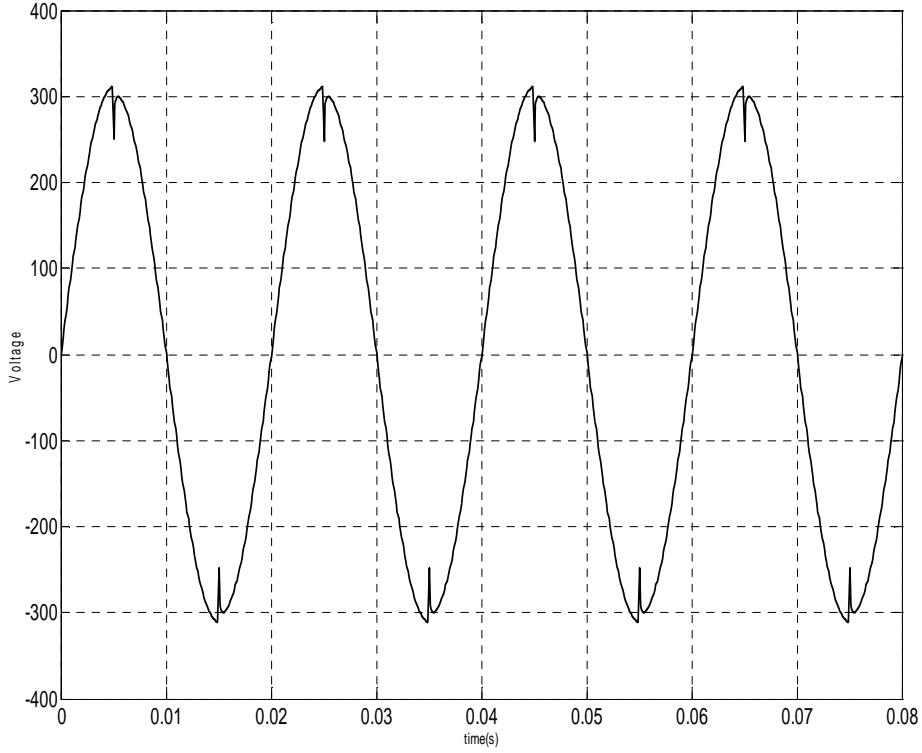
Ara harmonikler, şebeke frekansının tam katı olmayan frekanslardaki akım ve gerilim bileşenleridir. Ara harmoniklerin ana kaynakları, statik frekans dönüştürücüleri, indüksiyon motorları ve ark ocaklarıdır.

DC bileşen, harmonikler ve ara harmoniklerle ilgili karakteristik özellikler Tablo 2.5. de özetlenmiştir.

### 2.2.5.4. Çentikleme

Çentikleme, akım bir fazdan diğerine doğru yönünü değiştirirken elektronik cihazların normal işlevinde iken oluşturduğu periyodik gerilim bozulması olarak tanımlanır. Şekil 2.7. de gerilim eğrisindeki çentikleme görülmektedir.





Şekil 2.7. Gerilim çentiklemesi

### 2.2.5.5. Gürültü

200 kHz den az geniş bantlı istenmeyen elektrik sinyallerinin, şebeke fazları ya da nötrü üzerine binmesi sonucu oluşan bir dalga formu bozukluğudur. Güç elektroniği cihazları, kontrol devreleri, ark ekipmanları, yükler, güç kaynaklarını anahtarlamalar bu bozulmaya neden olabilirler. Gürültü problemi, uygun olmayan topraklamalarda, şebekeye doğru gider. Filtre, izolasyon trafosu ve hat düzenleyicileri kullanarak gürültü problemi azaltılır.

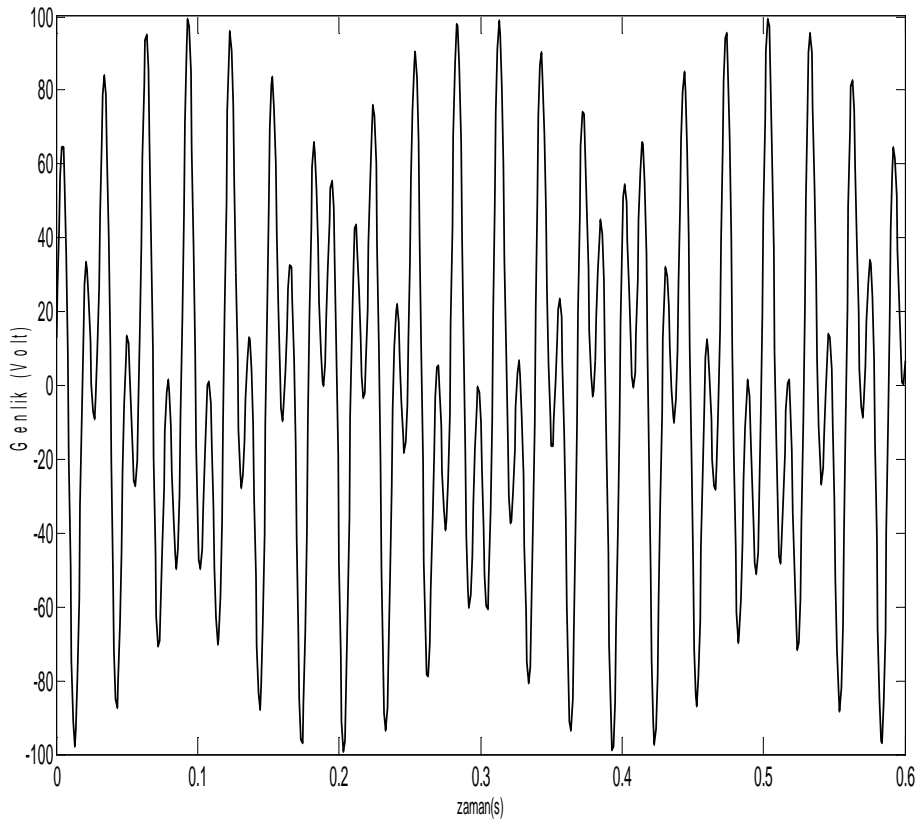
### 2.2.6. Gerilim kırışması

Gerilim kırışması, random gerilim değişikliklerinin bir serisidir. Büyüklükleri normalde 0.9 pu den 1.1 pu aralığını kesinlikle geçmez. Gerilim kırışmalarının ana kaynağı sürekli hızlı değişen yüklerdir. Akım büyüklüğündeki sürekli değişimler gerilim büyüklüğünde değişimlere neden olurlar ve bu da gerilim kırışması olarak

algılanır. En bilinen kaynağı ark fırınlarıdır. Kırpışma sinyali temel rms büyüklüğün yüzdesi olarak ifade edilir. Şekil 2.9. da gerilim kırpışması dalga şekli gösterilmiştir.

### 2.2.7. Frekans değişimleri

Temel şebeke frekansının nominal değerinden değişimler olarak tanımlanır. Bu frekans direkt olarak generatörlerin dönme hızıyla bağlantılıdır. Frekans değişimleri enerji iletim sistemlerinde sorunlara neden olur. Büyük bir bölge devre dışı kalabilir ya da büyük generatörler devre dışı kalabilir.



Şekil 2.9. Gerilim kırpışması

Tablo 2.6. Gerilim dengesizliği, entikleme, gürültü, gerilim kırpışması ve frekans değişimleri karakteristikleri

PQ	SPEKTRAL İÇERİK	SÜRE	VOLTAJ BÜYÜKLÜĞÜ
Gerilim Dengesizliği	-	Sabit durum	0.5–2,0%
entikleme	-	Sabit durum	
Gürültü ( Titreşim )	Geniş-banlı	Sabit durum	0–1%
Gerilim Kırpışması	<25 Hz	Kesintili	0.1–7%
Frekans Değişimleri		<10s	

## **BÖLÜM 3. ELEKTRİK ENERJİSİ KALİTE PROBLEMLERİNİN TEKSTİL ÜRETİMİNE ETKİLERİ**

### **3.1. Giriş**

Tekstil sektörünün geçmişi çok eskilere dayanmaktadır. Yunan mitolojisindeki Penelope, dokuma tanrısıdır. Sektör sanayileşmenin başlamasıyla hemen sanayi içindeki yerini almıştır. Dokuma tezgahları, jakar makineleri 1700 lü yıllarda yapılmıştır. Bilgi birikiminin çok yüksek olduğu sektör elektrik, elektronik ve bilgisayar dünyasındaki gelişmelerden öncü olarak yararlanmıştır. Günümüz tekstil makinelerinin önemli kısmı en son teknolojileri kullanmaktadır. Bu yüksek teknolojinin kullanımı beraberinde sorunları da doğurmuştur. Ülkemizdeki elektrik enerjisi altyapısındaki eksiklikler bu makinelerin çalışmalarına olumsuz olarak etki yaptığı gibi, güç elektroniği donanımlı bu makinelerin de yine bu şebekeye elektrik enerjisi kalitesizliği yönünde olumsuz etkileri de bulunmaktadır.

Elektrik kesintileri direkt olarak kayıptır. Elektrik kesintileri üretim, işçilik, verimlilik, hizmet vb. maliyetleri oluşturan ana kalitesizliktir. Bununla beraber yüksek teknoloji üretim hatlarının ihtiyaç duyduğu elektrik kalitesi de yüksektir. Elektrik enerjisi kalitesi olayları bu makineleri olumsuz etkilemekte ve çeşitli kayıplara neden olmaktadır. Tekstil üretimindeki elektrik enerjisi kalitesinin tekstil ürünleri üretimindeki etkilerini bu bölümde sıralanmıştır.

Tekstil üretimleriyle ilgili makineler çok pahalıdır ve dolayısıyla amortisman yükleri çok ağırdır. Bu nedenle tekstil işletmelerinde çalışan tüm makineler 24 saat/gün çalışacak şekilde tasarlanmışlardır. Bunlardan çıkarılacak ana sonuç da tekstil işletmelerinde meydana gelecek her duruşun direkt olarak verim kaybı olduğu ve parasal bir kayıpla bunun sonuçlandığı olacaktır.

Aşağıdaki bölümlerde çok geniş tekstil üretimi içinde elektrik enerjisi kalitesizliklerinden en çok etkilenen, kayıpların yüksek olduğu bölümler açıklanmıştır.

### **3.2. Elektrik Enerjisi Kalitesinin Dokuma-Örme Üzerindeki Etkileri**

Tekstil dokuma ürünleri çok geniş bir yelpazeyi oluşturmaktadır. Kullanılan kıyafetlerin büyük bölümü, odalardaki oturma gruplarının yüzey kaplamalarının önemli bir kısmı, camlardaki tül ve perdeler, zemindeki halılar, banyolardaki havlular, hatta arabalardaki air-bagler tekstil dokumasıyla ya da örülmesiyle imal edilmiş kumaşlardır.

Günümüz dokuma ve örgü makineleri yüksek teknoloji makinelere. Bu makinelerde onlarca sensör, sürücü kontrollü ac ve dc elektrik motorları, haberleşme kartları, cpu üniteleri, dokunmatik displayler, ethernet kartları, encoderler bulunmaktadır. Bu ekipmanlar ayrıca farklı gerilim değerleriyle çalışmaktadır.

Tekstil dokuma makineleri yapıları gereği yüksek randımana ulaşana kadar, mühendis ve teknisyenler tarafından ayar çalışmalarına tabi tutulurlar. Herhangi bir sebeple bir dokuma salonundaki makineler durursa makine parkının kabul edilebilir randıman değerine ulaşması dört saati bulabilmektedir. Bu nedenle kısa ya da uzun süreli herhangi bir kesinti direkt üretim kaybı anlamına gelmektedir. Elektrik enerjisi sinüs formuna hassas olan bu makineler gerilim düşmeleri, gerilim çökmeleri, gerilim dalgalanmaları durumunda duruşa geçebilmektedir. Bu da biraz önce anlattığımız verimsizlik ve buna bağlı üretim kayıplarına neden olmaktadır.

Bu makinelerde ayrıca pozisyon belirlemede kullanılan özel encoderler bulunmaktadır ve sebepsiz duruşlarda bu malzeme ( değeri yaklaşık 500 € ) bozulabilmektedir ve yenisiyle değiştirilene kadar da en az iki saatlik bir duruş oluşmaktadır. Gerilim çökmelerinde aşırı akımlar çekilebilmekte ve bu da ortalama 6 kW gücünde olan motorların çok yüksek akımlar çekmesine neden olmakta bu da motorları süren elektronik kartların arızalanmasına neden olabilmektedir. Bu kartlar da yaklaşık 2500 € değerinde ve değişimi de en az iki saat sürebilmektedir.



Şekil 3.1. Dokuma makineleri ( Armürlü makineler )

Tekstil dokuma işletmelerinde bir dokuma tezgahının ortalama günlük cirosunu 2400 USD olarak kabul edebiliriz bu da bir makinenin bir saatte ekonomiye kattığı değer 100 USD olduğunu ifade eder. Ülkemizdeki kurumsal firmalarda her bir işletme için ortalama dokuma makinesi sayısı aralığı 100 ile 1000 arasındadır. Böylesi işletmelerimizde bir saatlik sadece duruş dokuma üretim kaybının 10000 USD ile 100000 USD arasında olacağı rahatlıkla hesaplanabilir. Böylesi bir duruş tekstil fabrikalarının fazla olduğu organize sanayi bölgesinde olduğunda oluşacak kaybın büyüklüğü çok daha dramatik değerlere ulaşacaktır. Bir gerilim dalgalanması, çökmesi ya da kesintisinin ne büyük kayıplara neden olabileceğini bu örnekle göstermiştir.[32]

Harmonikler de yine bu makinelerde arıza ve duruş nedenleridir. Makinelerin beslendiği hattaki aşırı gerilim ve akım harmonikleri, makinelerdeki tüm elektrik ve elektronik ekipmanlarının ömrünü kısaltmaktadır. Arızalara neden olup, onarım masraflarına ve üretim kayıplarına neden olmaktadır. Ayrıca makinelerin amortisman sürelerini kısaltmakta bu da maliyetleri arttırarak kayba neden olmaktadır.[30] Desenli dokumalarda dokuma makinelerinin üstüne jakar adında bir makine yerleştirilir. Dokuma tezgahı tarafında tahrik edilen bu makine de tam elektriktir.

Çözgü boyunca bulunan binlerce ipliğin pozisyonunu bu makine kendisine yüklenmiş desen formatına göre ayarlamaktadır. İpliklerin yukarıda ya da aşağıda durmasını sağlayan magnetleri kontrol eden kartlar elektrik enerjisi kalitesinde meydana gelen sorunlardan dolayı bozulabilmektedir. Tek bir modülde oluşabilecek bir sorun üretilen kumaşın hatalı olmasına ve hurdaya ayrılmasına neden olabilmektedir. Bu sorun ancak kalite kontrol masasında anlaşabilmekte ve kaybın geri dönüşü olmamaktadır. Şekil 3.1. de dokuma makinelerinden ( armürlü ) oluşmuş, bir işletmedeki dokuma salonu görülmektedir. Şekil 3.2. de jakarlı dokuma makineleri görülmektedir. Sehpaların üstünde jakar makineleri görülmektedir.



Şekil 3.2. Jakarlı dokuma makineleri

### 3.2.1. Dokuma prosesinin tutarı ( dt )

- a: Dokunacak kumaşın atkı sıklığı ( atkı sayısı/cm )
- n: Dokuma makinesinin ( tezgahının ) devir sayısı ( devir/dakika )
- $\eta$ : Dokuma makinesinin ( tezgahının ) verimi
- ü: Dokuma makinesinin günlük üretim kapasitesi ( metre/gün )
- m: Dokuma makinesinin amortisman süresi ( Yıl )
- mb: Dokuma makinesinin satın alma bedeli ( Euro )

- mt: Amortisman tutarı  
e: Dokuma makinesinin tükettiği elektrik enerjisi ( kW/h)  
eb: Elektrik enerjisinin birim fiyatı ( TL/kWh )  
et: Dokuma makinesinin tükettiği elektrik enerjisinin tutarı  
p: Dokuma makinesinde çalışan işçi sayısı  
i: Bir işçinin aylık maliyeti ( TL/Ay )  
pt: İşçilik tutarı ( TL/metre )  
h: Havalandırmada kullanılan elektrik enerjisi ( kW/h )  
ht: Havalandırmada kullanılan elektrik enerjisinin tutarı ( TL/metre )  
dk: Döviz kuru ( TL/Euro )  
k: Kullanılacak genel kimyasal fiyatı ( TL )  
kç: Kullanılan kimyasal çarpanı  
b: Büzülme ( çekme ) katsayısı  
dt: Dokuma prosesi tutarı ( TL/metre )  
300: Yıllık çalışma süresi ( gün )  
25: Aylık çalışma süresi ( gün )

$$\ddot{u} = \frac{\frac{n.60.24. \eta}{a.100}}{1 + \frac{b}{100}} \left( \frac{\text{metre}}{\text{gün}} \right) \quad (3.1.)$$

formülüyle dokuma makinesinin bir günlük toplam üretim miktarı metre cinsinden hesaplanır. Burada kumaştaki büzüşme miktarı da hesaplamalara dahil edilmiştir.

$$mt = \frac{mb.dk}{\ddot{u}.300.m} \quad (\text{TL} / \text{metre}) \quad (3.2.)$$

formülü ile dokuma makinesinin ürettiği kumaşın bir metresi başına düşen amortisman tutarı hesaplanır.

$$pt = \frac{p.i}{\ddot{u}.25} \left( \frac{\text{TL}}{\text{metre}} \right) \quad (3.3.)$$

formülü ile dokuma makinesinin yaptığı üretimde kullanılan işçilik tutarının, üretilen kumaşın bir metresine düşen kısmı hesaplanır.



$$et = \frac{e.24.eb}{\ddot{u}} \left( \frac{TL}{\text{metre}} \right) \quad (3.4.)$$

formülü ile dokuma makinesinin yaptığı üretimde dokuma makinesinin tükettiği elektrik tutarının, üretilen kumaşın bir metresine düşen kısmı hesaplanır.

$$ht = \frac{h.24.eb}{\ddot{u}} \left( \frac{TL}{\text{metre}} \right) \quad (3.5.)$$

formülü ile dokuma makinesinin yaptığı üretimde havalandırma sisteminin harcadığı elektrik tutarının, üretilen kumaşın bir metresine düşen kısmı hesaplanır.

$$kt = \frac{k.k\check{c}}{1000} \left( \frac{TL}{\text{metre}} \right) \quad (3.6.)$$

formülü ile dokuma makinesinin genel üretiminde kullanılan kimyasal malzemelerin, üretilen kumaşın bir metresine düşen kısmı hesaplanır.

$$dt = mt + pt + et + ht + kt \left( \frac{TL}{\text{metre}} \right) \quad (3.7.)$$

formülü ile dokunan veya dokunacak bir metre kumaşın maliyet tutarlarından dokuma prosesi için harcanan kısmı hesaplanır. Bu tutar hammadde giderlerinden sonraki en yüksek maliyet kalemini de oluşturur.

### 3.2.2. Jakar prosesinin tutarı ( jt )

Jakar makineleri dokuma makineleri ile bir şaft vasıtası ile senkron çalıştılarından, dokuma tezgahının üretimine eşit miktarda üretim yaparlar. Jakar makineleri üretim yaparken özel olarak işçi çalışmadığından işçilik tutarı bulunmamaktadır. Bunlara göre formüller aynı olacak ancak dokuma makinesi parametreleri yerine jakar makinesinin parametreleri konulacaktır. Bunlara göre;

1.  $\ddot{u}$  üretim miktarı aynı olacaktır.

2. mt yerine mjt olacaktır. Formülde jakar makinesinin bedeli kullanılacaktır.
3. et yerine ejt olacaktır. Formülde jakar makinesinin elektrik tüketimi kullanılacaktır.
4. ht yerine hjt olacaktır. Jakar için verilen h değeri kullanılacaktır.
5. kt yerine kjt olacaktır. Jakar için verilen k değeri kullanılacaktır. Bunlara göre;

$$jt = mjt + ejt + hjt + kjt \left( \frac{TL}{\text{metre}} \right) \quad (3.8.)$$

formülü elde edilir. Bu formül ile dokunan ya da dokunacak kumaşın bir metresi için jakar makinesinden gelen maliyet hesaplanabilecektir.

### 3.2.3. Jakarlı dokuma prosesinin tutarı ( jdt )

Dokuma makinesi ile jakar makinesi kumaş dokumasını beraber yapacakları için bu durumda tutar;

$$jdt = dt + jt \left( \frac{TL}{\text{metre}} \right) \quad (3.9.)$$

şeklinde hesaplanabilecektir. Özellikle desenli kumaşların dokumasında kullanılan jakarlı dokuma kombinasyonunun maliyet hesabı bu formülle yapılabilecektir.

### 3.3. Dokuma Hazırlık Üzerindeki Etkileri

Dokuma makinelerinin üstüne çözgü levendi takılır. Bu levendin üstünde binlerce iplik yan yana ve eşit tansiyonda yer almaktadır. Bu iplikler normalde bobinlerinde bulunmaktadır. Aşağıda anlatılan makineler yardımıyla bobinlerde bulunan bu ipler, bir levent üzerine yan yana, aynı tansiyonda yerleştirilir. Dokuma hazırlık konik çözgü, seri çözgü, haşıl gibi makinelerden oluşmaktadır. Çözgü ipliklerinde bazen pamuk iplikleri özel bir mukavemet arttırma ( haşıl ) işlemine ihtiyaç duyar ve bu iplerde dokuma makinesinde kullanılabilir hale seri çözgü makineleriyle getirilmektedir. Haşıl işlemi uygulanmayan iplikler de konik çözgü makineleriyle levent üzerine alınırlar. Şekil 3.3. de konik çözgü makinesi görülmektedir.



Şekil 3.3. Konik çözgü makinesi

Bu makinelerin ortak özelliği yine yüksek teknolojiyle donatılmış olmalarıdır. Makineler öncelikle bilgisayar ile kontrol ve kumanda edilmektedirler. Dokunmatik operatör paneli, plc, modbus haberleşmeli encoderler, invertörler, step motorları vb. pek çok donanım malzemesi bulunmaktadır.

Dokuma hazırlıkta oluşan direkt kayıplar çok dramatik değildir ancak işletmelerde yedekli olarak bulundurulmayan bu makinelerde uzun süreli arızalar meydana gelirse dolaylı olarak yüksek miktarda üretim kayıpları oluşabilmektedir ya da işletme dışında fason yaptırılarak ek maliyetlere katlanılabilmektedir.

Herhangi bir arıza durumunda çözgü makinesi pozisyonunu kaybedebilir. Bu da bu ana kadar makinenin üstüne alınmış ipin kesilip hurdaya atılmasına neden olabilmektedir. Örneğin bu iplik boyalı polyester ise bu kayıp 3000 USD ye kadar ulaşabilecektir.[32]

### 3.3.1. Dokuma hazırlık prosesinin tutarı ( dht )

ü: Çözgü makinesinin günlük üretim miktarı ( metre/gün )

bs: bant sayısı

kçm: konik çözgü makine bedeli ( Euro )

kçmt: konik çözgü makinesi amortisman tutarı ( TL/metre )

- e: Çözgü makinesinin elektrik enerjisi tüketimi ( kW/h )
- h: Havalandırma sisteminin tükettiği eletriğin konik çözgü makinesine düşen payı ( kW/h )
- d: doğalgaz tüketimi ( m<sup>3</sup> )
- db: doğalgaz birim fiyatı ( TL/ m<sup>3</sup> )
- et: elektrik tüketim tutarı ( TL/metre )
- dgt: doğalgaz tüketim tutarı ( TL/metre )
- ht: havalandırma sistemi için elektrik tüketim tutarı payı ( TL/metre )
- k: kimyasal malzeme fiyatı ( TL )
- kç: kimyasal malzeme çözgü makinesi kullanım çarpanı
- i: Bir işçinin bir aylık maliyet tutarı ( TL/ay )
- p: Çözgü üretiminde çalışan işçi sayısı
- pt: Çözgü üretiminde harcanan işçiliğin tutarı ( TL/metre )

$$\ddot{u} = \frac{n.60.24.\eta}{100.bs} \left( \frac{\text{metre}}{\text{gün}} \right) \quad ( 3.10. )$$

formülü ile çözgü ( dokuma hazırlık ) makinesinin günlük üretim kapasitesi metre cinsinden hesaplanır.

$$kçmt = \frac{kçm.dk}{\ddot{u}.300.m} \left( \frac{\text{TL}}{\text{metre}} \right) \quad ( 3.11. )$$

formülü ile çözgü makinesinin çektiği ( ürettiği ) çözgünün bir metresi başına düşen, çözgü makinesi amortisman tutarı hesaplanır.

$$pt = \frac{p.i}{\ddot{u}.25} \left( \frac{\text{TL}}{\text{metre}} \right) \quad ( 3.12. )$$

formülü ile çözgü üretimi sırasında yapılan işçiliğin, üretilen çözgünün bir metresi başına düşen maliyet miktarı hesaplanır.

$$et = \frac{e.24.eb}{\ddot{u}} \left( \frac{\text{TL}}{\text{metre}} \right) \frac{b}{1 + \frac{b}{100}} \quad ( 3.13. )$$

formülü ile çözgü üretimi sırasında tüketilen elektrik enerjisi tutarının, iplik elyaf türlerine bağlı olan büzüşme miktarı da göz önünde bulundurularak metre başına düşen elektrik maliyet miktarı hesaplanır.

$$dgt = \frac{d.24.db}{\frac{\ddot{u}}{1 + \frac{b}{100}}} \left( \frac{TL}{\text{metre}} \right) \quad (3.14.)$$

formülü ile 3.13. dekine benzer şekilde bir metre başına doğalgaz maliyeti hesaplanır.

$$ht = \frac{h.24.eb}{\frac{\ddot{u}}{1 + \frac{b}{100}}} \left( \frac{TL}{\text{metre}} \right) \quad (3.15.)$$

formülü ile 3.13. dekine benzer şekilde bir metre başına havalandırma sisteminden çözgü üretimi bölümüne düşen elektrik tüketimi payı maliyeti hesaplanır.

$$kt = \frac{k.k\check{c}}{1000} \left( \frac{TL}{\text{metre}} \right) \quad (3.16)$$

formülü ile çözgü makinesinin işletiminde tüketilen kimyasalların üretilen çözgünün bir metresi başına düşen maliyet miktarı hesaplanır.

$$dht = k\check{c}mt + pt + et + dgt + ht + kt \left( \frac{TL}{\text{metre}} \right) \quad (3.17)$$

formülü ile üretilen bir metre çözgünün maliyeti hesaplanır.

### 3.4. Boyama Prosesleri Üzerindeki Etkileri

Tekstil sektörü boyama proseslerini genel başlıklarıyla elyaf, iplik ve kumaş boyama olarak sınıflandırılabilir. Bu makineler fiziki yapıları farklı olsa da boyadıkları materyaller aynı olduklarından benzer prensiplerle çalışırlar. Neticede elyaf da, iplik de, kumaş da, akrilik, polyester, pamuk veya viskon gibi hammaddelerden

oluşmaktadır. Bu makinelerin hepsinde sürücü kontrollü pompalar, seviye ölçerler, ısı ölçerler, akışkan ölçerler, plc cihazları veya cpu içeren kontrol kartları, dokunmatik paneller, aktuatörlü vanalar, oransal vanalar ve daha pek çok elektrikli, elektromekanik, elektronik sensör ve ekipmanlar bulunmaktadır. Şekil 3.4. de dikey bobin boyama makinelerinin kurulu olduğu bir işletmenin resmi bulunmaktadır. Şekil 3.5. de kumaş boyama makinelerinin bulunduğu bir işletme görülmektedir.

Boyama kazanları numune boyutundan bir tonluk kapasitelere çeşitli ebatlarda yapılmaktadır. Üretimin durumuna göre ayarlanmaktadır ama hedef daima en yüksek kapasiteli makinelerle çalışmaktır. Böylece sipariş içindeki parti sayısı minimize edilmiş, ton farkı riski de azaltılmış olur.



Şekil 3.4. Dikey bobin boyama kazanları

Her üç yapıda da boyama kazanları içine elyaf, iplik ya da kumaş çeşitli formlarla koyularak boyama yapılır. Boyama işlemi belli bir ısı değerinden başlayarak çeşitli ısı değerlerinde, çeşitli sürelerde kazan içindeki suyun pompalarla devir daim ettirilerek ( bu basamaklarda bazı kimyasallar ve boyalar da ilave edilir ) gerçekleştirilir. Dolayısıyla belli ısı değerlerinin, belli sürelerde sağlanması ve suyun devir daim etmesi boya prosesinin kritikleridir.



Şekil 3.5. Kumaş boya makineleri

Boya makinelerindeki ekipmanlar da yukarıda anlatıldığı üzere hassas ekipmanlar olduklarından, elektrik enerjisi kalitesizliklerinin pek çoğunda duruş oluşabilir. Kayıplar da bu duruşların süresine göre küçük ya da büyük olur. Gerilim düşümü, gerilim dalgalanması gibi durumlarda makine kendine korumaya alıp kapatabilir. Kalitesizlik kısa sürede geçerse ( kazan içerisindeki su çok soğumadan ), ilave vermek diye tabir edilen tamir işlemi uygulanır. Bu da işlem süresinin uzamasına, su, enerji, kimyasal ve amortisman kayıplarına neden olur. Genelde boyama maliyetinin yarısı tutarında olur. Bin kiloluk bir boya kazanında polyester boyandığını kabul edersek, kilo başına 0,5 USD lik bir kayıp anlamına gelir ve toplam kayıp da 500 USD olur. Pamuk ya da viskon boyama işlemi varsa bu kayıp iki katına çıkar. Otomotiv sektörüne bir kumaş boyama uygulanıyorsa bu durumda komple boyama tekrarlanmak zorunda kalınabilir. Bu da zararı tekrar iki katına çıkartır. Bunlardan daha kötü durum ise, boya kazanı içindeki iplik ya da kumaşın kaybedilmesidir. Bu duruşların bazılarında, hammadde ya da ürün yapısından, boyanan malzeme de hurdaya ayrılmak zorunda kalınabilir. Bir tonluk bir kazanda eğer iplik var ise, örneğin bu polyester ise 2000 USD ile 4000 USD arasında bir kayıp oluşacaktır. Eğer kumaş ise 4000 USD ile 20000 USD arasında bir kayıp oluşabilecektir.

( Kumaş ve ipliğin yapısı ve boya öncesi turlama, dokuma gibi ilave edilmiş değerlerden dolayı farklılıklar göstermektedir ).[42]

Yine elektrik enerjisi kalitesizlikleri halinde makinelerin yukarıda bahsedilen ekipmanlarında arızalar ve hasarlar oluşabilmektedir. Gerilim dalgalanmaları, düşmeleri durumunda meydana gelen aşırı akımlar, harmonikler sonucu maruz kalınan aşırı gerilim ve akımlardan dolayı elektrik ve elektronik ekipmanların ömürleri kısalarak amortisman kayıpları oluşmaktadır. Elektronik kartlar bozulmakta, elektrik motorlarında ve sürücülerinde hasarlar olabilmektedir.

Kurumsallaşmış boyahanelerde en az 10 adet boya kazanı bulunmaktadır. Polyester boyadıkları düşünüldüğünde günde 60 kez boyama yapabildiklerini söyleyebiliriz. Kazan ortalamalarını da 500 kg olarak kabul eder isek günde 30 ton boyamadan bahsedebiliriz. Yukarıda verilen rakamlardan oluşabilecek kayıplar tahmin edilebilecektir ve ülkemizde yüzlerce boyahane bulunmaktadır.

Ülkemiz tekstil sektöründeki gerileme son yıllarda iyice kendini göstermiştir. Her yıl boyahaneler kapanmaktadır. Bir tonluk bir kazanda polyester iplik boyayan bir boyahanenin yapacağı ciro 1500 USD ve en iyimser karı da 300 USD dir. Yukarıda anlatıldığı üzere bir enerji probleminde 500 USD veya 1000 USD hatta 2000 USD tutarında bir kayıp oluşabilecektir. Bu nedenle elektrik kalitesinin önemi çok bariz bir şekilde görülmektedir. Kaliteli elektrik enerjisi konusu günümüz düşük karlılıkla çalışma ticari ortamında bu tip şirketlerin varlıklarını sürdürmeleri konusunda önemli bir rol almıştır.[42]

### 3.4.1. İplik boya prosesinin tutarı ( bt )

ü: Boyama makinesinin günlük üretim miktarı ( kg/gün )

bs: boyama sayısı

bşk: Boyama kazanı şarj kapasitesi ( şarj/kg )

mb: boya makinesi, makine bedeli ( Euro )

mt: konik çözgü makinesi amortisman tutarı ( TL/metre )

e: boyama makinesinin elektrik enerjisi tüketimi ( kW/h )



- d: doğalgaz tüketimi ( m<sup>3</sup> )  
db: doğalgaz birim fiyatı ( TL/ m<sup>3</sup> )  
et: elektrik tüketim tutarı ( TL/metre )  
dgt: doğalgaz tüketim tutarı ( TL/metre )  
i: Bir işçinin bir aylık maliyet tutarı ( TL/ay )  
p: Çözü üretiminde çalışan işçi sayısı  
pt: Çözü üretiminde harcanan işçiliğin tutarı ( TL/metre )  
y: yardımcı malzeme ( TL )  
yt: yardımcı malzeme tutarı ( TL/metre )  
yç: yardımcı malzeme çarpanı  
300: yıllık çalışma gün sayısı  
25: aylık çalışma gün sayısı

$$\ddot{u} = \frac{24.b\dot{s}k.\eta}{bs} \quad ( \text{kg/gün} ) \quad ( 3.18. )$$

formülü ile bir boyama makinesinin ( kazanının ) günlük boyayabileceği iplik ya da kumaş miktarı hesaplanır.

$$mt = \frac{mb.dk}{\ddot{u}.m.300} \left( \frac{TL}{kg} \right) \quad ( 3.19. )$$

boyanan kumaşın ya da ipliğin bir kilogramına düşen amortisman maliyetinin tutarı bu formülle hesaplanır.

$$pt = \frac{p.i}{\ddot{u}.25} \left( \frac{TL}{kg} \right) \quad ( 3.20. )$$

boyanan kumaşın ya da ipliğin bir kilogramına düşen işçilik maliyetinin tutarı bu formülle hesaplanır.

$$et = \frac{e.24.eb}{\ddot{u}} \left( \frac{TL}{kg} \right) \quad ( 3.21. )$$

boyanan kumaşın bir kilogramına düşen elektrik maliyeti tutarı bu formülle hesaplanır.

$$dt = \frac{dg.24.db}{\ddot{u}} \left( \frac{TL}{kg} \right) \quad (3.22.)$$

boyanan kumaşın bir kilogramına düşen doğalgaz tüketim maliyeti tutarı bu formülle hesaplanır.

$$yt = \frac{y.y\check{c}}{1000} \left( \frac{TL}{kg} \right) \quad (3.23.)$$

formülü ile boyama için kullanılan boya yardımcı kimyasallarının bir kg iplik ya da kuma boyaması için oluşan maliyet tutarı hesaplanır.

$$bt = mt + pt + et + dt + yt \left( TL / kg \right) \quad (3.24.)$$

formülü ile boyanan ya da boyanacak bir kilogram kumaşın, boyama prosesinde ( boyama kazanlarında yapılan işlemlere karşılık gelen tutar ) oluşacak maliyet tutarı hesaplanır.

### 3.4.2. Santrifüj ( boya ara prosesi ) prosesinin tutarı ( st )

Genel hesaplama formülleri iplik boya prosesindeki gibidir. Değerler alınırken santrifüj makinesinin parametreleri dikkate alınacaktır. Bu durumda tutar aşağıdaki gibi olacaktır;

$$st = mt + pt + et + yt \left( TL / kg \right) \quad (3.25.)$$

Bu formül ile santrifüj prosesinin maliyet tutarı hesaplanır. Yukarıda da ifade edildiği gibi benzer formüller tekrar yazılmamıştır. Formüller aynıdır ve dikkat edilecek husus da konulacak değerlerde santrifüj makinesiyle ilgili değerlerin konmasından ibarettir.

### 3.4.3. RF kurutma ( boya ara prosesi ) prosesinin tutarı ( rft )

Genel hesaplama formülleri ve sonuç tutar formülü, santrifüj prosesinin aynısıdır. Sadece formüllerde RF kurutma makinesinin parametrelerine göre hesaplamalar yapılmalıdır.

$$rft = mt + pt + et + yt \left( \frac{TL}{kg} \right) \quad ( 3.26. )$$

formülü ve yukarıda anlatılanlarla radyo frekanslı kurutma prosesinin maliyet tutarı hesaplanır. Bu işlem sadece belli elyaf özelliklerine sahip işlemlerde uygulanır. Kumaş için söz konusu değildir.

### 3.4.4. Son sarım ( boya ara prosesi ) prosesinin tutarı ( sst )

Formüller yukarıdaki hesaplamalardaki gibidir. İlave olarak havalandırma tüketiminin tutarı ilave edilecektir.

$$ht = \frac{h.24.eb}{\ddot{u}} \left( \frac{TL}{kg} \right) \quad ( 3.27. )$$

bu formül ile son sarım prosesinde kullanılan havalandırma sisteminden dolayı prosesin payına düşen elektrik tüketimi tutarı hesaplanır.

$$sst = mt + pt + et + ht + yt \left( \frac{TL}{kg} \right) \quad ( 3.28. )$$

formülü ile de son sarım prosesinin bir kilogram iplik başına toplam boyama maliyetine ilave edilecek miktarı hesaplanır.

### 3.4.5. Toplam iplik boyama prosesinin tutarı ( tbt )

$$tbt = bt + st + rft + sst \left( \frac{TL}{kg} \right) \text{ olarak şekillenir.} \quad ( 3.29. )$$

Bu formüldeki rft ve sst değerleri boyanan ipliklerin elyaf tiplerine bağlı olarak uygulanır ve böylece bir kilogram ipliğin ya da kumaşın boyanması maliyeti

hesaplanır. Bilinmesi gerek bir başka husus da rft prosesi polyester ipliklere uygulanmaz yine 300 denye ve üstü polyester ipliklerde sst prosesi uygulanmayıp maliyetlere eklenmez. Proseslerde kullanılan boya hammaddeleri ve elyaf tipine göre kullanılan diğer kimyasallar da eklenerek toplam iplik boyama maliyetleri hesaplanır.

### **3.5. Yumuşak Sarım ( Boya Hazırlık ) Üzerindeki Etkileri**

Burada iplik boyama hazırlığından bahsedilecektir. Ham olarak tedarik edilen iplikler boya kazanlarına alınmadan önce yumuşak sarım denilen bir işleme tabi tutulurlar. Bu işlemde iplikler boyama prosesine uygun delikli bobinlere aktarılırlar. Bu aktarma işi yapılırken iplikler belli açılarla yeni bobinlerinin üstüne alınır. Yine bu prosesin amaçları içinde ipliklerin hepsinin her bobinde aynı çapta ve uzunlukta olması ve aynı tansiyonda olması gereklilikleridir. Şekil 3.6. da yumuşak sarım makinelerine bir örnek bulunmaktadır. Maliyetlerin minimize edilmesi adına başta bulunan kontrol panosuna mümkün olduğu kadar fazla göz bağlanır. Bu sayı 60 adede kadar çıkabilmektedir.

Günlük polyester boyama kapasitesi 10 ton olan bir boyahane için yaklaşık 1200 göz kapasitesine sahip yumuşak sarım makine parkına ihtiyaç vardır. Günümüz yüksek teknolojiye sahip yumuşak sarım makineleri dokunmatik kontrol panelleri, cpu üniteleri, sürücüler, motorlar, sensörler gibi son teknoloji ekipmanlar bulunmaktadır. Bu makinelerin son modellerinde her göz bağımsız çalıştığından ekipman arızalarında çok büyük üretim kayıpları yaşanmamaktadır. Elbette cpu ünitesi gibi kısımlar hariç ancak 1200 gözlük bir makine parkı 20 adet cpu ünitesi ile çalıştırıldığından yedekler içinde mutlaka bulundurulur ve tedarik süreci yaşanmaz.

Hassas makine parkında enerji kalitesizlikleri esnasında bir duruş yaşadığında ise çok önemli bir problem oluşmaktadır. Yukarıda açıklandığı üzere iplikler bobinlere belirli açılarla sarılmalıdır. Herhangi bir duruş anında dakikadaki devir hızı 1600 e kadar çıkan bu makineler, devir sayısı sıfıra inene kadar, açı değeri bozularak belli bir gramaj ip bobinin ortasına yığılır. Makine tekrar çalıştırıldığında kaldığı yerden

devam etmesi mümkün değildir çünkü birikmiş bu iplik boyama esnasında iplikte sorunların oluşmasına neden olur. Boyama düzgün yapılamaz ve dokumada kullanılamaz. Bu nedenlerle her durumda birikmiş bu kısım ayıklanmak ve tekrar düğüm yapılarak kalınan yerden devam edilebilmektedir. İşte tüm bu işlemler sırasında ciddi miktarda üretim kayıpları yaşanmaktadır.



Şekil 3.6. Yumuşak Sarım Makinesi ( 10 gözülü )

### 3.5.1. Yumuşak sarım ( ilk sarım) prosesinin tutarı ( yst )

$$yst = mt + pt + et + ht + yt ( TL / kg ) \quad ( 3.30. )$$

şeklinde son sarım tutarı formüllerindeki gibi hesaplanır. Formüller son sarım formüllerinin aynısıdır. Yine sadece dikkat edilmesi gereken hususlar, formüllerdeki değerler konur iken yumuşak sarım makineleri için verilmiş olan değerlerin yerlerine konmasıdır. Bütün bunlarla beraber, bazı iplik imalatçılarından iplikler delikli hazır boyama bobinlerinde, istenilen çaplarda boyamaya hazır şekilde alınabilir. Bu durumda ilk sarım maliyetine katlanılmaz ancak boyamaya hazır alınan ipliklerin fiyatı daha yüksek olduğundan bu gider hammadde giderleri içinde toplam maliyete yansır.

### 3.6. Apre Prosesleri Üzerindeki Etkileri

Apre prosesleri, tekstil ürünlerine yapılan son işlemlerin adıdır ve çok geniş bir makine yelpazesi vardır. Burada en genel, en çok kullanılan ve enerji kalitesine karşı en hassas olan ram makinesinden bahsedeceğiz. Ram makinelerinin ortak kısmı fırın da denilebilecek ısıtıcı kurutma bölümüdür. Bu bölüm işletmesine göre 15 m ile 35 m arasında olmaktadır. Kızgın yağ veya doğal gazla ısıtma yapılarak kumaş stabil hale getirilir. Kurutma işleminden önce iki farklı işlem yapılabilir. Birincisi makinenin girişinde bulunan içi kimyasal dolu bir havuzdan kumaşın geçirilmesidir. Böylece kumaşın tamamına kimyasal verilir ve bununla kumaşa, geç tutuşurluk, mikrop barındırmama, pantolon kumaşı ise paça dönmeme gibi özellikler verilir. Diğer bir işlem de yine girişte bulunan kaplama ünitesiyle bahsedilen kimyasalların kumaşın sadece bir yüzeyine verilmesi durumudur.

Ram makinesinin toplam uzunluğu 30 m ile 60 m arasında olmaktadır. Ortalama olarak 50 m kabul edilebilir. Makinenin girişinden çıkışına elli adet civarında tamamı sürücü kontrollü motor bulunmaktadır. Makinenin 10 metreden uzun kontrol panosunun içinde plc, sürücüler, yüzlerce kontrol elemanı, makinenin üzerinde sensörler ki çoğu modbus haberleşmeli, dokunmatik kontrol panelleri, makineyle senkron çalışan bilgisayar kontrollü atkı düzelticiler, otomatik kumaş biriktirici J-Box makinesi ve daha pek çok ekipman. Şekil 3.7. de apre hattının bir resmi bulunmaktadır. Operatörün olduğu kısım giriş kısmıdır, hemen ilerisinde kurutma kısmı bulunmaktadır. Böyle bir makinenin elektrik kumanda panosunun uzunluğu 10 metreden fazladır.

Bu kompleks hattın herhangi bir bileşeninde oluşacak sorun hattın durmasını gerektirmektedir. Kumaş makinenin içinden belirli bir hızla geçmektedir. Bu hız aralığı 10 m/d ile 100 m/d arasındadır. Bu sırada fırın olarak tabir edilen kısmın ısı da 100-180 derece santigrat arasındadır. Bu hız ve sıcaklık değerleri uygulanan proses ve kumaş tiplerine göre değişmektedir. Elektrik enerji kalitesi sorunlarında hassas hattın herhangi bir duruşunda içerideki ısıda hareketsiz kalan kumaş deforme olmaktadır ve hurdaya ayrılmaktadır. Ortalama 50 m uzunluğunda bir kumaşın değeri de 100 USD ile 1000 USD arasında değişmektedir. Bu kumaşın tekrar imal

edilmesi de daha pahalıya mal olacaktır. Özel kimyasallar kullanılıyor ise kayıplara bu kimyasal maliyetleri de eklenecektir.

Elektrik enerji kalitesi sorunlarından meydana gelen amortisman süresi kısalması bu makinede kendini iyice göstermektedir. Böyle bir hattın maliyeti 750.000 USD ile 1.250.000 USD arasında, aksesuarlarına bağlı olarak değişmektedir. Ülkemizde bu makinelerle çalışan yüzlerce apre işletmesi bulunmaktadır. Bu arada harmonikler ve diğer enerji kalitesizliklerinden dolayı bozulan ekipmanlar direkt bir kayıptır. Ekipmanlar arızalanınca makine duruşa geçmekte ve arıza tespiti ve onarımı da çok kısa sürede olmamaktadır. Bu durumda üretim kayıpları çok yüksek değerlere ulaşmaktadır. En iyimser bir şekilde örneklendirildiğinde; Yapılan prosesin 1 metresinin maliyetinin 1 USD olduğunu bir apre işlemini ele alınsın. Bu işlemin makine uygulama hızı 30 m/d dır. Bu durumda bir saatte 1800 m lik bir üretim kaybı oluşur ve bunun da değeri 1800 USD olur. Makine 10 saat devre dışı kalsa 18000 USD kayıp oluşmaktadır. Reel işletmelerde oluşmuş ve onarım süresi ( parça bekleme vb. ) 10 günü bulan arızalar bulunmaktadır. Tez çalışmasıyla ilgili ölçüm yapılmış işletmelerde bu arızalardan bazıları meydana gelmiştir. Bu olaylarla ilgili örnekler ve bunlara bağlı olarak oluşan kayıplar, maliyetler ve ilgili hesaplamalar tezin ileriki bölümünde gösterilmiştir.[32]



Şekil 3.7. Apre Hattı

### 3.6.1. Ham kalite kontrol ( apre ara prosesi ) tutarı ( hkkt )

Apre prosesleri; ham kalite kontrol, iğneleme, ram, mikser+kaplama, yumuşatma ve halat açma prosesleri olarak altı farklı şekilde oluşmaktadır. Kumaş çeşidine göre bu proseslerin hepsi ya da bazıları uygulanmaktadır. Bu maliyetlerin tutarları aşağıdaki formüllerle hesaplanır.

n: makine hızı ( metre/dakika ), buradaki proseslerde bu birimle hesaplanacaktır.

çy: çalışma yüzdesi, buradaki hesaplamalarda kullanılacaktır.

$$\ddot{u} = n.60.24.\text{çy}.\eta \quad (\text{metre/gün}) \quad (3.31.)$$

formülünden ham kalite kontrol makinesinin günlük üretim miktarı hesaplanır.

$$mt = \frac{mb.dk}{\ddot{u}.300.m} (\text{TL / metre}) \quad (3.32.)$$

formülünden makinenin bir metre kumaş başına amortisman tutarı hesaplanır.

$$pt = \frac{p.i}{\ddot{u}.25} (\text{TL / metre}) \quad (3.33.)$$

formülünden makinenin bir metre kumaş başına işçilik tutarı hesaplanır.

$$et = \frac{e.24.eb}{\ddot{u}} (\text{TL / metre}) \quad (3.34.)$$

formülünden makinenin bir metre kumaş başına elektrik tutarı hesaplanır.

$$dt = \frac{dg.24.db}{\ddot{u}} (\text{TL / metre}) \quad (3.35.)$$

formülünden makinenin bir metre kumaş başına doğalgaz tutarı hesaplanır.

$$ht = \frac{h.24.eb}{\ddot{u}} (\text{TL / metre}) \quad (3.36.)$$



formülünden havalandırma sisteminden makinenin bir metre kumaş başına elektrik payı tutarı hesaplanır.

$$kt = \frac{k.kç}{1000} \quad (3.37.)$$

formülünden makinenin bir metre kumaş başına üretim sürecinde tükettiği kimyasal malzemelerin maliyet tutarı hesaplanır.

$$hkkt = mt + pt + et + dt + ht + kt \text{ ( TL/ metre )} \quad (3.38.)$$

Yukarıda verilen maliyet formüllerinin bir araya getirilmesi ile de ham kalite kontrol tutarı hesaplanır.

### 3.6.2. İğneleme ( apre ara prosesi ) prosesi tutarı ( ipt )

b: büzüşme oranı ve bu prosesteki üretim miktarı hesabı;

çy: çalışma yüzdesi

$$\ddot{u} = \frac{n.60.24.çy.\eta}{100.(1 + \frac{b}{100})} \text{ ( metre / gün )} \quad (3.39.)$$

formülü ile iğneleme makinesinin bir günlük üretim kapasitesi hesaplanır. Dikkat edilirse ham kalite kontrol üretiminden farklı olarak burada büzüşme oranı formüle girmiştir. Kumaş sıklıklarına göre iğneleme prosesinde büzüşme ( çekme ) oranı çok fazla olabilmektedir. Bu oran %40'lara varabilmektedir. Bu nedenle maliyete çok aşırı bir etkisi bulunmaktadır. Hesaplamaya çalışma yüzdesi girmiştir. Çünkü bu prosesler her kumaşa uygulanmaz ve doluluk oranları düşüktür. Bu da amortisman giderlerinin yükselten bir unsurdur. İğneleme prosesinin tutarı ipt de 3.40. daki formülle hesaplanır.

$$ipt = mt + pt + et + dt + ht + kt \text{ ( TL/ metre )} \quad (3.40.)$$

formülün içindeki bileşenler formül 3.32. den 3.37. formülüne kadar olan formüllerle aynıdır. Yine dikkat edilecek husun iğneleme makinesinin parametrelerini formüllerde yerlerine koyarak hesaplamaları yapmak şeklinde olacaktır.

### 3.6.3. Ram ( apre ara prosesi ) prosesi tutarı ( rpt )

Formüller üretim formülü dahil ham kalite kontrol prosesindeki formüllerin aynısıdır. Bu bağıntılar kullanılarak ( 3.41. ) formülü elde edilir.

$$rpt = mt + pt + et + dt + ht + kt ( TL / metre ) \quad ( 3.41. )$$

### 3.6.4. Mikser ve kaplama ( apre ara prosesi ) prosesi tutarı ( mkt )

Formüller üretim formülü dahil ham kalite kontrol prosesindeki formüllerin aynısıdır. Sonuç olarak;

$$mkt = mt + pt + et + dt + ht + kt ( TL / metre ) \quad ( 3.42. )$$

formülü ile mikser ve kaplama proseslerinin metre başına maliyetleri hesaplanır.

### 3.6.5. Halat açma ( apre ara prosesi ) prosesi tutarı ( hat )

Bu proseste büzülme oranı yoktur ve maliyet kalemlerinden kimyasal malzeme de bulunmamaktadır. Bu durumda 3.43. deki hesaplama formülü elde edilir.

$$\ddot{u} = n.60.24.\dot{\zeta}y.\eta ( metre/g\u00fcn ) \quad ( 3.43. )$$

form\u00ldeki di\u011fer bile\u015fenler ham kalite kontroldeki bile\u015fenlerin aynısıdır. Sonu\u00e7 olarak;

$$hat = mt + pt + et + dt + ht ( TL / metre ) \quad ( 3.44. )$$

form\u00l\u00fc elde edilir ve gerekli hesaplamalar bu ba\u011fintı ile yapılır.

### 3.6.6. Mamul kalite kontrol tutarı ( mkkt ) ve paketleme tutarı ( pkt )

Bu proseslerde de b\u00fcz\u00fclme oranı kullanılmı\u015f ve \u00e7alı\u015ma y\u00fcdesi \u00e7arpanları kullanılarak maliyet tutar form\u00flleri olu\u015fturulmu\u015ftur. Bu durumda form\u00flleri de a\u015fa\u011fdaki gibi \u00e7ıkmaktadır.

$$mkkt = mt + pt + et + dt + ht + kt \text{ ( TL / metre )} \quad ( 3.45. )$$

formülü ile mamul kalite kontrol prosesinin bir metre kumaş başına maliyet tutarı hesaplanmaktadır. Paketleme prosesinde ise kimyasal malzeme bileşeni yoktur. Bu durumda ilgili bağıntı 3.46. da görüldüğü gibi olur.

$$pkt = mt + pt + et + dt + ht \text{ ( TL / metre )} \quad ( 3.46. )$$

### 3.6.7. Bir kumaşın toplam maliyetinin diğer unsurları

Buraya kadar; gelen iplikten, paketlemeye kadar tüm prosesler ifade edilmiştir. Bu prosesler kumaş tiplerine göre uygulanır. Kumaşlar farklı proses kombinasyonlarıyla ortaya çıkar. Bu kombinasyonlardan elde edilen tutarların üstüne hammadde maliyetleri eklenir. Bunlara ilaveten %5 fire, %5 idare bakım ve %10 genel giderler eklenir ( işletmeden işletmeye bu oranlar değişebilir ). Tüm bu değerlerin toplamı bir metre kumaşın maliyetini verir. İşletmeler uygun gördükleri kar miktarını üretim maliyetinin üstüne ekleyerek satış fiyatına ulaşırlar.

## 3.7. İplik Üretim Prosesleri Üzerindeki Etkileri

İplik üretimi konusu başlangıcından sonucuna kadar çok geniş yelpazeli işlemler silsilesidir. Burada az sayıda ana elyaf ve cips üretimi yapan birkaç fabrika için değil, çok sayıda bulunan, elyaftan ya da cipsten iplik üretimi yapan işletmeler ve bunların elektrik enerjisi kalitesizliği sonucunda büyük kayıplara neden olan prosesleri hakkında açıklamalar yapılmıştır. İplik üretimi kabaca kesikli elyaf üretimi ve continue filament üretimi olarak iki kısma ayrılabilir.

### 3.7.1. Sürekli elyaf iplik üretim prosesleri üzerindeki etkileri

Yüzyılın icadı olan polyester iplik üretiminin ta kendisidir. Daha sonra buna diğer petrol türevi ploypropilen, naylon gibi elyaflar da dahil olmuşlardır. Üretimin ana bileşeni ekstrüsyondur. Hammadde olarak cips halinde tedarik edilen bu polyester

( bu materyalin tekstil ürünlerinde kullanılmadığı alan yok gibidir ) ve polypropilen ( günümüz halılarının ekonomik olanları bu malzemeden yapılmaktadır ) ekstrüderde eritilir, eriyik halindeki malzeme üzerinde 300 e kadar delik bulunan kalıplardan geçirilir ve belli bir yükseklikten aşağı akarken soğutularak, polyester ve polypropilen filamentleri oluşur. Bunlar kalıba göre 32 adet den 300 adede kadar üretildiklerinden, bir araya geldiklerinde ip halini alırlar. Kabaca anlatılmasına rağmen bu proses alabildiğince komplekstir. İpliklerin sarıcılarında kullanılan motorlar 40000 d/d dır. Kullanılan ekipmanların ve elemanların çoğu bu prosese özel üretilmişlerdir. Makinede pek çok farklı gerilim değerleri, pek çok özel motorlar, bilgisayarlar, plcler ve yüzlerce elektrikli, elektronik, pnömatik elemanlar kullanılmaktadır. Hatta makinede 6 bar, 10 bar ve 13 bar gibi değerlerde basınçlı havalar kullanılmaktadır. Günümüzde iki sarıcılı bir continue filament polipropilen makinesinin maliyeti 1.500.000 USD nin üzerindedir. Ülkemizde binlerce polyester ve polypropilen üretimi yapan makine çalışmaktadır. Şekil 3.8. de continue filament ( CF ) iplik üretimi yapan bir makine görülmektedir.



Şekil 3.8. Sürekli elyaf iplik üretim hattı

Bu makineler ilk çalıştırılıp, kullanılabilir iplerin sarılmaya başlamasına kadar yaklaşık 500 USD lik bir harcama yapılır. Buradan da anlaşılacağı üzere herhangi bir

duruşun bir ünitedeki maliyeti yaklaşık 500 USD dir. Ülkemizde her birinde 200 den fazla sarıcı olan fabrikalar bulunmaktadır. Herhangi bir enerji kalitesi sebebiyle devre dışı kalan bu fabrikalarda bir duruş yaklaşık 100.000 USD lik kayıp anlamına gelebilmektedir. Bunun dışında daha az sayıda makinelerin bulunduğu onlarca fabrika da ülkemizde bulunmaktadır. Büyük ölçekli fabrikalar kendi co-generation santrallerini kurarak çözüm üretmeye çalışmışlardır. Küçük ölçeklilerin de bir kısmı ups+jeneratör kombinasyonlarıyla çözüme gitmeye çalışmışlardır. Güçlerin çok büyük olması yapılabilirse bu yatırımlara çok büyük paralar harcanmasına neden olmuştur. Orta ve küçük işletmelerde ise bu yatırımlar maliyetleri yüzünden yapılamadığından, elektrik enerjisi kalitesinin düşük, çok düşük olduğu tesislerde üretim kayıpları yükselmiş, bu da bu işletmelerin rekabet şanslarını ortadan kaldırmıştır.

Yukarıda da bahsedildiği üzere bu makinelerde kullanılan ekipmanların çoğunluğu bu makineye has ekipmanlardır. Malzeme gerekliliğinde yurtdışından temin etmek gerekmektedir. Örnek vermek gerekirse, tek bir sarıcı ünitesi 50.000 USD dir. Kontrol panolarındaki elektronik kartlar çoğunlukla mikroişlemci kontrollü ve tamiri mümkün olmayan kartlardır. Bozulmaları halinde her biri için binlerce dolar kayıp oluşmaktadır. Çok aşırı miktarda bileşen olmasından dolayı da yedek parça yedeği yapmak, tamamı için mümkün değildir. Daha çok sarf malzemeleri yedeklenmektedir. Bu nedenlerle elektrik enerjisi kalitesizliklerinden bozulan ya da arızalanan ekipmanların, işletmelere üretim kaybı ve malzeme bedeli maliyetleri çok yüksek olmaktadır.

Tekstil sanayindeki bu tip işletmelerin ( yatırım maliyetleri çok yüksek ) kurulacağı bölgelerin elektrik enerjisi kalitesi çok önemlidir. Yanında elektrik santrali kurma gibi imkanı olmayan ya da bu büyüklükte olmayan işletmelerin karar verme sürecinde arsa maliyetlerini en çok karşılaştırmaları gereken konu budur. Bursa'da bir halı fabrikasının kendi ipliğini üretmek için kuracağı polypropilen iplik tesisini sahip olduğu mevcut arsası yerine, başka bir organize sanayi bölgesinde kurması elektrik enerjisi kalitesinden olmuştur. ( Yeni arsanın maliyeti, mevcut yerin yaklaşık üç katına mal olmuştur ki konunun öneminden bu masrafa girilmiştir ). Bununla beraber halı ve iplik fabrikaları arasında gereksiz bir mesafe oluşmasından dolayı

mevcut halı üretim tesisleri de elektrik enerjisi kalitesinin itici etkisiyle bu yeni alana taşınmak durumunda kalmıştır.

### 3.7.2. Kesik elyaf iplik üretim prosesleri üzerindeki etkileri

Kesik elyaf iplik üretiminin fitil sonrası hakkında açıklama yapılmıştır. Fitil halindeki elyaflar, open-end ve ring adındaki iki farklı proses ve tesis ismiyle iplik haline getirilirler. Bu fitiller polyester, akrilik, pamuk, viskon vb. olabileceği gibi, belirli yüzdelerle karışımları da olabilir. Bu işletmelerin ortak özelliği ise daha önce bahsedilmiş aktarma makinelerindeki gibi ancak çok daha fazla göz sayısı ( binlerce ) olmasıdır. Şekil 3.9. da ring iplik üretim makinelerinden birinin resmi görülmektedir.



Şekil 3.9. Kesik elyaf iplik üretim makinesi ( ring )

Bu proseslerde elektrik enerjisine veya başka nedenlere bağlı duruşlarda continue üretimdeki gibi dramatik kayıplar yoktur. Bununla birlikte yine yüksek teknoloji bu

makine parklarının elektrik enerjisi kalitesi sorunları sonucu üretim ve malzeme kayıpları oluşmaktadır.

### 3.8. Tekstil Konfeksiyon Üretimi Üzerindeki Etkileri

Tekstil konfeksiyon üretimindeki makine çeşitliliği de çok fazladır. Genellikle tek personelin kullanımından dolayı, arıza durumunda kayıplar çok büyük boyutlu olmayacaktır. Bir işletmedeki onlarda dikiş makinesinin bir veya ikisinin arızalanması durumunda işletmenin elbette kaybı olabilecektir ancak bu çok büyük rakamlara ulaşmaz. Buna rağmen uzun süreli bir kesinti olduğunda da elbette üretim kayıpları büyük olacaktır.



Şekil 3.10. Kumaş serim ve kesim makinesi

Konfeksiyon makineleri içinde, özellikle büyük işletmelerde serim ve kesim makineleri gibi yüksek kapasiteli ve çok yüksek teknolojiye sahip makineler bulunmaktadır.

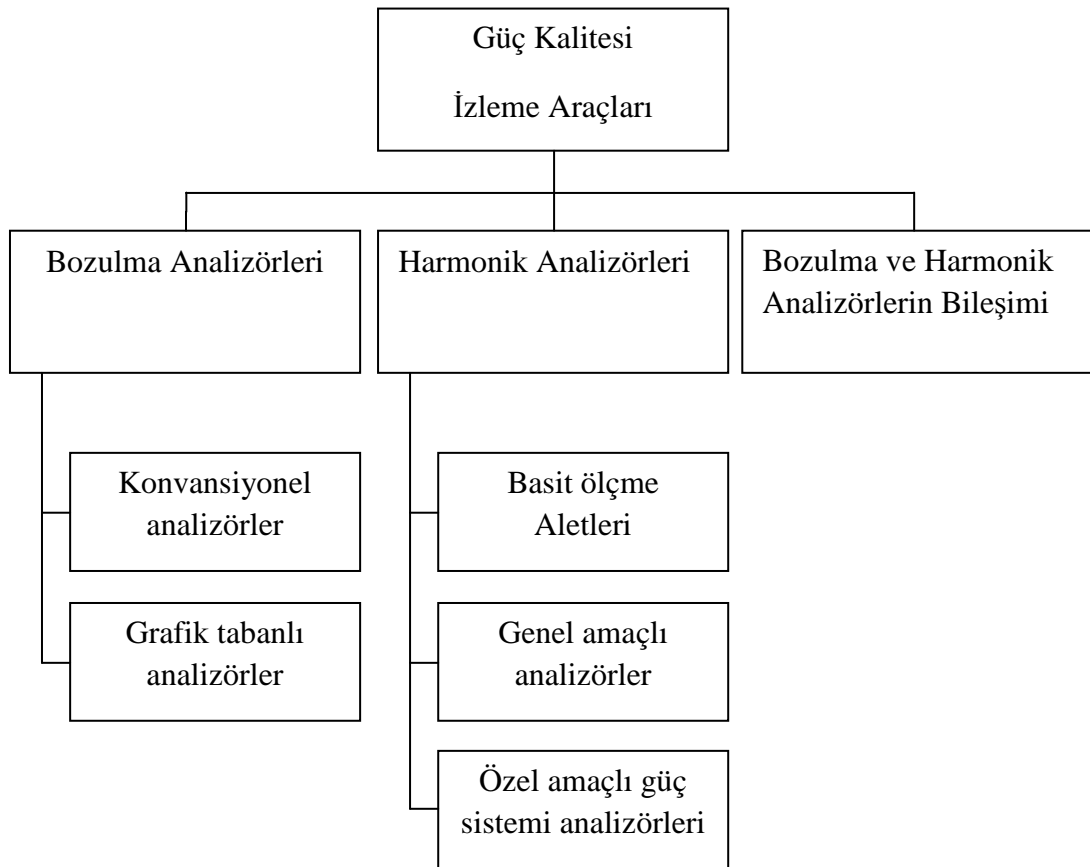
Örneğin takım elbise üreten bir işletmede yüzlerce metre kumaş serim makinesine otomatik olarak üst üste serilir. Serilen kumaşlar kesim makinesi ile bilgisayarda hazırlanmış çizimlere göre bu kumaşları kesmektedir. Kalitesiz elektrik enerjisi, bu makinelerde duruşlara neden olabilmekte ve makineler üzerindeki ekipmanların arızalanmasına da neden olabilmektedir. Oluşan kayıplar duruş süresiyle doğru orantılıdır. Buradaki kritik konu yüzlerce terzinin çalıştığı bir işletmeyi bir veya iki kesim makinesinin beslemesidir. Bu nedenle yedekli çalışılmayacak kadar pahalı olan ( Fransız Lectra marka bir serim+kesim hattının maliyeti 1.500.000 USD civarındadır ) bu makinelerin durması işletmeyi çok ciddi sorunlara sokabilmektedir. Bir anlamda işletmenin durmasına, siparişlerin yetişememesine neden olabilmektedir. Şekil 3.10. da kumaş serim ve kesimini aynı anda yapan bir makine görülmektedir.



## BÖLÜM 4. ENERJİ KALİTESİ ÖLÇÜM CİHAZLARI VE KULLANILAN ANALİZÖRÜN ÖZELLİKLERİ

### 4.1. Giriş

Elektrik enerjisi kalitesi sorunlarının maliyetleri yükseldikçe farklı üreticiler, geniş bir yelpazede elektrik enerjisi kalitesi izleme cihazları üretmeye başlamışlar ve bu konuda sürekli yeni ürünler geliştirip kullanıma sunmaktadırlar. Bu cihazlar, güç sistemlerinin kalitesini etkileyecek, farklı bozulmaları tespit edecek ve izleyebilecek şekilde tasarlanmışlardır. Şekil 4.1. de elektrik kalitesizlikleri bozulmalarını ölçmede kullanılan güç kalitesi izleme cihazlarının genel bir özeti görülmektedir.[37]



Şekil 4.1. Enerji kalitesi izlemede farklı yöntemler

### **4.1.1. Bozulma analizörleri**

Bozulma analizörleri, güç kalitesini ölçmek için özel olarak geliştirilmişlerdir. Bu cihazlar temel olarak kısa süreli gerilim değişikliklerinden uzun süreli gerilim değişikliklerine, gerilim düşümlerine gibi geniş bir aralıkta elektrik enerjisi kalitesizlik olaylarını ölçebilmektedirler. Şekil 4.1. de görüldüğü üzere klasik analizörler ve grafik tabanlı analizörler olmak üzere iki ana gruba ayrılmışlardır.

#### **4.1.1.1. Klasik analizörler**

Klasik analizörler kalitesizlik olaylarını özel bilgilerle özetlerler. Aşırı gerilim, yüksek gerilim büyüklükleri, gerilim düşme ve yükselmelerinin büyüklükleri ve süresi, geçici olayların büyüklükleri ve süresi gibi değerler bu bilgiler arasındadır.

#### **4.1.1.2. Grafik tabanlı analizörler**

Grafik tabanlı analizörler mevcut dalga formlarını açıklayıcı bilgileriyle beraber kayıt edebilirler ve bunlardan çıktı da alınabilir.

Bunlara rağmen bu cihazları kullanırken alınmış bilgilerden, oluşmuş olayın bozulma ya da geçici olay olarak sınıflandırılması zor olmaktadır. Bu nedenden dolayı, sorunu aşmak için grafik analizörler konvansiyonel analizörlerle birlikte kullanılmalıdır.

### **4.1.2. Harmonik analizörler**

Bozulma analizörlerinin harmonik analizi kapasitesi çok sınırlıdır. Hızlı Fourier dönüşümü (FFT) hesaplaması yapabilme özelliği bazı bozulma analizörlerine eklenmiştir. Böylece bu cihazlar harmonik bileşen içeren bozulmuş sinyalin analizini daha doğru yapabilmektedirler.

#### **4.1.2.1. Basit ölçü aletleri**

Basit ölçü aletleri, problemin olduğu yerdeki toplam harmonik bozulmanın (THD), 50. harmoniğe kadar olan harmonik bileşenlerini hızlıca kontrol etmek için kullanılırlar.

#### **4.1.2.2. Genel amaçlı harmonik analizörleri**

Genel harmonik sinyal analizinde kullanılırlar. Bu cihazlar büyük uygulamalarda, daha geniş aralıkta harmonik analizi yapmak için tasarlanmışlardır.

#### **4.1.2.3. Özel amaçlı güç sistemi harmonik analizörleri**

Güç sistemleri harmonik analizi için tasarlanmışlardır. Bu analizörler FFT üzerine dayalı, örnekleme sayısı özel olarak tasarlanmış, güç sinyalleri içindeki harmonik bileşenleri belirlemek için kullanılmaktadırlar. Bu cihazlar genellikle saha içinde çalışırlar ve uzaktan izleme için haberleşme yeteneği de bulunmaktadır.[33]

#### **4.1.3. Bozulma ve harmonik analizörlerinin bileşimi**

Mevcut aletlerin çoğunluğu sınırlı harmonik örneklemesini ve bozulmaları beraber izleyebilen aletlerdir. Çıkışlar grafik tabanlı ve veriler merkezi veri bankasına telefon hatları ile iletilmektedir. İstatistiksel analizler data üzerinden yapılabilmektedir. Aletlerin ekranları üzerinden de anlık olarak akım gerilim ya da istenilen güç değerleri izlenebilmektedir.[34]

#### **4.2. ION 7650 Elektrik Enerjisi Analizörü**

Bu çalışmada iki farklı tekstil işletmesinde şekil 4.2. de görülen Schneider firmasının ION 7650 model enerji analizörü kullanılmıştır. Her iki işletmede de enerji analizörleri ana dağıtım panosunun girişine takılmıştır. Bu analizör günümüzde kullanılan en gelişmiş analizörlerden biridir. Bu analizörle alınan veriler ION

Enterprise yazılımı ile kayıt edilmiş, değerlendirmiş, sınıflandırılmış ve sonunda yorumlanmıştır.

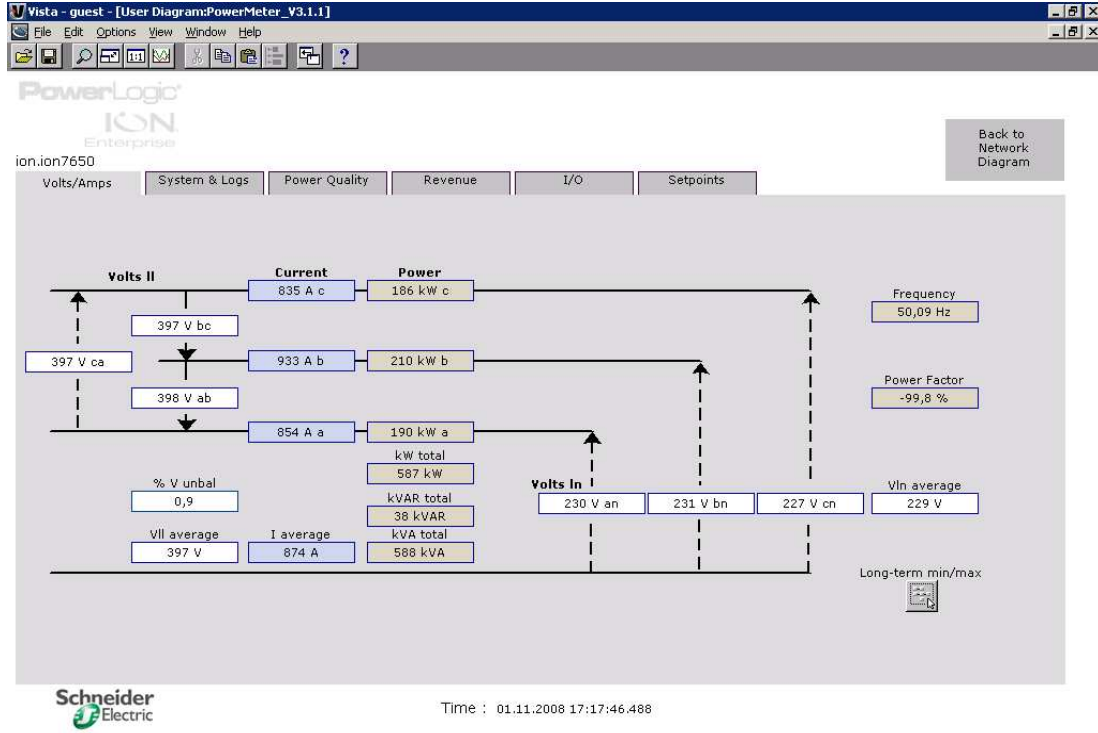


Şekil 4.2. ION 7650 Enerji analizörü

Bu analizör bilinen tüm elektrik enerjisi kalitesizlik olaylarını ölçebilmektedir. Analizörün aldığı datalar ION Enterprise isimli yazılım aracılığı ile kayıt altına alınmakta ve sınıflandırılmaktadır. Veriler SQL server üzerine yazılmaktadır. Enerji analizörü ile server arasındaki veri akışı network üzerinden TCP/IP protokolü ile yapılmaktadır. Analizörün ayrıca modbus, gprs üzerinden haberleşme yetenekleri de bulunmaktadır.

Şekil 4.2. de görüldüğü üzere analizörün ekranından pek çok büyüklük görülebilmektedir. Gerilim, akım, güç, güç katsayısı, harmonikler, fazör diyagramı ve daha pek çok büyüklük sistem çalışırken izlenebilmektedir. Benzeri şekilde bir sunucuya kurulmuş ION Enterprise yazılımının sayesinde network üzerinden sunucuya bağlanabilen her bilgisayar aracılığı ile de bu bilgiler izlenebilmektedir. Eğer sunucu internet üzerinden erişime açıktır ise dünyanın her yerinden bu izleme yapılabilmektedir. Şekil 4.3. de ION Enterprise yazılımının temel ekranı üzerinden işletmede çekilen akım değerleri ve gerilim değerlerini gösteren resim bulunmaktadır. Bu şekil yazılımda standart olarak sunulan tasarımlardan işletmeye uygun olanlardan birisidir ve kullanıcılar tarafından istenildiği gibi bir tasarım

yapılabilmektedir. Bu tasarımların yapılabilmesi için yazılımın içinde ION Designer isimli bir tasarım modülü konulmuştur.[36]



Şekil 4.3 Analizörün ölçtüğü değerlerin bilgisayar ekranı üzerinden izlenmesi

Şekil 4.4 ve 4.5 de birinci işlemeye bağlanmış ION 7650 enerji analizörünün resimleri gösterilmektedir.

### 4.3. ION 7650 Enerji Analizörü İle Ölçülen Büyüklükler ve Analizörün Ölçme Yetenekleri

Her iki işlemeye de takılan enerji analizörleri aracılığı ile işletmelerdeki elektrik enerjisi değişkenleri ve kalitesizlik olayları altı ay boyunca ölçülmüş ve kayıt edilmişlerdir. Yapılan kayıtların bir kısmı standart olduğu gibi, bir kısmında da kullanıcılar tarafından ölçme hassasiyetleri ayarlanabilmektedir. Analizör bunlar dışında güncel olan EN 50160 ve IEC 61000-30-4 gibi standartlara uygun olarak da ölçümler yapabilmekte ve bu veriler kayıt altına alınarak gerek özel gerek ise standart raporlar hazırlanabilmektedir.[32]



Şekil 4.4. Birinci işleme takılmış ION 7650 enerji analizörü



Şekil 4.5. Birinci işleme takılmış ION 7650 enerji analizörü ( bara görünüşlü )

#### **4.3.1. Gerilim değerleri**

Gerilim ölçümleri 15 dakikalık periyotlarla yapılmış ve her 15 dakikanın sonunda elde edilen büyüklükler kayıt edilmişlerdir. Faz arası gerilim büyüklükleri olarak ortalama, yüksek ve düşük değerler olarak kayıt edilmişlerdir. Bunların dışında da fazlar arası dengesizlik değeri de ortalama, yüksek ve düşük değer olarak ölçülmüş ve kayıt edilmişlerdir.

#### **4.3.2. Akım değerleri**

Akım değerleri ölçümleri de 15 dakikalık periyotlarla ölçülmüş ve her 15 dakikanın sonunda kayıt edilmişlerdir. Her faz akımı ayrı ayrı ve üçünün ortalaması da ayrıca kayıt edilmişlerdir. Bu ölçümlerde 15 dakikalık ölçüm süresi içindeki yüksek, düşük ve ortalama değerleri ayrıca kayıt edilmiştir.

#### **4.3.3. Frekans ve güç faktörü (PF) değerleri**

Bu iki değişken de yukarıdaki zaman aralığında ve kayıt mantığında ölçülüp kayıt edilmişlerdir. Ortalama, yüksek ve düşük değerler olarak ayrı kayıt edilmişlerdir.

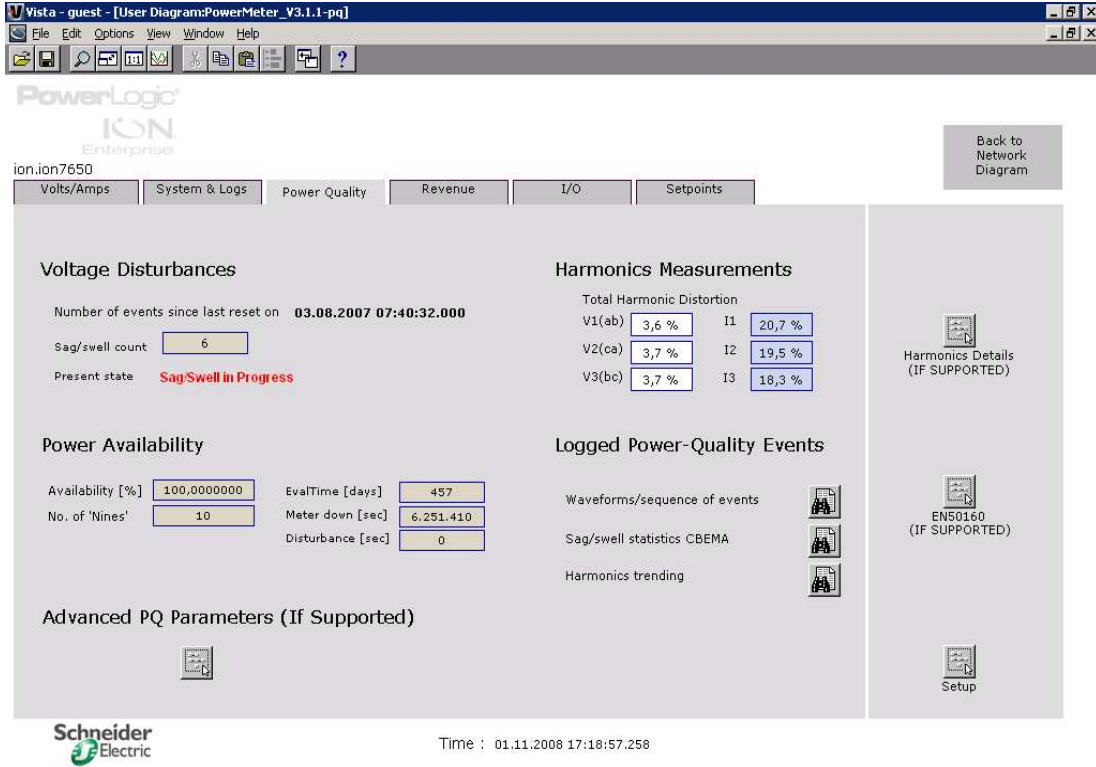
#### **4.3.4. Güç değerleri**

Güç değerleri, aktif, reaktif ve görünür güçlerin ayrı ayrı toplamalarının 15 dakikalık ölçümlerinin sonucuna göre kayıt edilmektedir. Yine her üç büyüklük bu periyotlar içindeki ortalama, yüksek ve düşük değerleri olarak ayrı ayrı kayıt edilmiştir.

#### **4.3.5. Gerilim düşmesi ve gerilim yükselmesi değerleri**

Bu kayıtlar olayın içinde bulunduğu 1 saniye süre ve bu sürede ölçülen 1728 veriden oluşmaktadır. Bu veri süresi analizörün ayarlanabilen değerlerindedir. Örneğin süreyi 100 milisaniye olarak ayarlayabilir, böylece 50 periyodu çizmek için oluşturulan 1728 veriyi 5 periyodu çizmek için kullanır ve daha detaylı sinüs formları elde edebilir. Bahsedilen 1728 veri her faz gerilimi ve akımı için ayrı

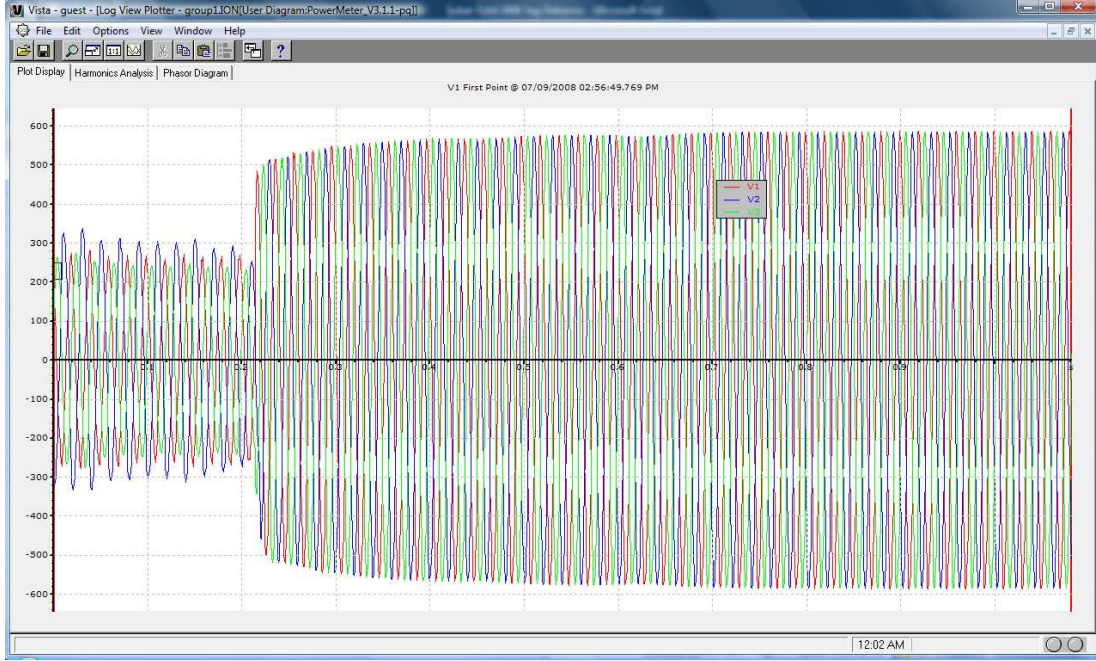
alınmaktadır. Şekil 4.6. da gerilim düşme ve yükselmesi ile ilgili data'lara ulaşılan güç kalitesi (power quality) ekranının resmi bulunmaktadır.



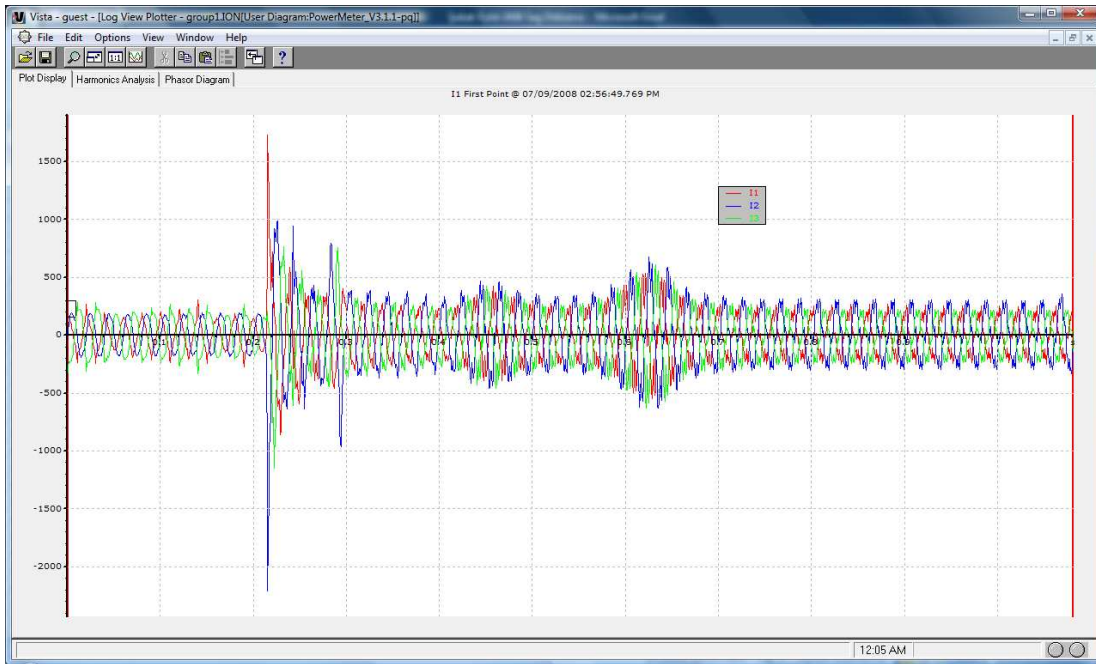
Şekil 4.6. Güç kalitesi ekranı

Analizör bu ölçümleri yapar iken her faz gerilimini ayrı ve her faz akımını da ayrı olarak ölçüp kayıt etmektedir. Gerilim düşmesi ve yükselmesi ölçümlerini yapar iken gerilim ve akım harmoniklerini de 15. değerlerine kadar ölçüp kayıt altına almaktadır. Şekil 4.6. da görülen Waveforms/sequence of events butonunda bu kayıtlar görülebilmekte, istenirse veriler başka bir ortama kopyalanabilmektedir. Yine burada akım ve gerilimin dalga formları, akım ve gerilim harmoniklerinin bileşenlerinin sütun grafik çizimleri ayrıca da akım ve gerilimin fazör diyagramlarına da ulaşılabilmekte, kolaylıkla çizilebilmekte ve incelenebilmektedir. Şekil 4.7. de ölçülmüş gerilim düşümlerine bir örnek, şekil 4.8. da ölçülmüş gerilim düşümü anındaki akım dalda formundaki değişikliklere bir örnek, şekil 4.9. ve 4.10.'da da bu akım ve gerilim durumundaki akım ve gerilim harmoniklerine ait büyüklükleri gösteren grafikler bulunmaktadır.



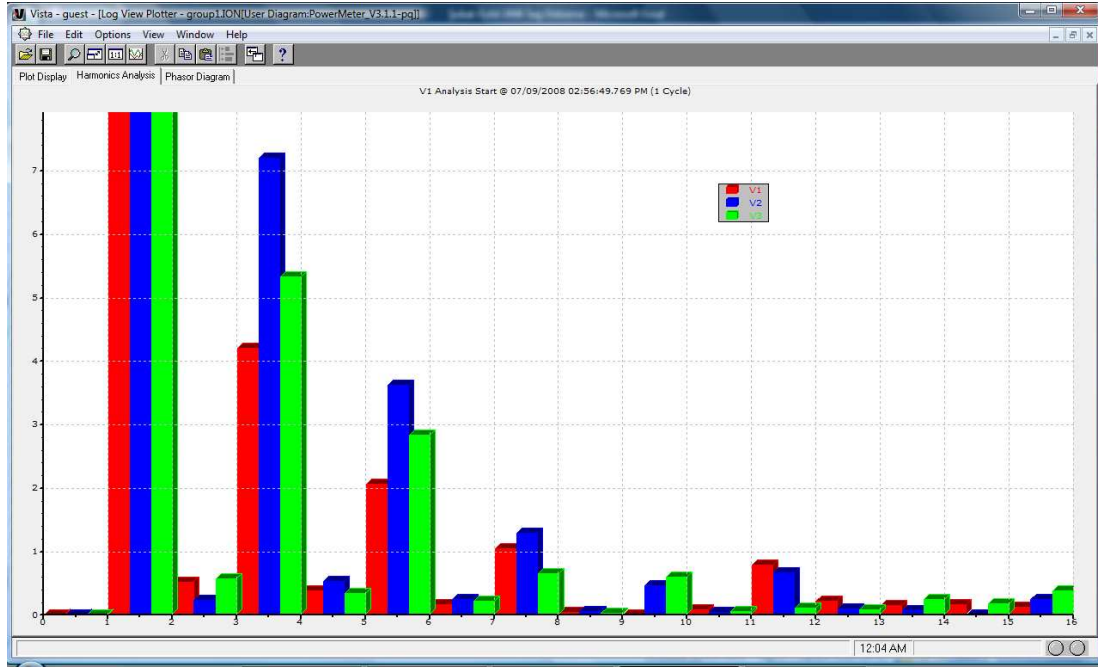


Şekil 4.7. Gerilim düşmesi ( Voltage sag ) üç faz birlikte

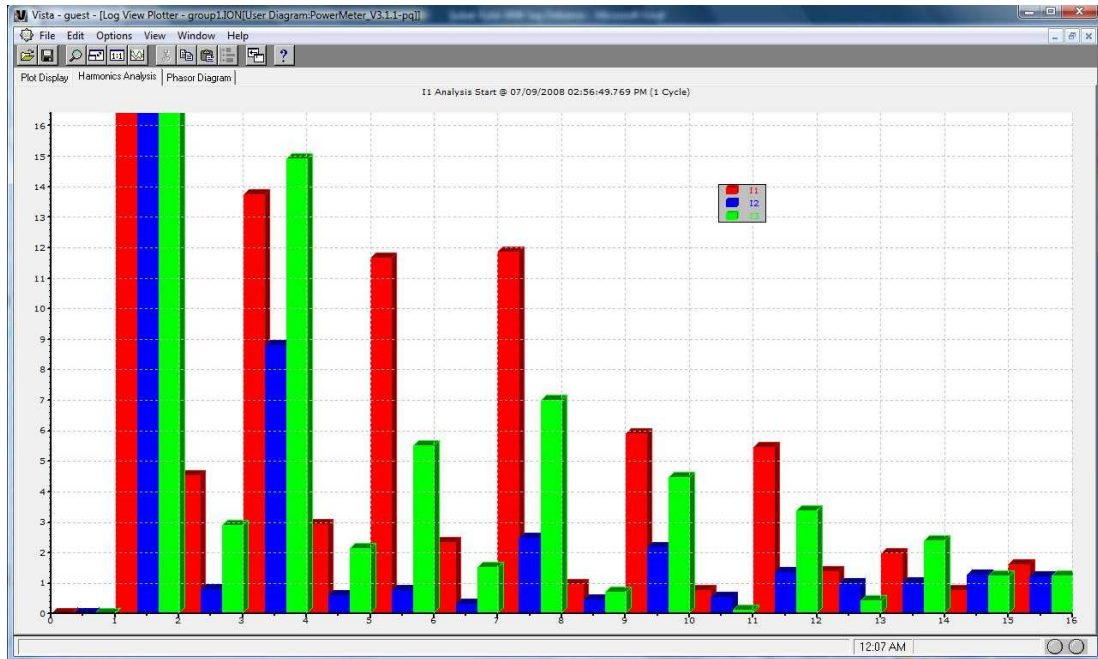


Şekil 4.8. Gerilim düşmesi anındaki akım değişimleri

Gerilim düşmesi veya yükselmesi bilgilerinin bulunduğu alanda herhangi bir tanımlanmış elektrik enerjisi kalitesi olayına uymayan veriler de bulunmaktadır. Bu kalitesizlik olayları da işletmedeki elektrik mühendisleri tarafından özel olarak incelenmeli, işletme üzerindeki etkileri araştırılmalıdır.



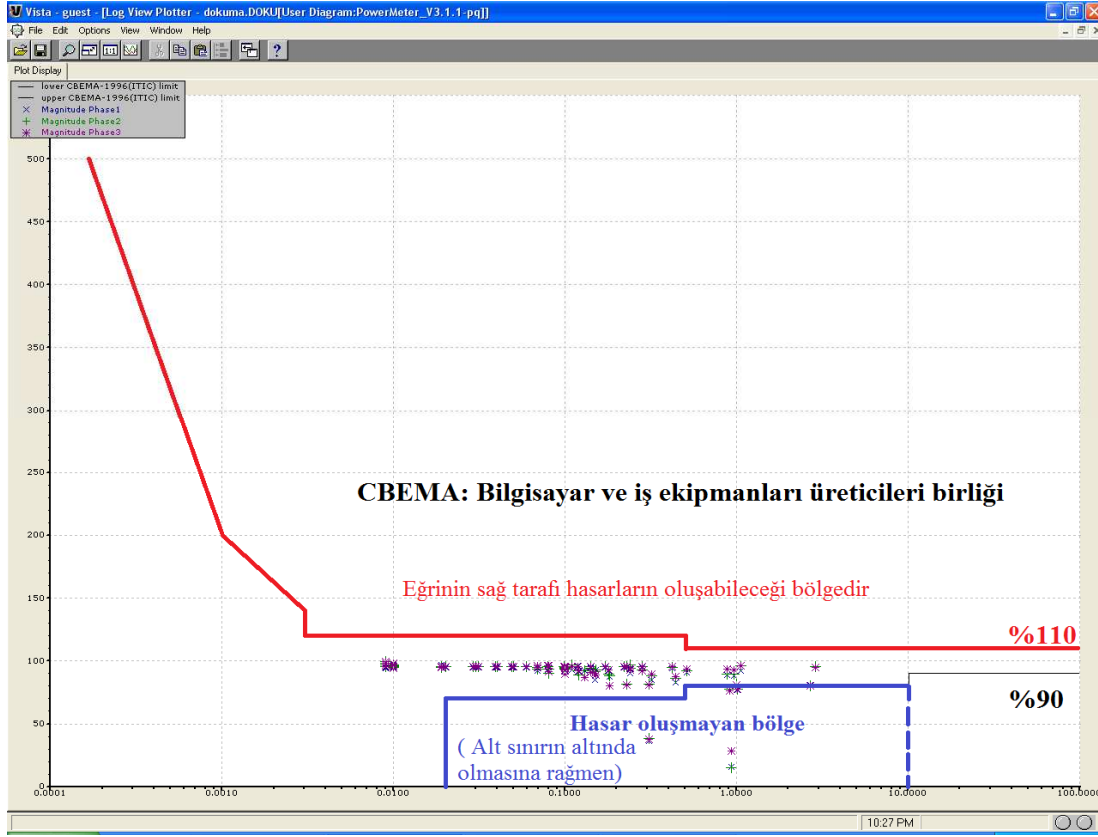
Şekil 4.9. Gerilim harmonikleri ( gerilim düşümü olduğu andaki ve her faz için ayrı ayrı )



Şekil 4.10. Akım harmonikleri ( gerilim düşümü olduğu andaki ve her faz için ayrı ayrı )

Gerilim düşümü ve yükselmesi ile ilgili CBEMA grafikleri de kolayca üretilebilmektedir. Bu grafikler seçilebilen veri aralığı ile istenen zaman aralığı için de üretilebilmektedir. Bu grafikler sayesinde kolaylıkla kaç değerin sınır dışında olduğu tespit edilebilmektedir. Şekil 4.11. de bir aylık gerilim düşümü ve

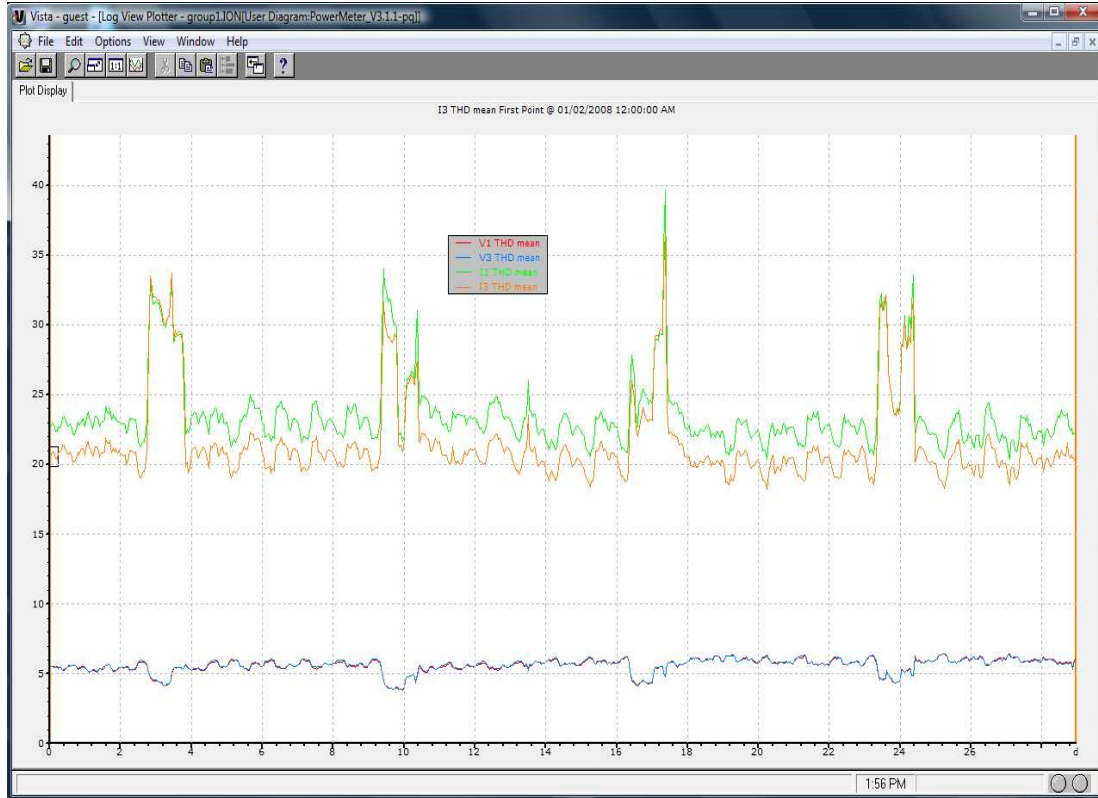
yükselmelerini kapsayan bir CBEMA grafiği görülmektedir. Şekilde doğrusal çizgilerle üst ve alt sınırlar belirtilmiştir. Grafikte beş adet olayın sınırlar dışında olduğu görülmektedir. Renkler de bu olayın hangi faza ait olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.11. Aylık CBEMA eğrisi.

#### 4.3.6. Harmonik trendleri

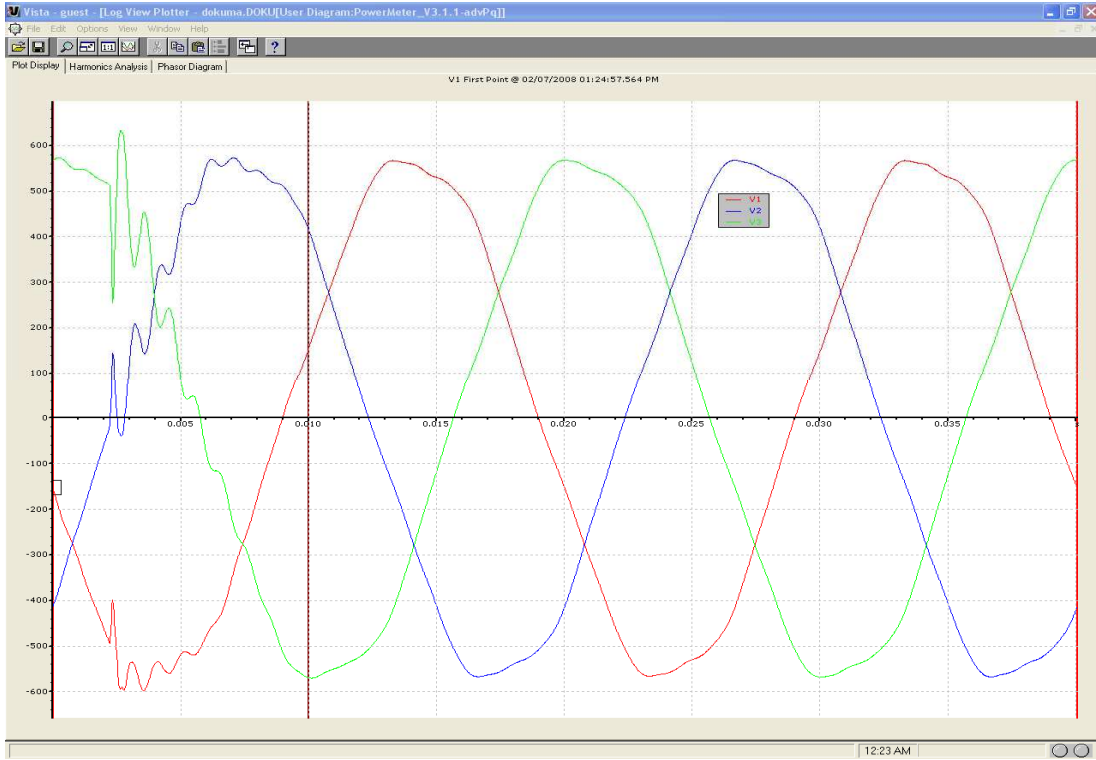
Harmonik trendleri ölçümü bir saatlik periyotlarla tamamlanıp kayıt edilmektedir. Bir saatlik ölçüm boyunca elde edilen gerilim ve akıma ait toplam harmonik bozulmaları ortalama değerler ve yüksek değerler olarak her faz akımı ve gerilim için ayrı kayıt edilmektedir. Yine bu harmonik değişimleri istenilen zaman aralığı için rahatlık seçilebilmekte ve grafiği oluşturulabilmektedir. Harmonik değişimleri ile ilgili ölçüm yapılan işletmelerden birindeki bir aylık durumu özetleyen grafik şekil 4.10. da gösterilmiştir. Grafikte gösterilen değerler saatlik ölçümlerin sonucu elde edilen ortalama değerlerdir.



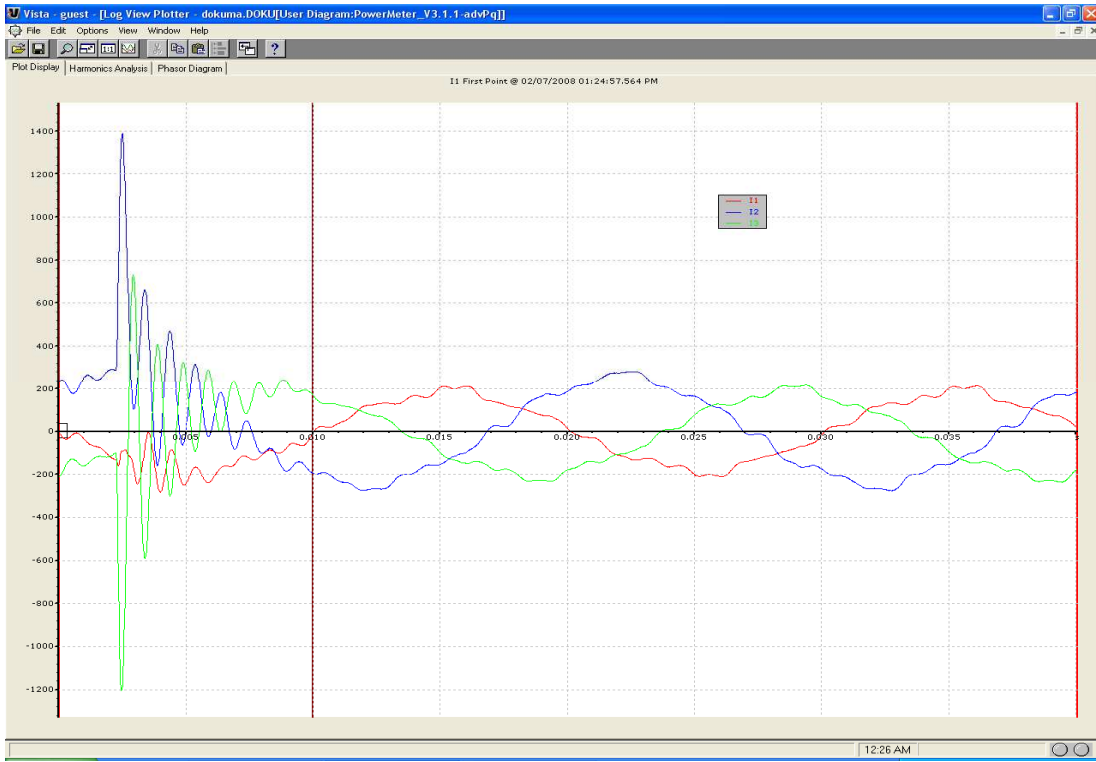
Şekil 4.12. Harmonik değişimleri ( akım ve gerilimin ortalama değerleri için ve aylık )

### 4.3.7. Geçici olaylar

Güç kalitesi ekranında bulunan “advanced pq parameters” butununa basılarak bu bölümün ekranına ulaşılabilir. Burada başlangıç anından bu yana meydana gelmiş geçici olay sayısı, bu olayların dalga formlarına ve verilerine ulaşmayı sağlayan bir buton ve CBEMA grafiklerini çizebilecek data'lara ulaştıran bir buton bulunmaktadır. Geçici olay kayıtları 2 tam periyot içinde yapılmış ve buna karşılık gelen dalga şekli de 2048 veriden elde edilmiştir yani bir periyot ( 20 milisaniye ) 1024 adet nokta ile çizilmiştir ki bu yaklaşık 19 mikro saniyede bir verini olduğunu göstermektedir. Bu değer de ayarlanabilen değerlerdendir ve gerilim düşümü ve yükselmesinde 34 değere kadar seyreltilmektedir. Geçici olayın tanımına uygun olarak 2 periyot 2048 veri değeri değiştirilmemiştir. Şekil 4.13. de ölçüm yapılan işletmelerin birinden alınmış olan, üç faz gerilim için geçici olay grafiği verilmiştir. Şekil 4.14. de de olay anındaki akım eğrileri yine üç faz için verilmiştir.

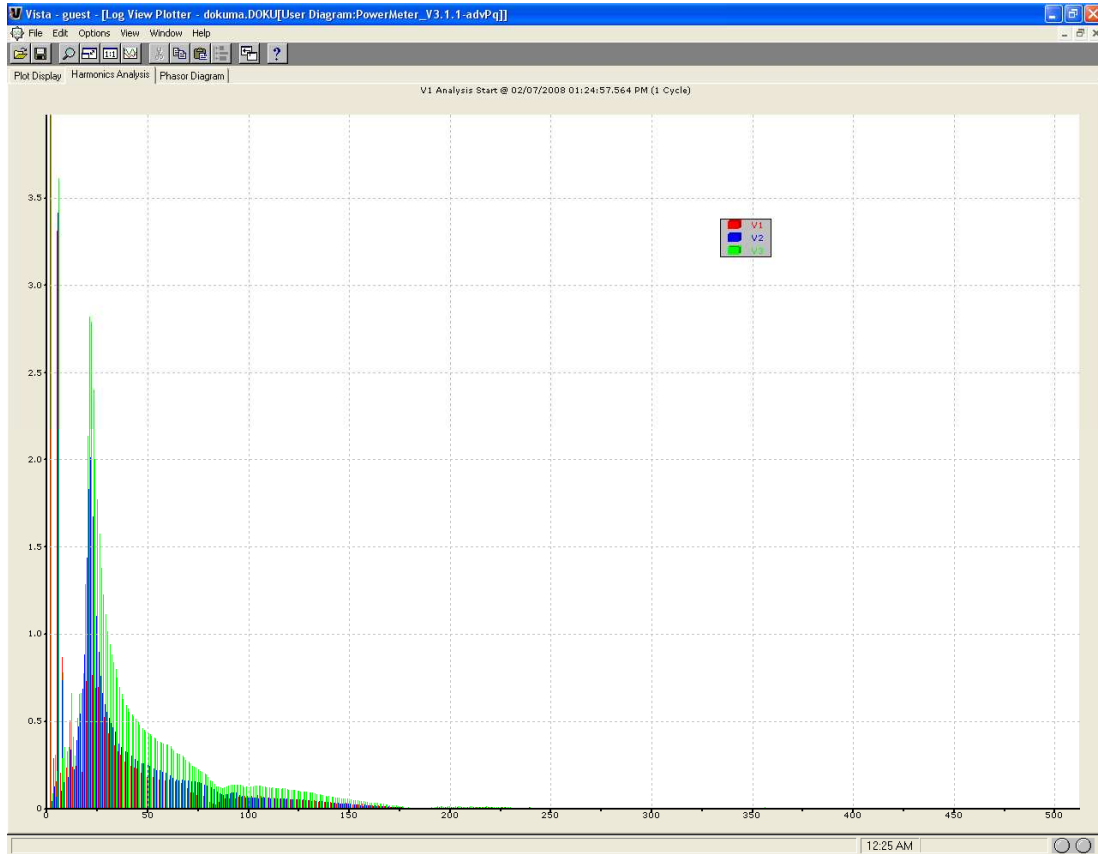


Şekil 4.13. Geçici olay anında üç faz gerilim eğrileri



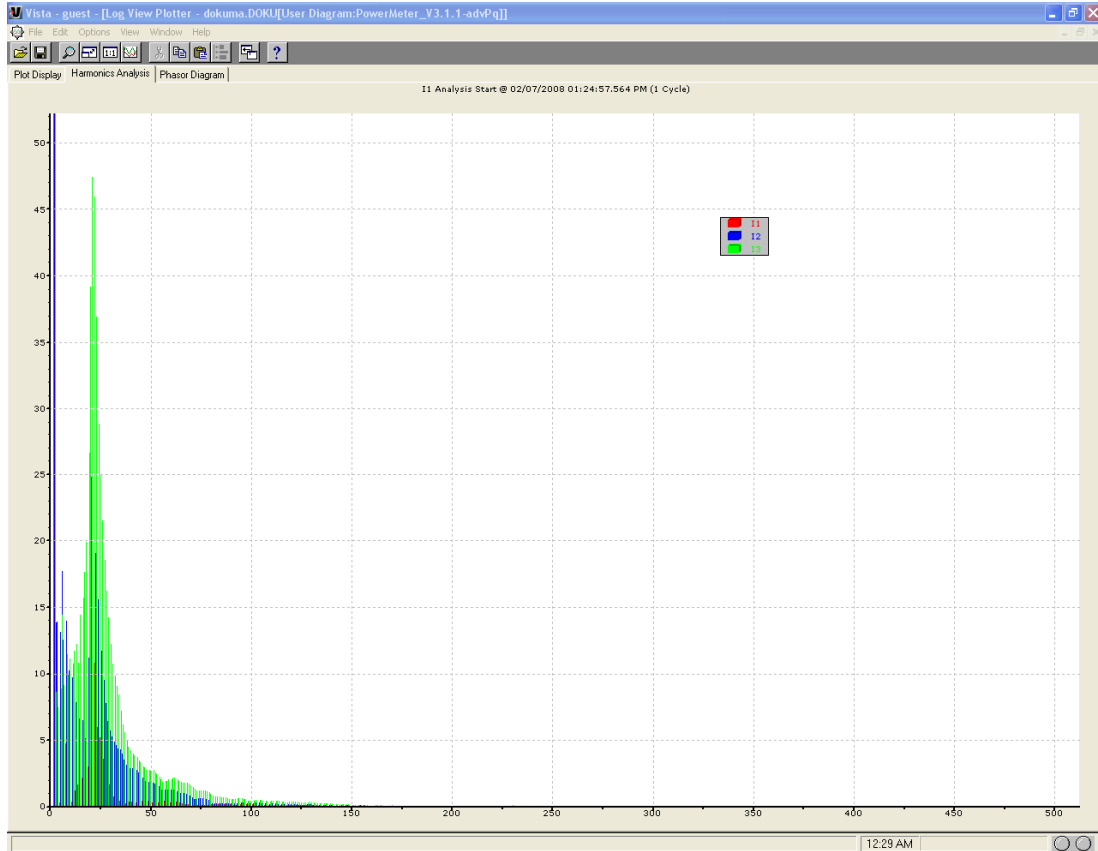
Şekil 4.14. Yukarıdaki olay anında faz akımlarının dalga şekli

Geçici olaylar meydana geldiğinde, akım ve gerilim değişimleri kayıt edildiği gibi harmonik bileşenler de kayıt edilmektedir. Hatta buradaki harmonik bileşen kayıdı 511. harmoniğe kadar yapılmaktadır. Yine bu bölümde akım ve gerilim fazör diyagramları da çizilebilmektedir. Şekil 4.15. de ve 4.16. da gerilim ve akım harmoniklerinin dağılımını gösteren grafikler bulunmaktadır.



Şekil 4.15. Geçici olay anındaki gerilim harmonikleri ( üç faz için )

Geçici olaylar, gerilim düşümü ve yükselmesini içine alan bir istatistik sayfası ve bunun CBEMA uygunluğunu gösteren grafiği çizbildiği bir bölüm de bulunmaktadır. Burada her olayın başladığı zaman etiketi, onun yanında olayın ne kadar süre devam ettiği ve bunların yanında da her faz için ayrı ayrı genliğinin yüzde kaçına düştüğünü gösteren bir tablo bulunmaktadır. Bu tablodan veriler ister aylık bazda, ister altı aylık ya da yıllık bazda seçilerek CBEMA kriterlerine uygunluğu çizdirilen grafikte tespit edilebilmektedir.

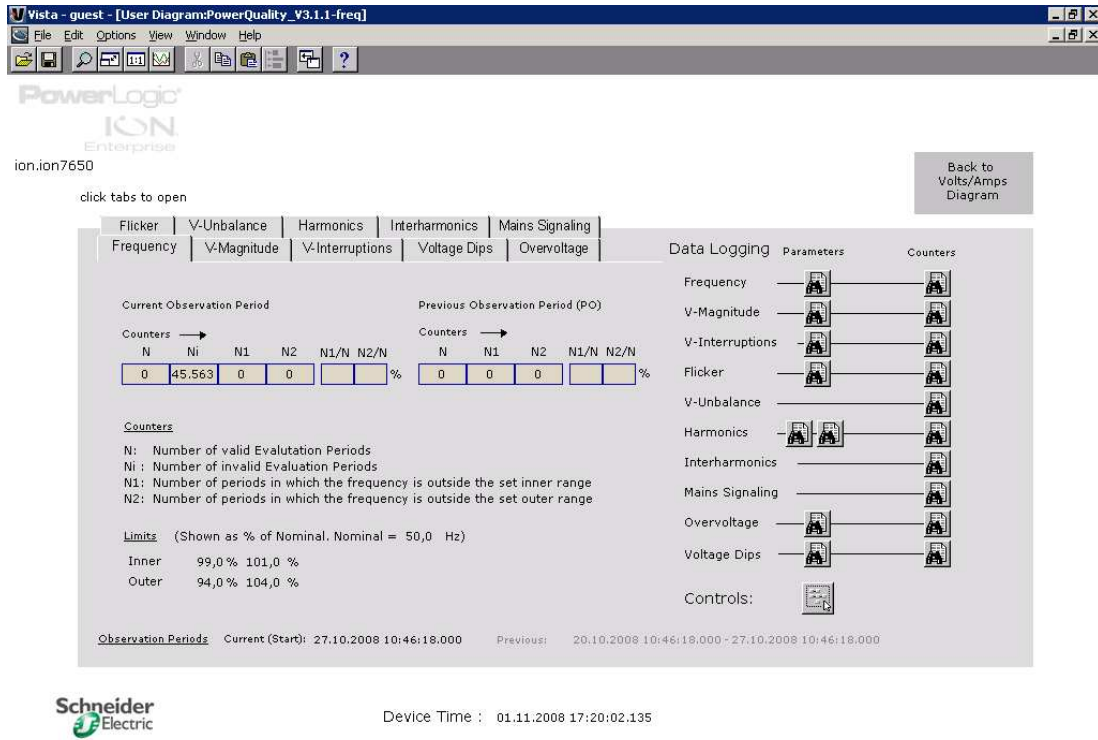


Şekil 4.16. Geçici olay anındaki her faza ait akım harmonikleri

#### 4.3.8. EN 50160 Standartına göre yapılan ölçümler

EN 50160 standardı ülkemizde de geçerli olan elektrik enerji kalitesi standartıdır. Yakın gelecekte gerek tedarikçiler gerek ise tüketiciler bu kapsamda elektrik enerjisi temin etmek ve tüketme durumunda olacak aksi halde cezai uygulamalara muhatap olabileceklerdir. Hatta 12 Eylül 2006 tarihinde “Elektrik Piyasasında Dağıtım Sisteminde Sunulan Elektrik Enerjisinin Tedarik Sürekliliği, Ticari ve Teknik Kalitesi Hakkında Yönetmelik” yürürlükte ve bu yönetmelik EN 50160 standartının birebir tercümesinden oluşturulmuştur. Yakın gelecekte tüm tarafları bağlayacak yaptırımların başlayacağı yapılan açıklamalardan anlaşılmaktadır.

Analizör EN 50160 kapsamında şekil 4.17. de görülen büyüklükleri ölçmektedir. Görüleceği üzere burada üç büyüklük hariç diğerleri için datalar tutulmakta ve yine ayrıca standarta göre sınır değeri aşan değerler içinde sayaç kısmı bulunmaktadır. Ölçümlerin yapısı aşağıdaki bölümlerde anlatılmaktadır.



Şekil 4.17. EN 50160 standardı kapsamında ölçülen büyüklükler

#### 4.3.8.1. Frekans değerleri

Frekans ölçümleri 10 dakikalık periyotlar içinde yapılmıştır. Her on dakika için ortalama değer hesaplanmış, yine her on dakika içinde görülen en yüksek ve en düşük değerler kayıt altına alınmıştır.

Sayaçlarda ise hesaplamalar ve kayıtlar 10 saniyelik periyotlar üzerinden haftalık hesaplamalara göre yapılmıştır. Burada haftalık ölçümdeki periyot sayısı (N), frekansın temel değerden saptığı periyot sayısı (Ni), alt sınırın dışına taşan periyot sayısı (N1), üst sınırın dışına sarkan periyot sayısı ise (N2) ile kayıt edilmişlerdir. Bu değerlerle gerek programla, gerek ise veriler başka bir yazılıma aktarılarak ihtiyaç duyulan grafikler çizilebilir ya da tablolar oluşturulabilir.

#### 4.3.8.2. Gerilimin büyüklüğü

Gerilim ölçümleri de 10 dakikalık ölçümlerin ortalamasına göre yapılmıştır. Her üç faz için de ayrı ayrı ortalama, yüksek ve düşük değerleri kayıt edilmiştir.



Sayaçlarda ise haftalık bölümlerle kayıt ve hesaplamalar yapılmıştır. Bir hafta içindeki 10 dakika sayısı (N) ile, bunların içinden temel değerden sapan 10 dakika sayısı (Ni), sınırı aşan gerilim büyüklüğü değeri sayısı da (N1) ile gösterilmiştir.

#### 4.3.8.3. Gerilim kesintileri

Gerilim kesintileri kayıtlarında ise, olayın başladığı zaman etiketinin yanına her faz için ayrı ayrı kesinti süresi saniye cinsinden kayıt edilmektedir.

Sayaçlarda ise gerilim kesintileri üç farklı zaman boyutunda her faz için ayrı ayrı kayıt edilmiştir. Zaman boyutları ise;

T1:  $t < 1$  s

T2:  $1 \text{ s} \leq t < 3 \text{ d}$

T3:  $t \geq 3 \text{ d}$

olarak belirlenmiştir.

#### 4.3.8.4. Gerilim kırışması

Gerilim kırışması 10 dakikalık periyotlarla kayıt edilmektedir. Her bir faz için Plt ve Pst değerleri ayrı ayrı kayıt edilmektedir.

Sayaçlarda ise haftalık kayıtlar bulunmaktadır. Bu kayıtlar her bir faz için ayrı olarak tutulmuştur. Bir hafta 84 periyot olarak değerlendirilmiş ( 2 saatlik periyota karşılık gelmekte ) gerilim kırışması bulunmayanın sayısı (N), gerilim kırışması bulunan sayısı (Ni), standartlara göre sınırı aşan Plt sayısı ise de (N1) olarak kayıt edilmiştir.

#### 4.3.8.5. Gerilim dengesizliği

Sadece sayaç değeri bulunmaktadır. Sayaç değerleri de haftalık olarak kayıt edilmiştir ve 1008 periyot kabul edilmiştir. ( bir periyot 10 dakika olmaktadır ). Bunlardan gerilim dengesizliği olmayanın sayısı (N), gerilim dengesizliği olan sayısı

(Ni), sınır değerlerini aşan periyot sayısı ise (N1) olarak gösterilmiş ve kayıt edilmiştir.

#### **4.3.8.6. Harmonikler**

Harmonik ölçümleri her fazın akım ve gerilim değerleri için ayrı ayrı olmak üzere toplam harmonik bozulması olarak ölçülürler. Bu değerler ortalama, yüksek ve düşük değerler olarak kayıt edilmektedirler.

Sayaçlarda ise ölçümlerde kullanılan 10 dakikalık kayıtlar yine bir periyot kabul edilerek haftalık kayıtlar 1008 periyot üzerinden yapılmıştır. Bunlardan harmonik değerlerin sıklıntı oluşturmadığı periyot sayısı (N), harmonikli bileşenlerin olduğu periyot sayısı (Ni), herhangi bir harmoniğin sınır değerleri aştığı periyot sayısı (N1), toplam harmonik distorsiyonun sınır değerini aştığı periyot sayısı da (N2) olarak hesaplanmış olarak kayıt edilmişlerdir.

Harmonik limitleri burada ayarlanabilen parametrelerdendir.

#### **4.3.8.7. Ara harmonikler**

Ara harmoniklerde de sadece sayaç değerleri bulunmaktadır. Sayaç bilgileri kayıt periyotları harmoniklerde olduğu gibidir. Ara harmoniklerin sorun oluşturmadığı periyot sayısı (N), ara harmoniklerin baz değerleri aştığı periyot sayısı (Ni), ara harmoniklerin sınır değeri aştığı periyot sayısı da (N1) olarak kayıtlarda bulunmaktadır.

#### **4.3.8.8. Ana sinyal**

Ana sinyal de sadece sayaç değerleri ile ifade edilmektedir. Kayıtlar 24 saatte bir yapılmıştır. Her biri 3 saniye olan periyotlardan 28800 bulunmaktadır. Bunlardan sorun teşkil etmeyenlerin sayısı (N), sorunlu olan periyotların sayısı (Ni), set edilmiş sınır değerlerin sayısı (N1) olarak kayıt edilmektedir.

#### 4.3.8.9. Aşırı gerilim

Aşırı gerilim olayı gerçekleştiğinde zaman etiketinin yanında her faz gerilimi için gerilimin yüzde kaç büyüdüğü ve ne kadar sürdüğü kayıt edilmektedir.

Sayaçlarda ise 45 farklı kayıt bulunmaktadır. 3 tane zaman, 5 tane gerilim büyüklüğü olarak faz başına 15 farklı değerden oluşmaktadır. Zaman değerleri;

T1:  $t < 1$  s

T2:  $1 \text{ s} \leq t < 60$  s

T3:  $60 \text{ s} \leq t$

gerilim büyüklükleri değerleri;

M1:  $110 < m \leq 120$

M2:  $120 < m \leq 140$

M3:  $140 < m \leq 160$

M4:  $160 < m \leq 200$

M5:  $m \leq 200$

#### 4.3.8.10. Gerilim düşmeleri

Gerilim düşmesi olayı meydana geldiğinde, zaman etiketinin yanına her faz için ayrı olmak üzere gerilimin büyüklüğünün yüzde kaçına düştüğü ( düşmenin derinliği ) ve düşme süresi kayıt edilmektedir.

Sayaçlarda ise olaylar hafta bazında kayıt edilmektedir. Derinlik için 4 aralık ve süre için de 6 aralık bulunduğundan faz başına 24 farklı değer kayıt edilmektedir. Bu nedenlerle sayaçlarda 3 faz göz önüne alındığında 72 farklı parametre kayıt edilmektedir. Zaman değerleri;

T1:  $10 \text{ ms} \leq t < 100 \text{ ms}$

T2:  $100 \text{ ms} \leq t < 500 \text{ ms}$

T3:  $500 \text{ ms} \leq t < 1 \text{ s}$

T4:  $1 \text{ s} \leq t < 3 \text{ s}$

T5:  $3 \text{ s} \leq t < 20 \text{ s}$

T6:  $20 \text{ s} \leq t < 60 \text{ s}$

Yüzde gerilim düşmesi değerleri;

D1:  $10 < m < 15$

D2:  $15 \leq m < 30$

D3:  $30 \leq m < 60$

D4:  $60 \leq m < 99$

#### **4.4. ION Enterprise Yazılımı**

ION Enterprise yazılımı bir enerji analizörünü yönetmekten çok öte bir yazılımdır. İçinde SQL server bileşenlerini barındıran, aynı anda pek çok cihazı izleyip yönetebilen, bir şebekeyi ya da dev bir işletmeyi izleyip yönetebilecek, enerji optimizasyonunu yapabilecek ( su, doğalgaz ve diğer enerji kaynakları dahil ) üst düzey bir yazılımdır.

Bu yazılım bir sunucu üzerine kurularak, sunucuya ulaşabilen tüm kullanıcıların yetkisi dahilinde işlem yapabilmesine imkan verir. İnternet tabanlı ya da gprs tabanlı tüm cihazlarla iletişim kurabilmektedir.

Program üç ana modülden oluşmaktadır. Bunlar;

Vista

Management Console

Reporter

#### **4.4.1. Vista**

Bu kısım kullanıcılara network üzerinden enerji analizörlerinin ölçtüğü verileri, dalga formlarını göstermeyi sağlar. Yukarıdaki bölümlerde ION 7650 ile ölçüldüğü anlatılan tüm değerler, çizilmiş tüm grafikler, Vista modülü sayesinde görüntülenmişlerdir.

Vista modülü aracılığı ile ölçülen bazı parametrelerin set değerleri, sınır değerleri ayarlanabilir.

#### **4.4.2. Management Console ( Yönetim Konsolu )**

Kurulacak enerji yönetimi sisteminin tüm bileşenlerinin tanımlandığı, eklenip, çıkarılabildiği modüldür. Veri bankasının, bağlanacak enerji analizörlerin tanımlanması, ayarlanması buradan yapılmaktadır.

Yazılımın gerek kendisinin gerek ise tüm sahalardaki cihazların firmwarelerinin güncellemesi de buradan yapılabilmektedir.

#### **4.4.3. Data Reporter ( Raporlama Aracı )**

Raporlama aracı sayesinde önceden tanımlanarak otomatik raporlamalar yapılabilmekte ve gerekli yerlere elektronik posta yoluyla da iletilebilmektedir. Raporlama aracı ile EN 50160 ya da IEC 61000-4-30 ve IEC 61000-4-15 flicker standartlarına göre raporlamalar yapılabilmektedir.

Benzer şekilde enerji tüketimleri muhasebeleştirilebilmektedir.[38-41]

## **BÖLÜM 5. İŞLETMELERDE YAPILAN ELEKTRİK KALİTESİ ÖLÇÜMLERİ VE BUNLARIN MALİYETİ**

### **5.1. Giriş**

Elektrik enerji kalitesi olaylarının tekstil işletmelerine olan etkilerini reel ortamda tespit etmek için ülkemizin iki farklı ilindeki yaklaşık olarak aynı proseslere sahip iki işletmeye Schneider ION 7650 ölçü aletinden bağlanmıştır. Dokuz ayı aşkın bir süre boyunca bu işletmelerde oluşan her türlü elektrik enerjisi kalitesizliği kayıt altına alınmış, alınan verilerle, dalga formlarında oluşan her türlü anormal değişim kurulan sunucularda tutulmuştur. Bu bölümde, oluşan bu sorunlar, oluştuğu andaki gerilim ve akım dalga formlarının çizimleriyle beraber izah edilmiştir.

İşletmelerin seçimi yapılırken, ülkemizin farklı bölgelerinden tercih edilmesine dikkat edilmiştir. Buldukları sanayi bölgelerinin de özellikleri bir araya geldiğinde bu iki fabrikanın da çok farklı kalite değerlerine sahip elektrik enerjileriyle çalıştıkları da tespit edilmiştir. İşletmelerden biri Marmara bölgesinde bir organize sanayi bölgesinde bulunmaktadır. Bu organize sanayi bölgesinde çift devreden elektrik beslemesinin yanı sıra üç adet de yüksek güçlü doğal gaz santrali de aynı ana barayı beslemektedir. Bu işletmenin yapılan ölçümler sonucu, iki işletme içinden en kaliteli elektrik enerjisiyle çalıştığı tespit edildi. Doğal olarak kalite sorunlarının işletme üzerine etkileri ve maddi kayıpları az oldu. Doğu bölgemizdeki bir işletmede ise ki bu işletmenin elektrik enerjisi aldığı dağıtım hattının ana barasında başka da bir otoprodüktör de bulunmamaktadır. İlerleyen alt bölümlerde de görüleceği üzere bu işletmede çok fazla sayıda kalitesizlik olayları gelişmiştir. Bunların sonucunda da işletmeye aşırı miktarda maddi yükler geldiği tespit edilmiştir.

Yapılan dokuz ayı aşkın ölçümün sonunda görülmüştür ki ikinci bölümde anlatılan elektrik enerjisindeki kalitesizlik olaylarının hemen hepsi ikinci işletmede pek çok

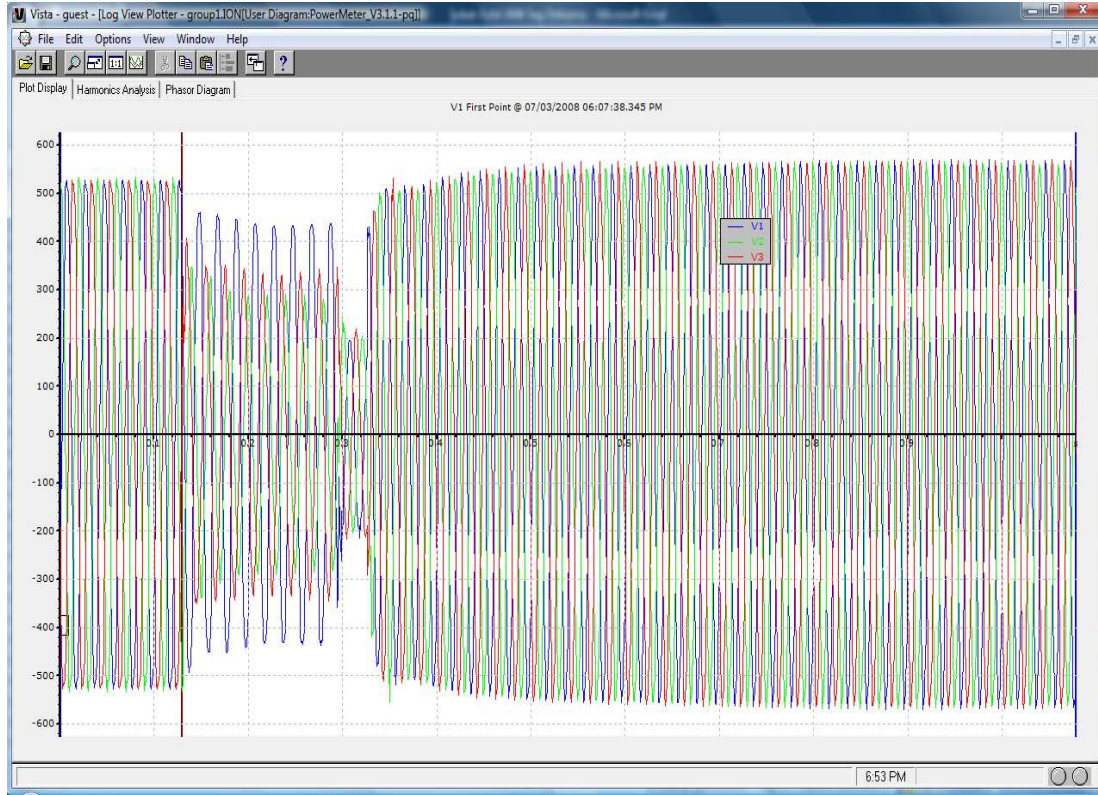
kez meydana gelmiştir. Diğer işletmede ilk işletmeden çok daha az olmak üzere bu olaylar oluşmuştur. Bu olaylar oluştuğunda, bu sorunlara karşılık fabrikada meydana gelen sorunlar not edilmiştir. Bu kayıtlara bağlı olarak işletmelerdeki planlama ve üretim bölümlerinin de katılımıyla maliyetler hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar direkt maliyetlerdir ve prestij kaybı, müşteri kaybı gibi endirekt maliyetler daha yansıtılmamıştır.

İşletmelerin maddi kayıpların büyük kısmını oluşturan en önemli kalitesizlik konuları elektrik kesilmeleri ve elektrik dalgalanmalarıdır (geçici olaylar). Gerçi tüm sorunlar belli miktarda maddi kayıplara neden olmaktadır ancak belli ölçek büyüklüğüne sahip bu işletmelerde elbette kayıpların en önemlisi üretimin aksamasıdır. İşletmelerin genelindeki üretim duruşları da bu kesintiler sırasında ve geçici olaylara bağlı olarak makinelerin duruşlarından meydana gelmektedir.

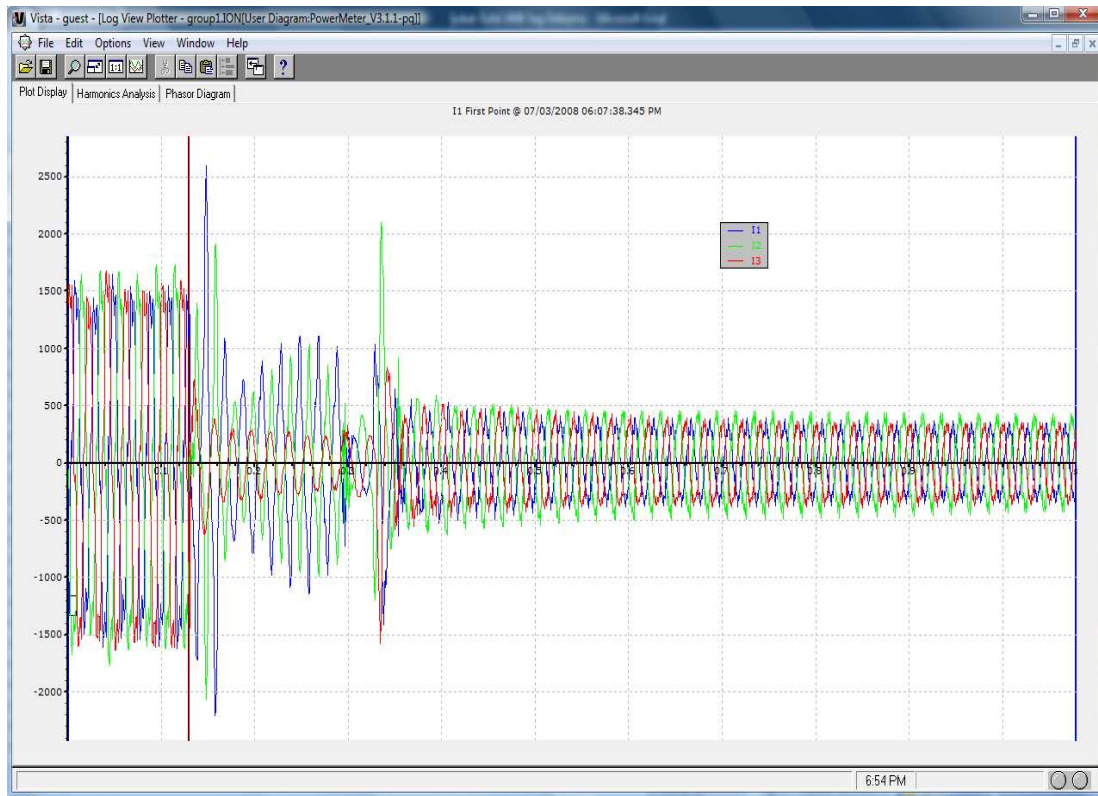
## **5.2. Gerilim Düşmesi Ölçümleri ve Bunların Maliyeti**

İkinci işletmedeki 6 aylık ölçümlerde 155 adet gerilim düşümü olayı kayıt edilmiştir. Birinci işletmede ise sadece 6 adet gerilim düşümü olayı kayıt edilmiştir. Bu olayların meydana geldiği andaki derinliği ve süresi işletmeye etkilerini belirlemektedir. Birinci işletmedeki 6 adet olayın işletmeye herhangi bir etkisi olmamıştır. Yapılan ölçümler ve kayıtlardaki gerilim düşümü olaylarına bir örnek olarak Şekil 5.1. de görülebilir. Bu olayın meydana geldiği andaki akım değişimleri Şekil 5.2. de gösterilmiştir. Birinci işletmede ise üretim kayıplarına ve arızalara neden olmuştur. Derinliği ve süresi büyük gerilim düşmeleri bazı makinelerin durmasına ve arızaların oluşmasına neden olmuştur.

Gerilim düşümleri olayları bazen art arda meydana gelmekte, bazen de elektrik kesintisi ile sonuçlanmaktadır. Art arda meydana gelen gerilim düşümleri de rahatlıkla izlenebilmektedir. Alınan kayıtlar yazılım vasıtası ile basit bir seçimle bir arada grafiğe dönüştürülebilmektedir. Bu olayla ilgili gerilim düşümü grafiği Şekil 5.3. de, akım değişimi grafiği Şekil 5.4. de görülmektedir. Kesinti ile biten gerilim düşümü olayı Şekil 5.5. de, bu olay esnasındaki akım değişimleri grafiği de Şekil 5.6. da gösterilmiştir.

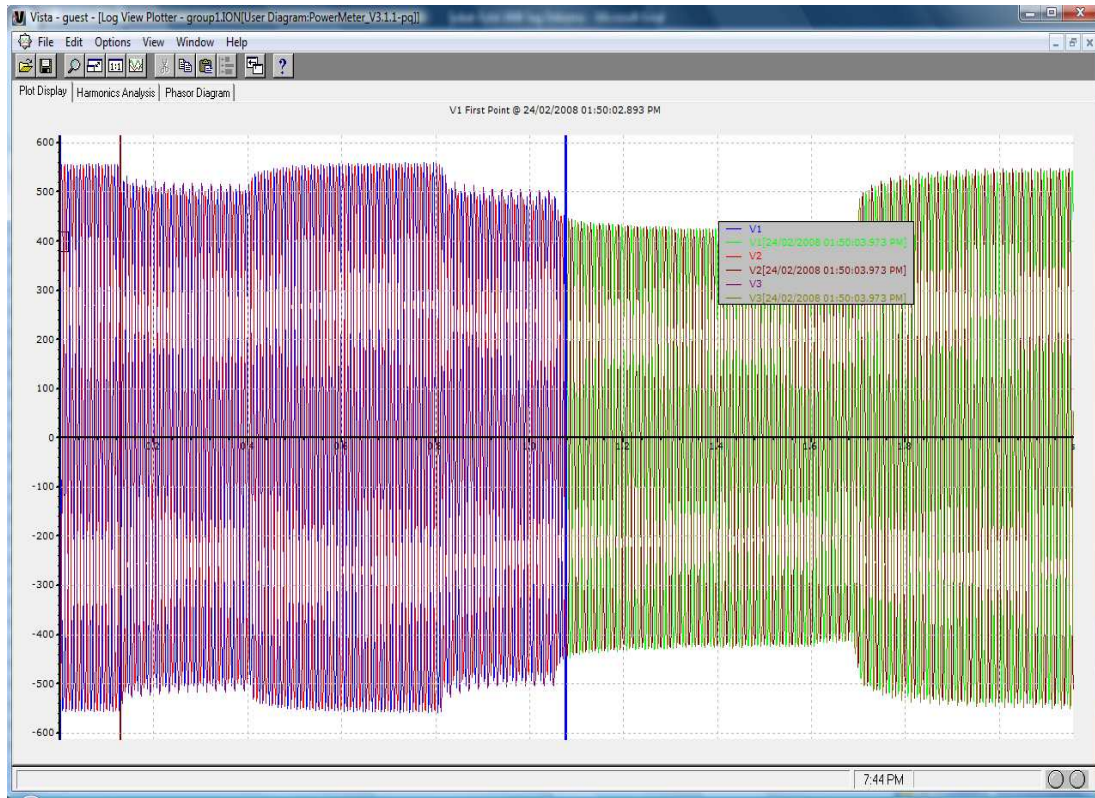


Şekil 5.1. Gerilim düşmesi

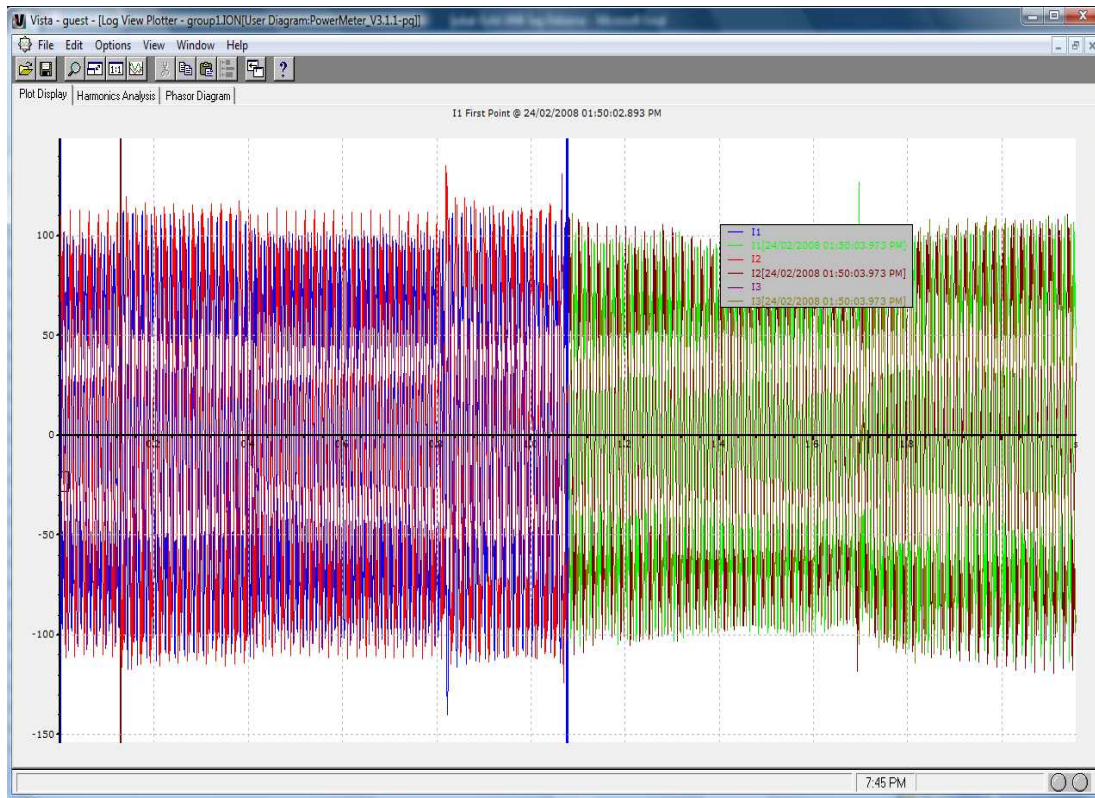


Şekil 5.2. Gerilim düşmesi anındaki üç faz akım değişimleri

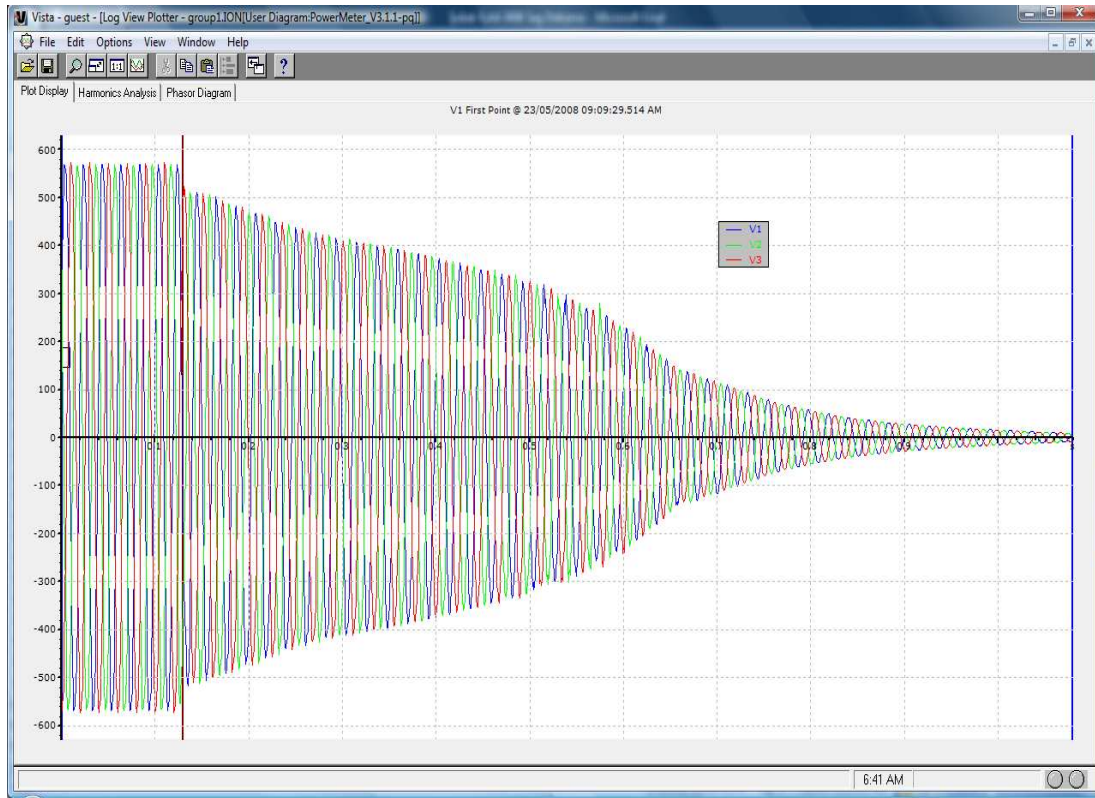




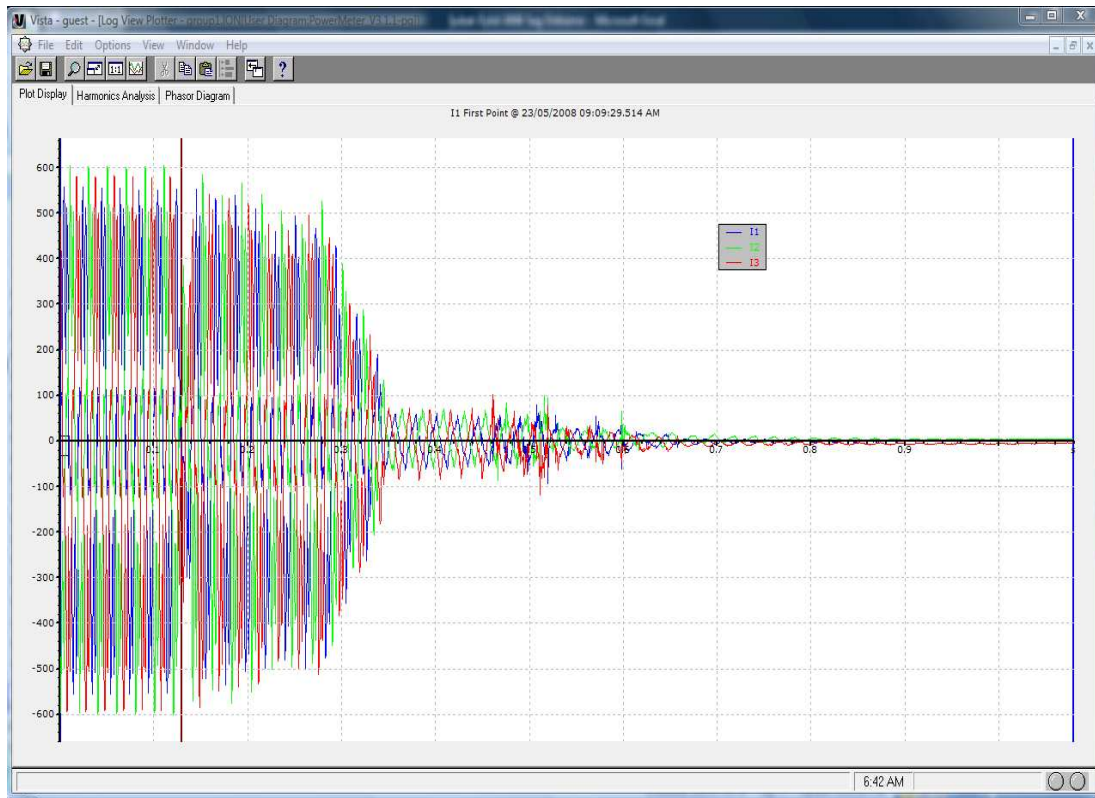
Şekil 5.3. Ard arda gerçekleşen gerilim düşmesi olayı



Şekil 5.4. Ard arda gerilim düşmesi olayındaki üç faz akım değişimi

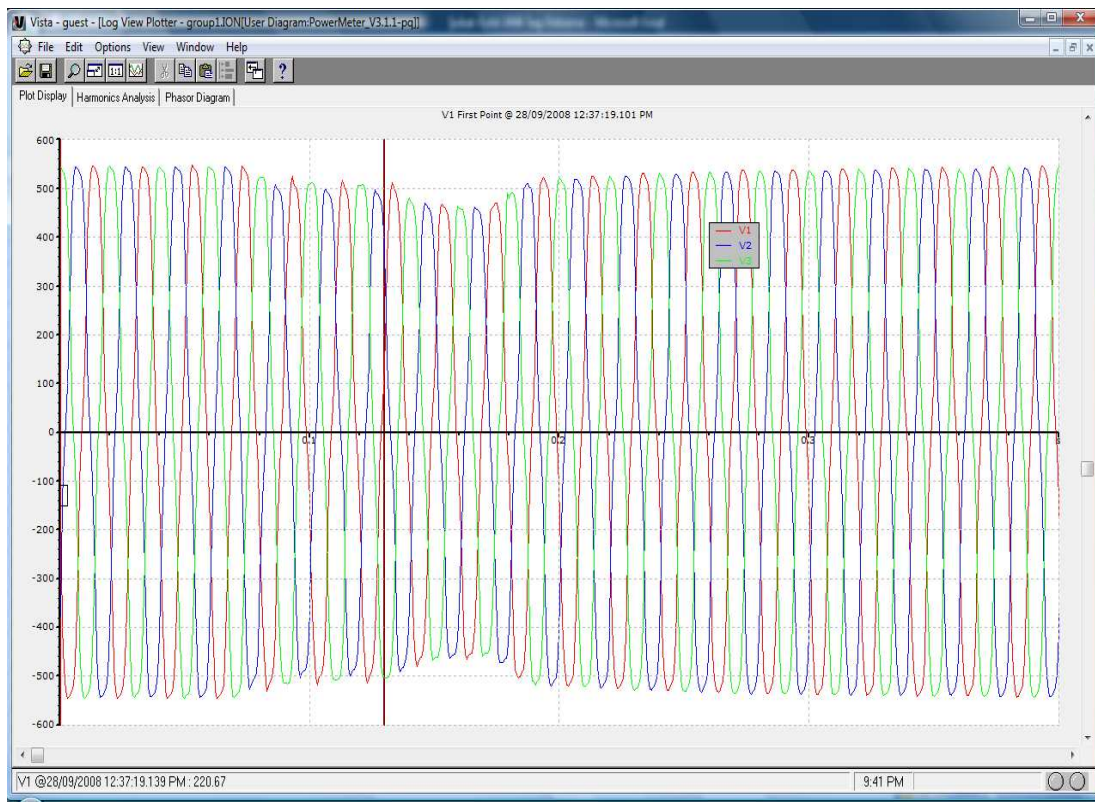


Şekil 5.5. Elektrik kesintisi ile biten gerilim düşmesi olayı



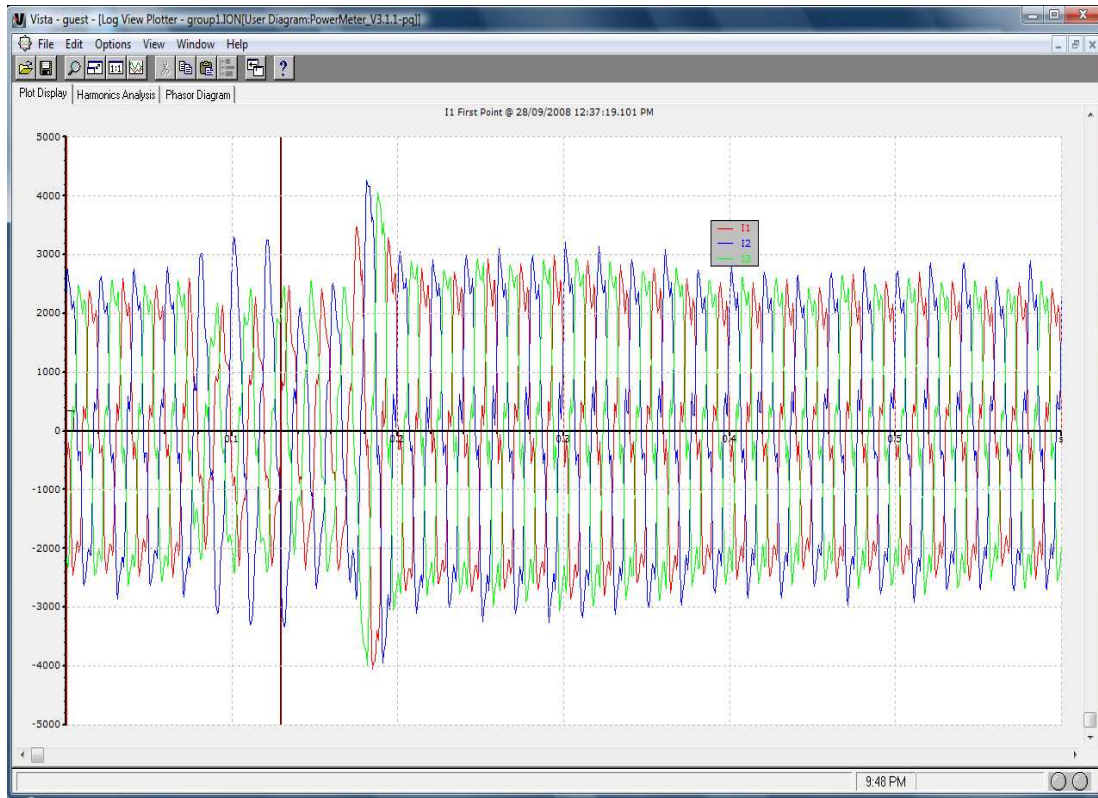
Şekil 5.6. Elektrik kesintisi ile biten gerilim düşümü olayı sırasındaki üç faz akım değişimleri

Ölçülen gerilim düşmesi olaylarına çizim genişletilerek verilen bir örnek de Şekil 5.7. ve Şekil 5.8. de gösterilmektedir. Bu olay esnasında işletmenin bazı bölümlerinde, bazı makinelerde duruş olmuştur. Genelde %10 ile %15 arası gerilim düşüşlerinde kısmi duruşlar olabilmektedir. Gerek dokuma gerek ise boya ve apre makinelerinde bu duruşlar gerçekleşebilmektedir. 6 aylık ölçümlerdeki istatistiklerde de görüleceği gibi işletmelerin bu gibi durumlardaki kayıpları, olay başına 2000 USD ile 3500 USD arasında değişmektedir. Olay anında işletme çalışanlarının aldığı notlar ile yapılan hesaplamalar sonucu bu kayıplar hesaplanmıştır.

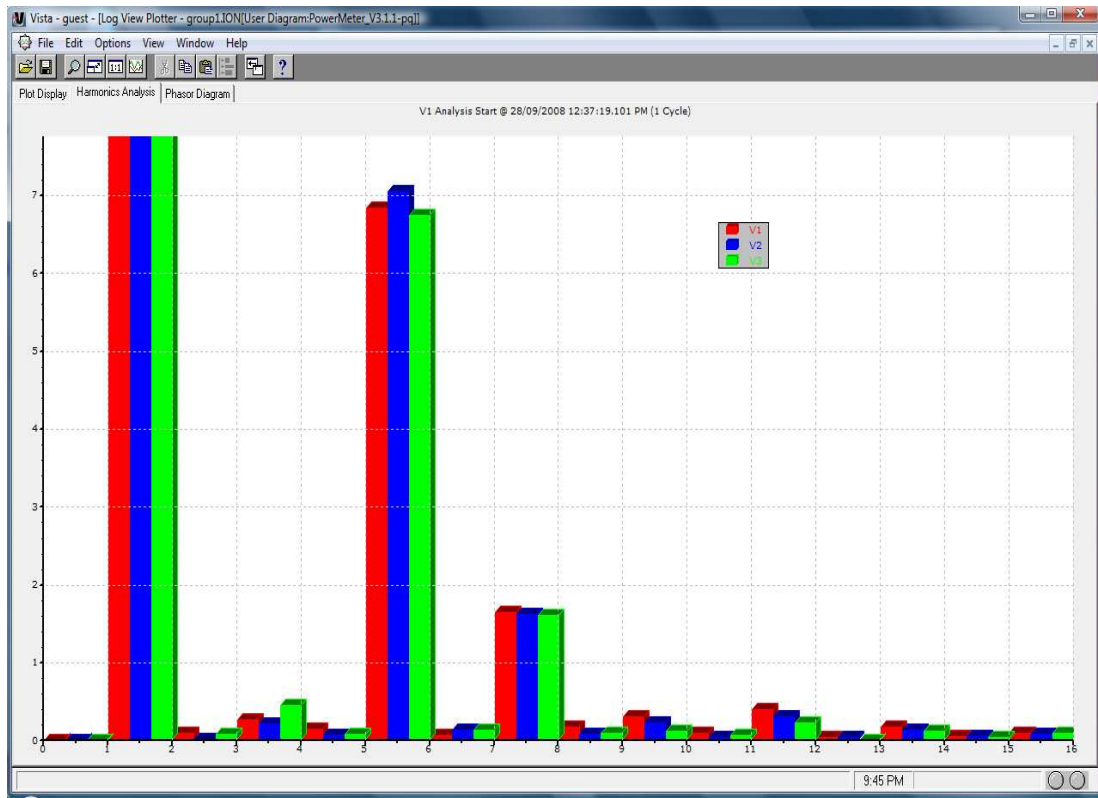


Şekil 5.7. Olay anı genişletilmiş gerilim düşmesi örneği

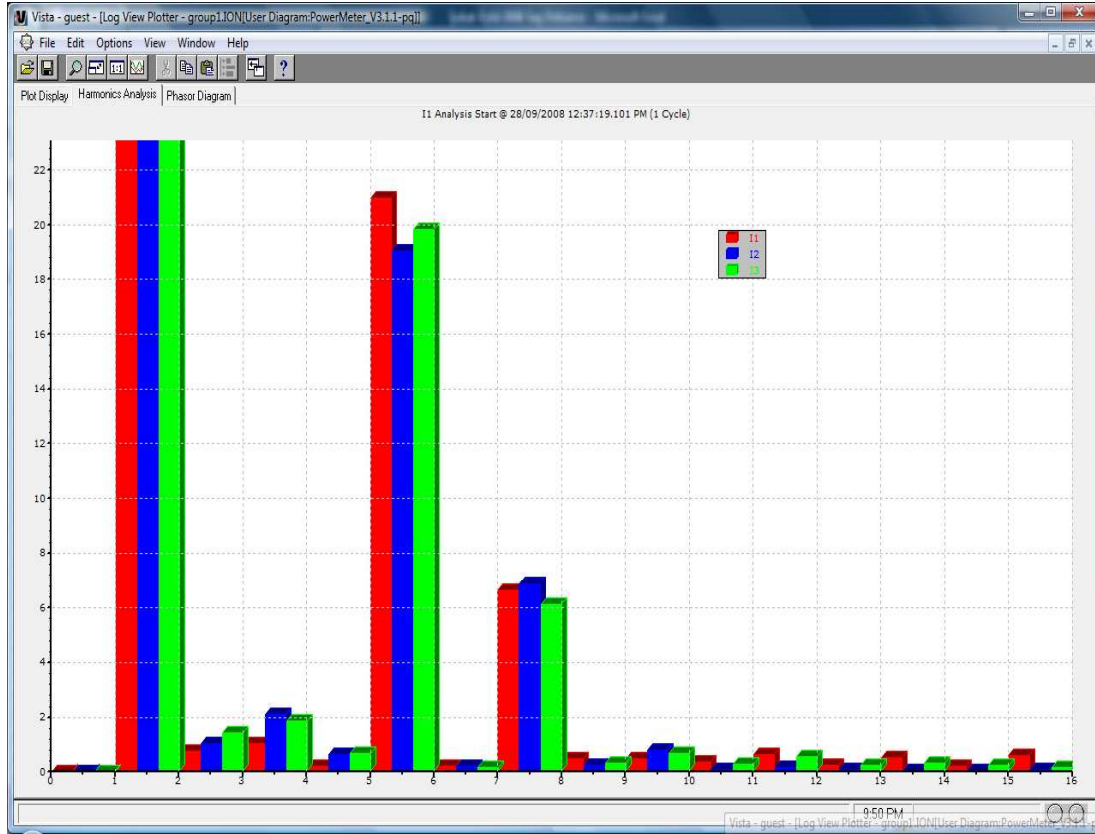
Yapılan ölçümlerde gerilim düşmesi anında 15. Harmoniğe kadar akım ve gerilim düşümü harmonikleri de kayıt edilmiştir. Şekil 5.7. ve Şekil 5.8. deki olaya ilişkin harmonik büyüklükleri de Şekil 5.9. ve Şekil 5. 10. da verilmiştir. Her iki şekilde de görüleceği üzere en fazla 5. Ve 7. Harmoniğin bu olaylar sırasında bulunduğu görülmektedir. Buldukları ya da çıktıkları değer de işletmedeki makinelere zarar verecek büyüklüklerde değildir. Bu gibi durumlarda harmoniklerde oluşan değişimlerin belirgin bir zararı olmadığını söylenebilir.



Şekil 5.8. Yukarıdaki örnek olaya ait üç faz akım değişimi



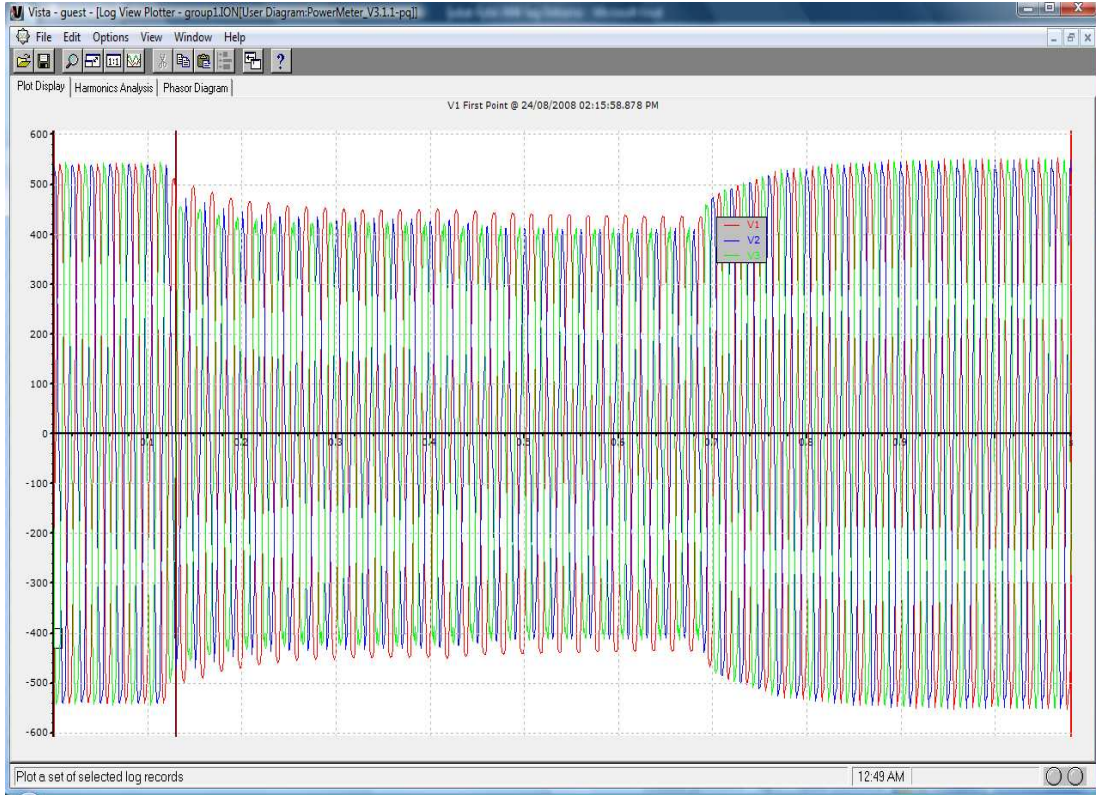
Şekil 5.9. Üç faza ait gerilim harmonikleri (Şekil 5.7. deki olaya ait)



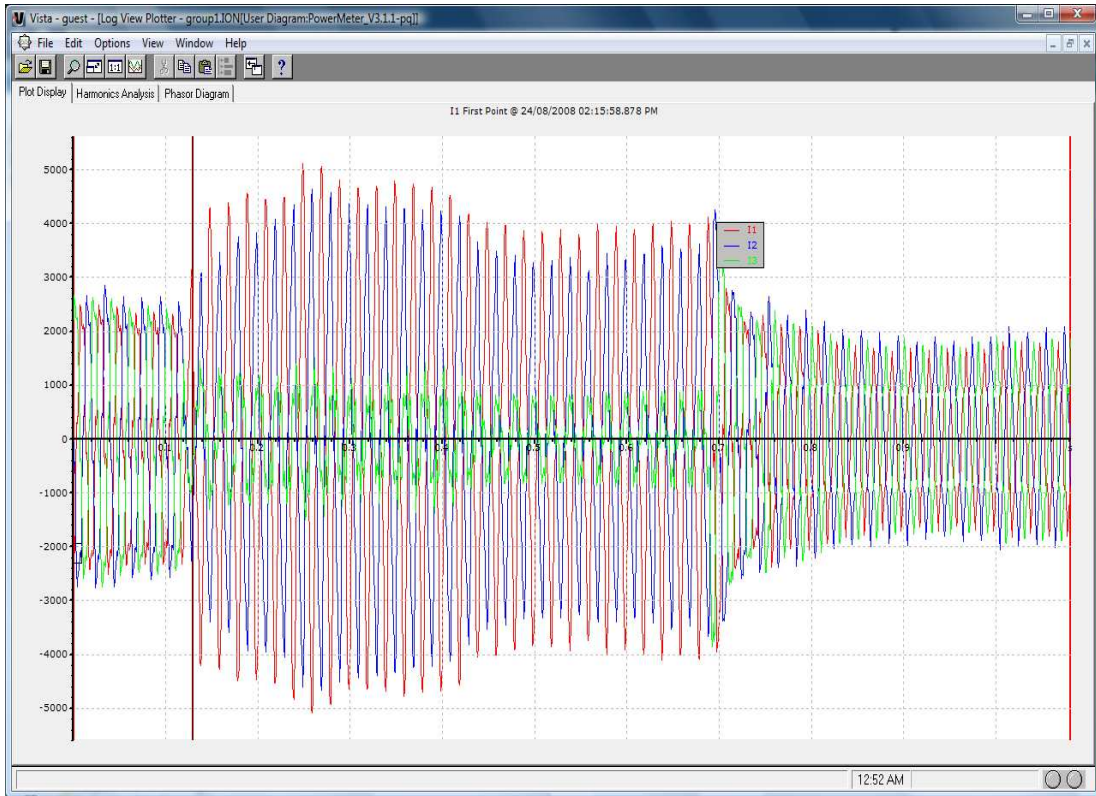
Şekil 5.10. Üç faza ait akım harmonikleri (Şekil 5.8. deki olaya ait)

Şekil 5.11. ve 5.12. de işletmelerde meydana gelen gerilim düşümü olaylarından birine ait gerilim ve akım değişimleri grafikleri gösterilmektedir.

Bu örnek olayımızda ise gerilim düşümünün yüzdesi ve süresi daha uzun olmuştur. Bu nedenle kısmi duruşun yanı sıra bazı makinelerde arızalar meydana gelmiştir. Yapılan kayıtlardan görüldüğü üzere bu olay için toplam 7500 USD kayıp meydana gelmiştir. İşletme çalışanlarının aldığı notlar üzerinden yapılan, üretim, verimlilik kayıpları ve bunlara ilaveten de meydana gelen arızaların gerek tamir maliyeti gerek ise bunların oluşturduğu üretim ve verimlilik kayıpları bu rakamı oluşturmuştur. Örnek işletmelerde bu tip gerilim düşümlerinde kayıplar 14000 USD ye kadar çıkmıştır.



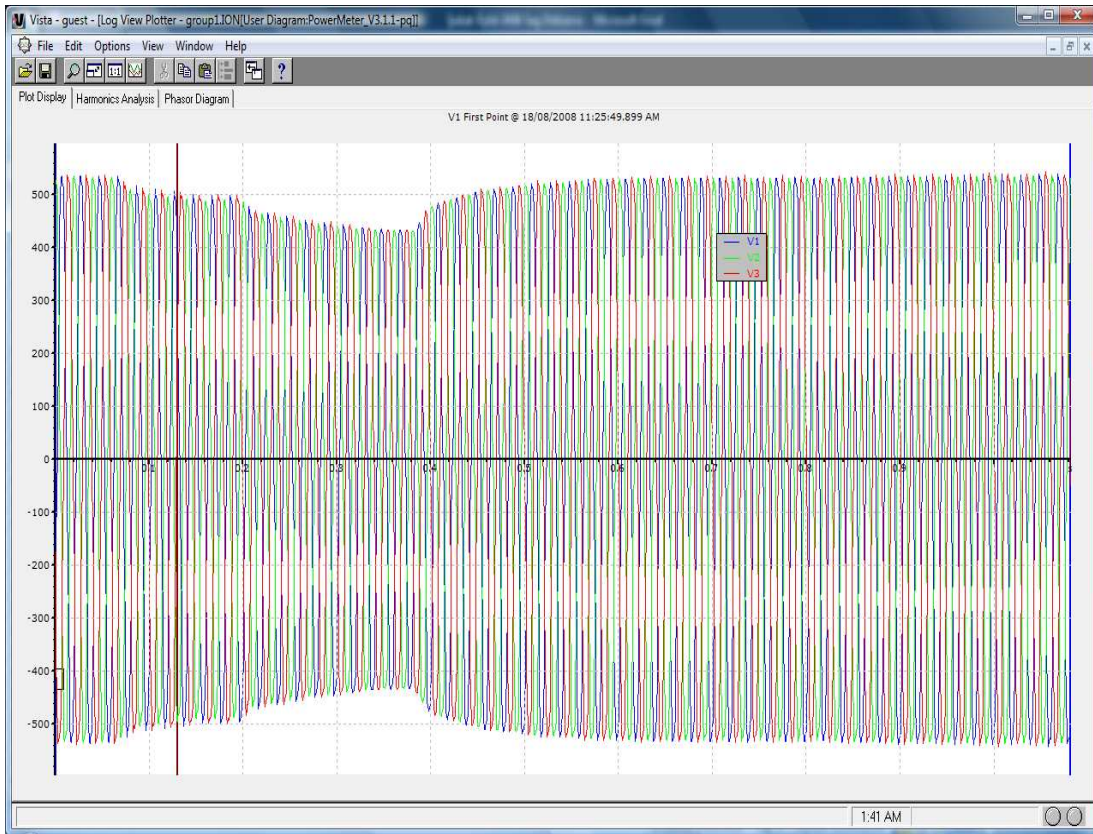
Şekil 5.11. Oluşan gerilim düşümü olaylarından biri ( üç faz gerilim değişimi )



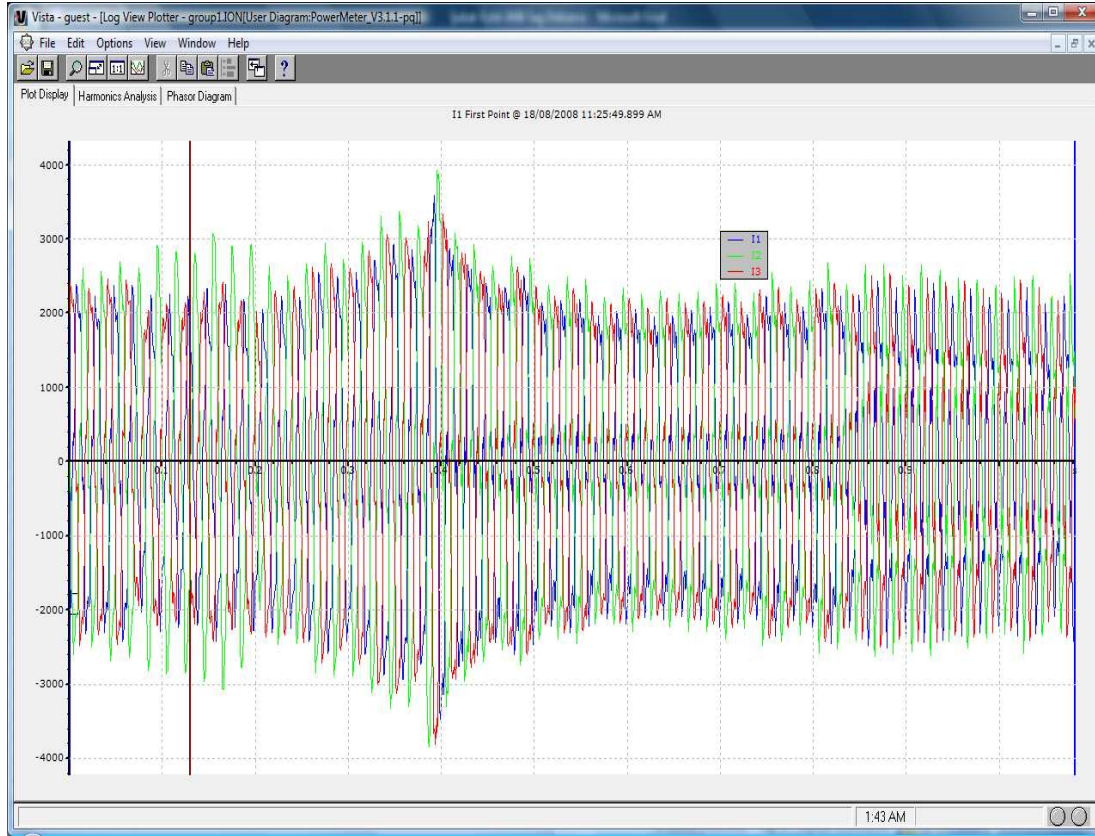
Şekil 5.12. Şekil 5.11.'deki olay anındaki faz akımları değişimi

Şekil 5.13. ve 5.14. de işletmelerde meydana gelen gerilim düşümü olaylarından birine ait gerilim ve akım değişimleri grafikleri gösterilmektedir.

Bu örnek olayın gerilim düşümü grafiği farklı olmakla beraber işletme üzerindeki etkileri yaklaşık olarak bir önceki olaydaki gibi olmuştur. İkinci işletmede bu tür kalitesizlik olayına yapılan altı aylık ölçümler sonucunda sekiz kere rastlanılmıştır. Buradan da yılda on altı kez bu ve benzeri kalitesizlik olayının yaşanabildiği söylenilebilir. Oluşan maliyetlerin olay başına 7500 USD ile 14000 USD arasında değiştiği göz önünde bulundurulursa işletmeler için büyük bir kayıp nedeni olduğu ortaya çıkmaktadır. Kaliteli elektrik enerjisi olan Marmara bölgesindeki birinci işletmede ise bu türlü bir olay hiç yaşanmamıştır. Buradan ilk akla gelecek fizibilite çalışmasında dahi fabrikanın yerinin seçiminde elektrik enerjisi kalitesinin önemli bir yeri olduğudur.



Şekil 5.13. Oluşan gerilim düşümü olaylarından biri ( üç faz gerilim değişimi )



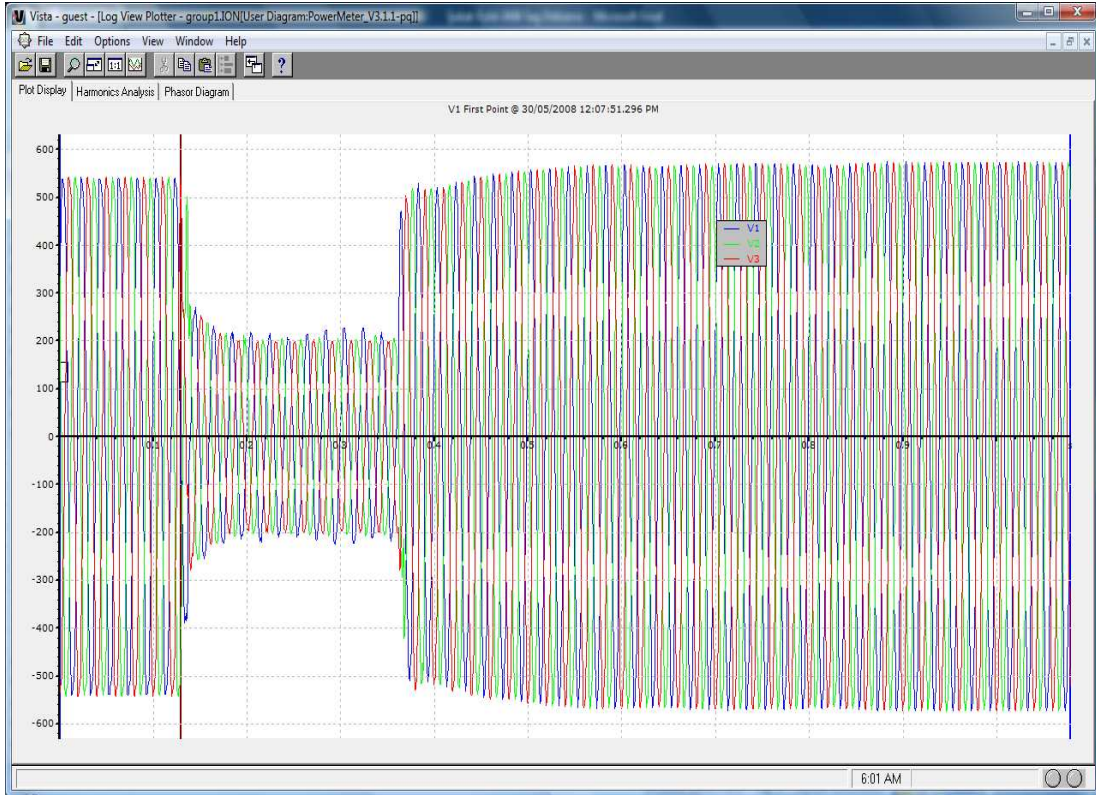
Şekil 5.14. Şekil 5.13.'deki olay anındaki faz akımları değişimi

Şekil 5.15. ve 5.16. da işletmelerde meydana gelen gerilim düşümü olaylarından birine ait gerilim ve akım değişimleri grafikleri gösterilmektedir.

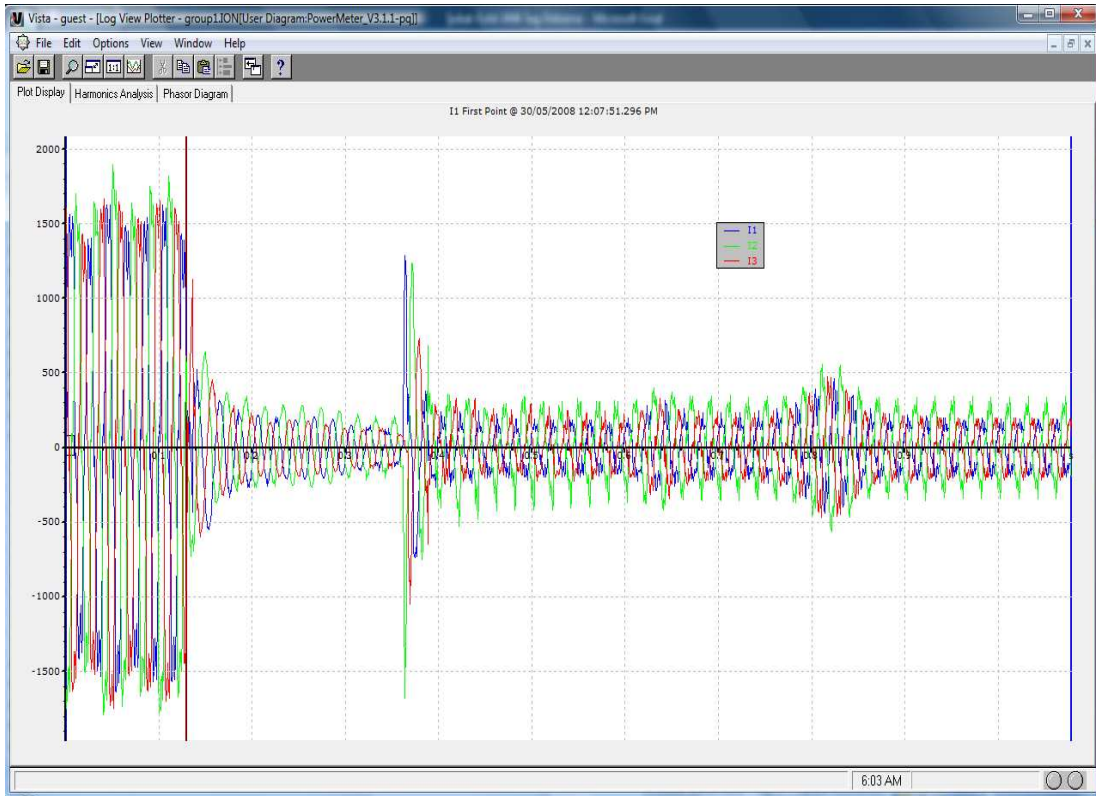
Bu örnek olayda ise duruşlar ve arızalar daha dramatik olarak gerçekleşmiştir. İşletmenin tüm departmanlarındaki makinelerin büyük bölümü duruşa geçmiştir. Bazılarında arızalar meydana gelmiştir. Alınan notlar ve bunlara istinaden yapılan hesaplamalar sonucu ortaya çıkan kaybın 18500 USD olduğu hesaplanmıştır.

Şekil 5.17. ve 5.18. deki örnek olay da sonuçları itibarı ile bu olaya benzeyen bir gerilim düşümü olayıdır.

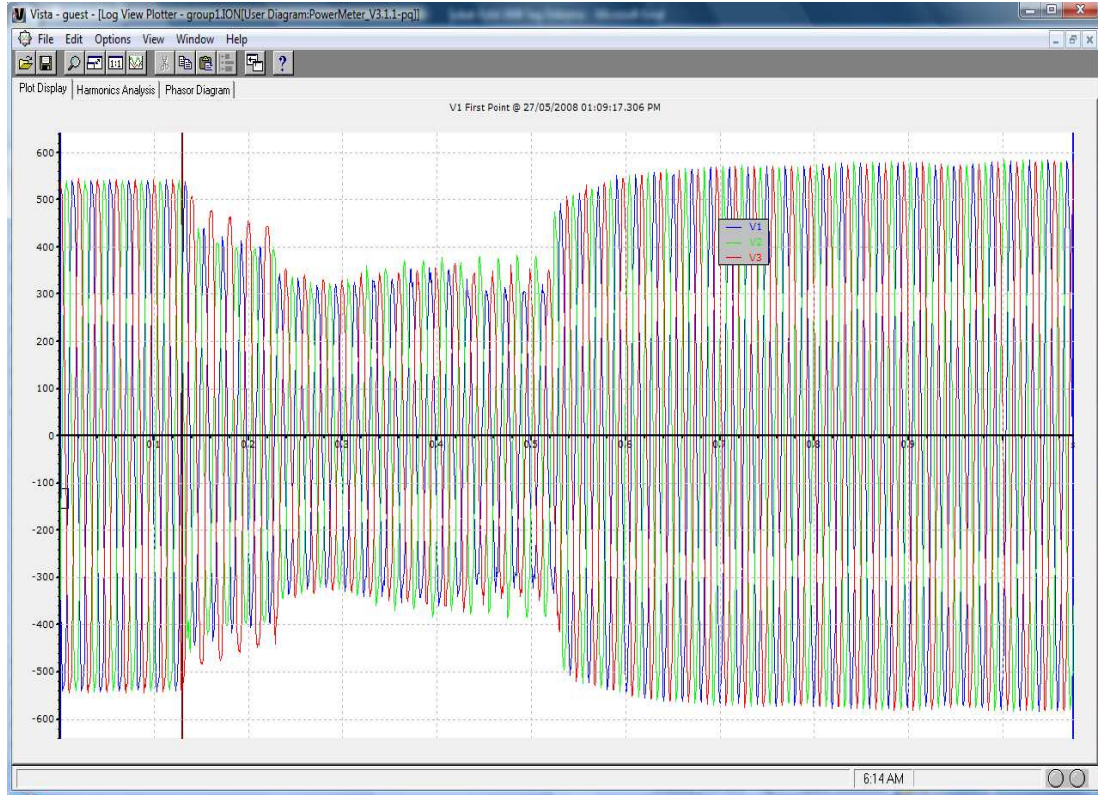




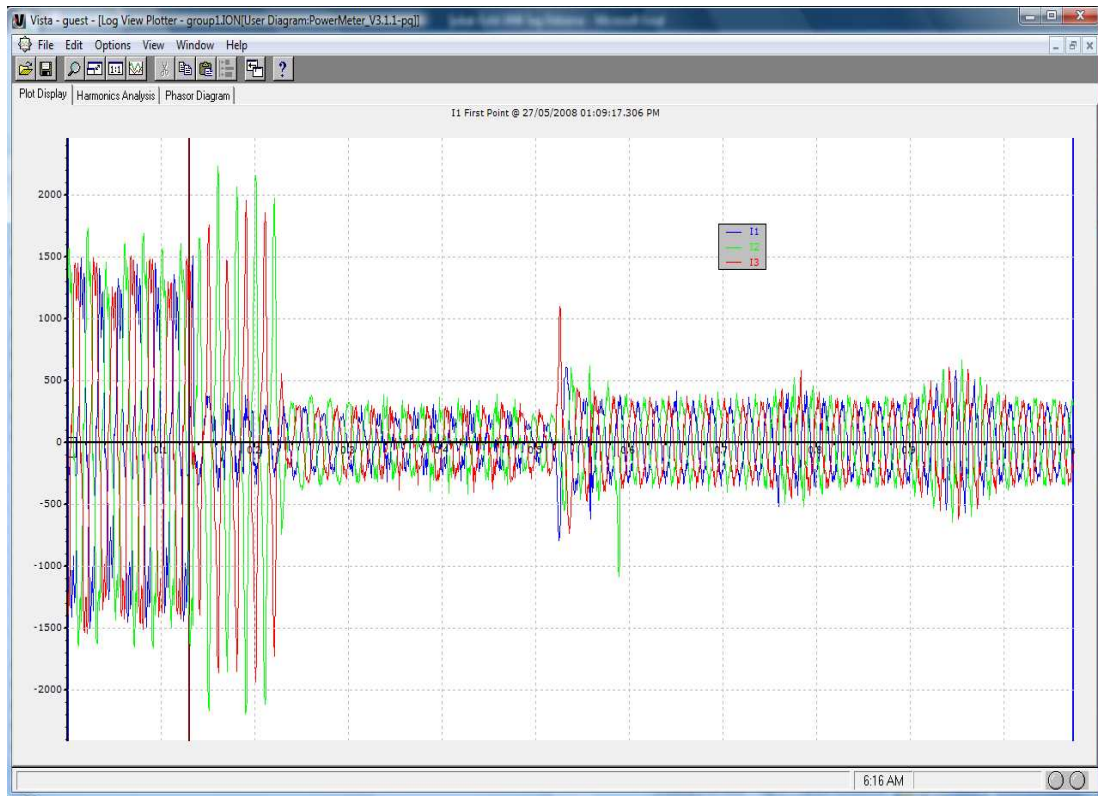
Şekil 5.15. Oluşan gerilim düşümü olaylarından biri ( üç faz gerilim değişimi )



Şekil 5.16. Şekil 5.15'deki olay anındaki faz akımları değişimi



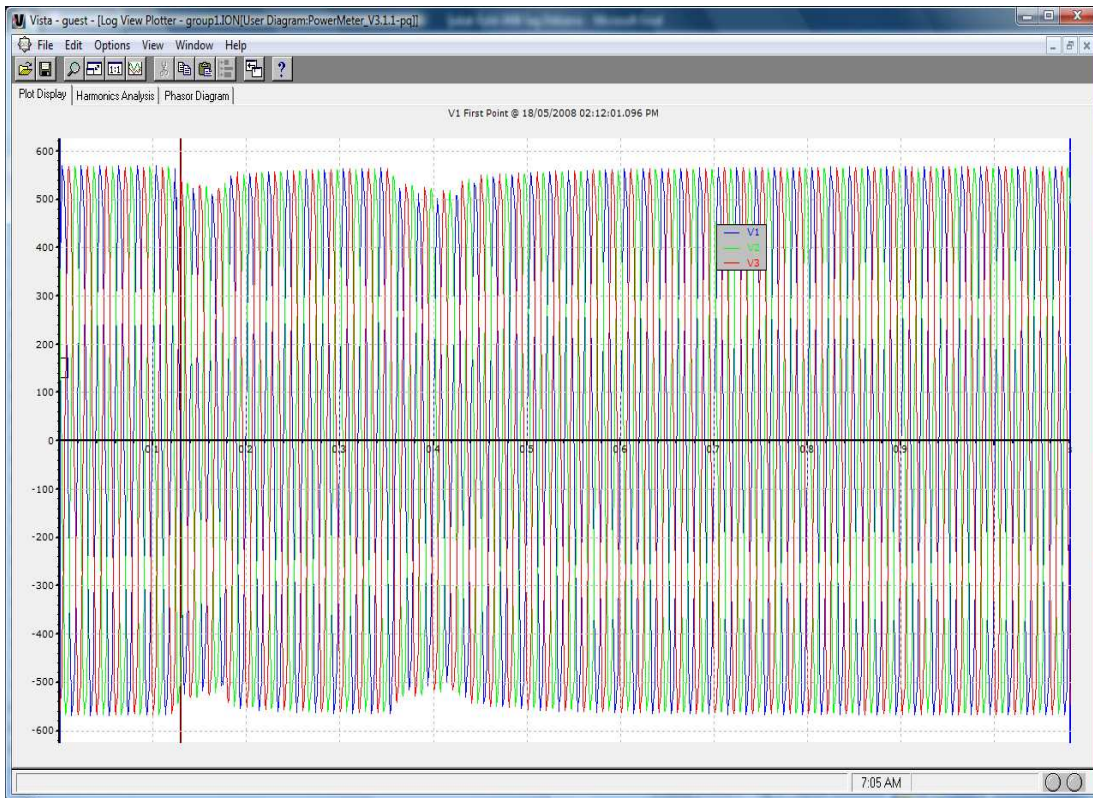
Şekil 5.17. Oluşan gerilim düşümü olaylarından biri ( üç faz gerilim değişimi )



Şekil 5.18. Şekil 5.17.'deki olay anındaki faz akımları değişimi

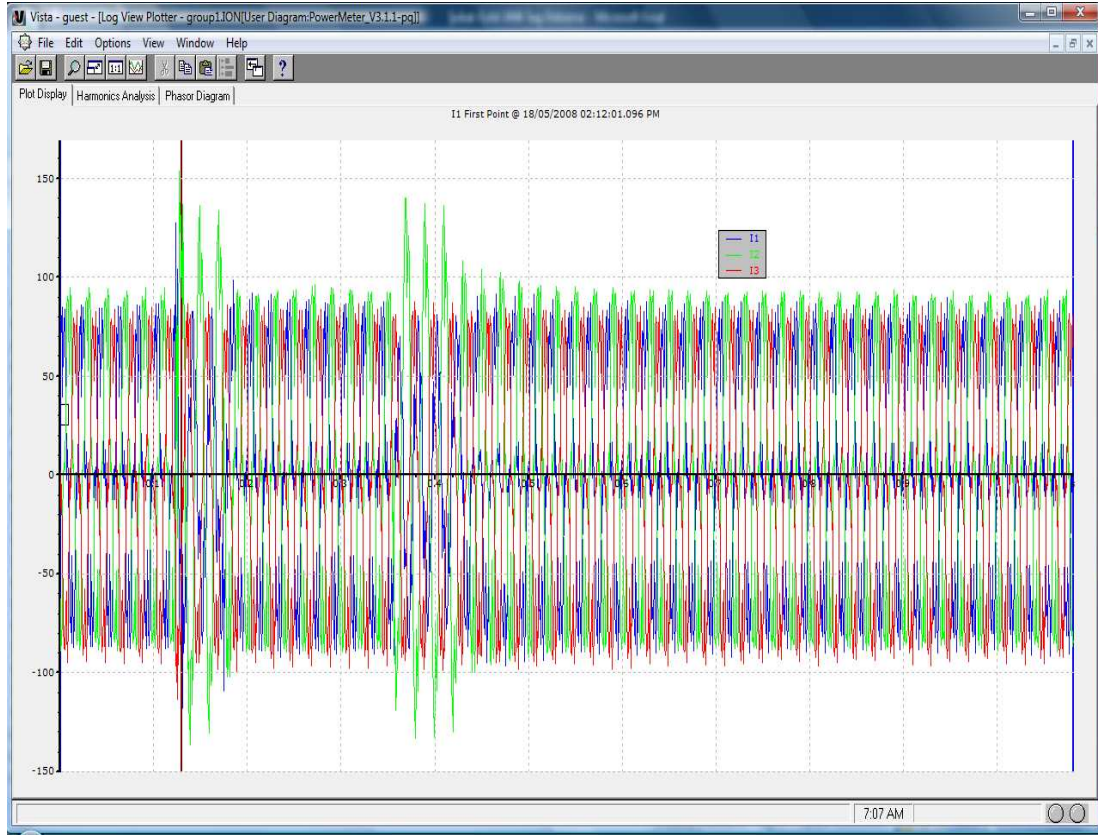
Şekil 5.19. ve 5.20. de işletmelerde meydana gelen gerilim düşümü olaylarından birine ait gerilim ve akım değişimleri grafikleri gösterilmektedir.

Gerçekleşmiş bu örnek olay esnasında herhangi bir duruş ya da arıza kayıt edilmemiştir. Gerek gerilim düşmesinin yüzdesinin düşük olması gerek ise de gerilim düşmesi süresinin çok kısa olması makinelerin çalışmasını ya da performansını etkilememiştir. Bunun gibi çok fazla kayıt da olmuştur. Bunlar göz önünde bulundurulduğunda ikinci işletmenin bulunduğu bölgede elektrik enerjisi kalitesinin çok düşük seviyede olduğu rahatlıkla söylenebilir. Çağımız makinelerinin güç elektroniği, bilgisayar kontrolü gibi hassas yapılarda olduğu düşünülüp, doğuya yatırım için gayret içinde bulunduğu da düşünülürse, elektrik enerjisi kalitesizliğinin önemli bir sorun çıkaracağı ortadadır.



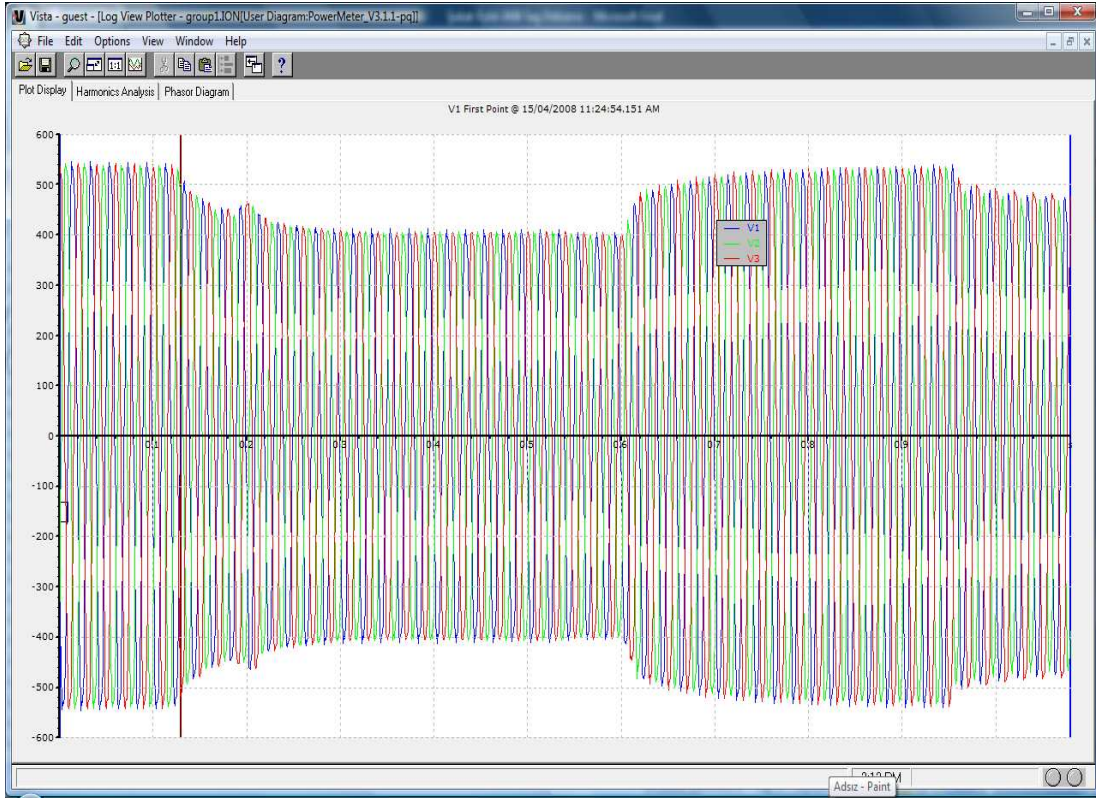
Şekil 5.19. Oluşan gerilim düşümü olaylarından biri ( üç faz gerilim değişimi )

Şekil 5.21. ve 5.22. de işletmelerde meydana gelen gerilim düşümü olaylarından birine ait gerilim ve akım değişimleri grafikleri gösterilmektedir.

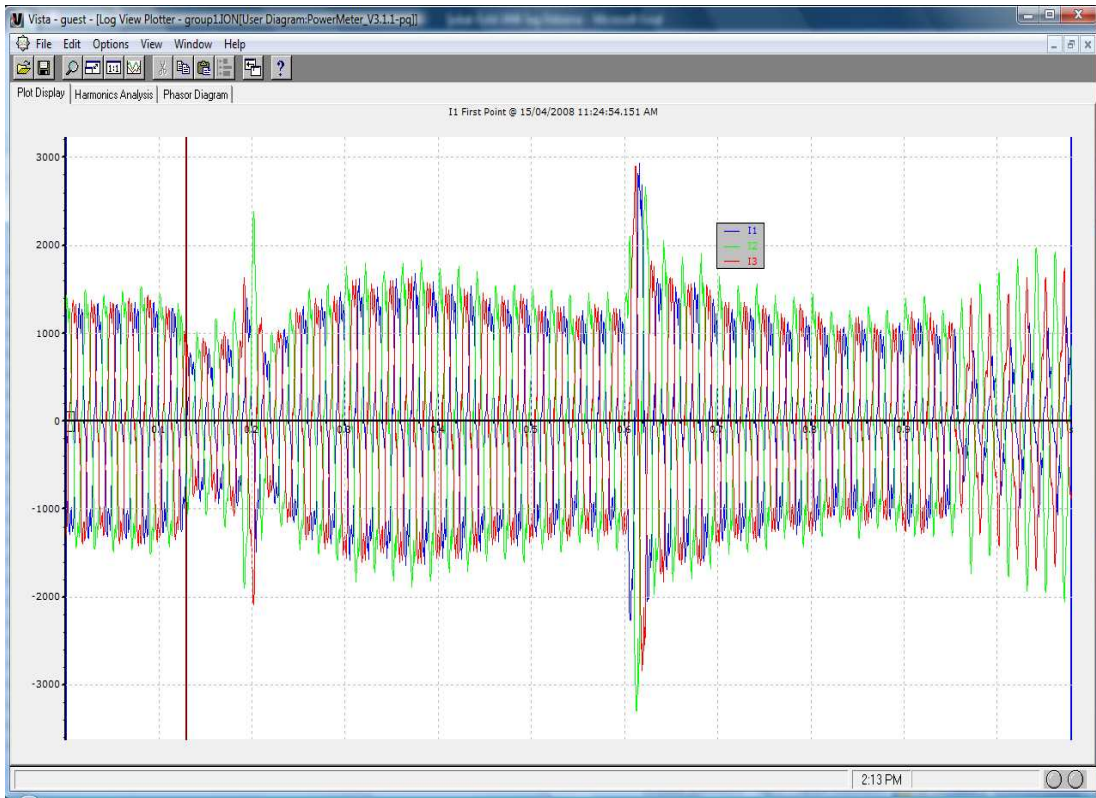


Şekil 5.20. Şekil 5.19.'deki olay anındaki faz akımları değişimi

Bu olayda hem gerilim dalgalanması hem de gerilim düşmesi olayları meydana gelmiştir. Olayların süresi ve yüzdeleri nedeni ile yine duruşlar ve bazı arızalar not edilmiştir. Olay esnasında meydana gelen üretim, verimlilik ve arıza kökenli kayıpların toplamı 17500 USD olmuştur. Bu dalgalanma aydınlatma armatürlerinden gözle dahi fark edilebilmiştir.



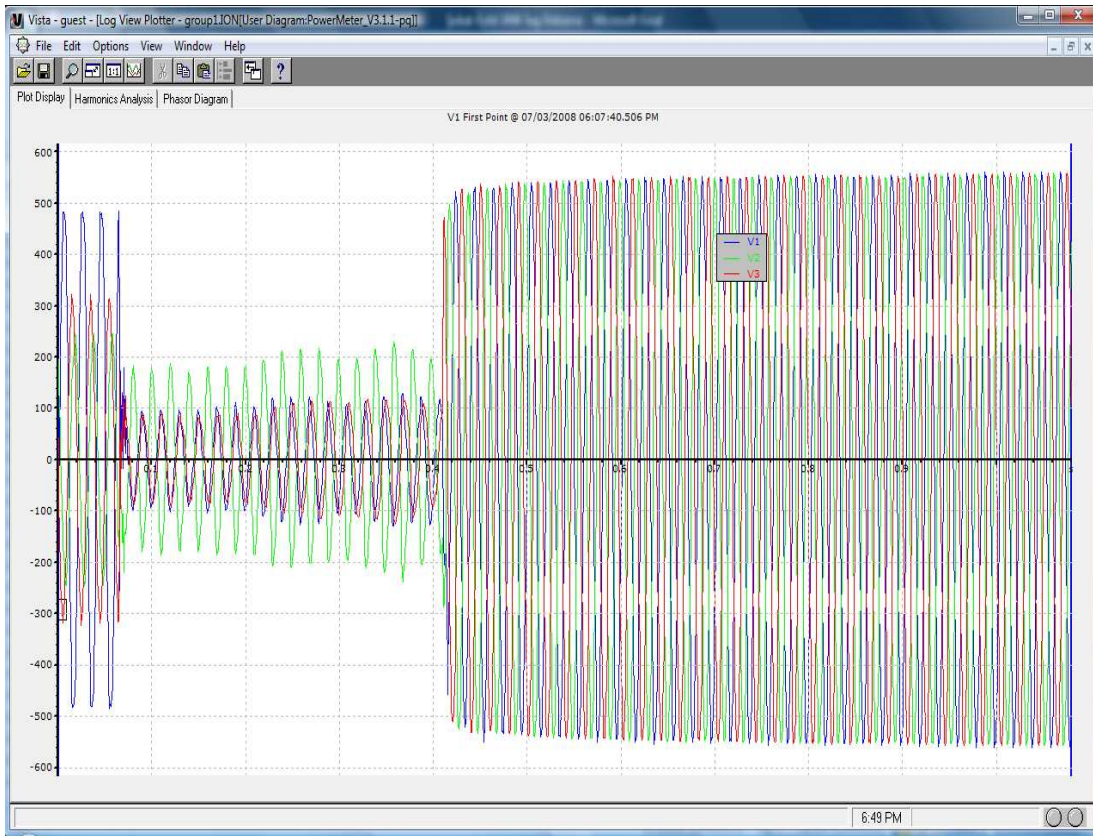
Şekil 5.21. Oluşan gerilim düşümü olaylarından biri ( üç faz gerilim değişimi )



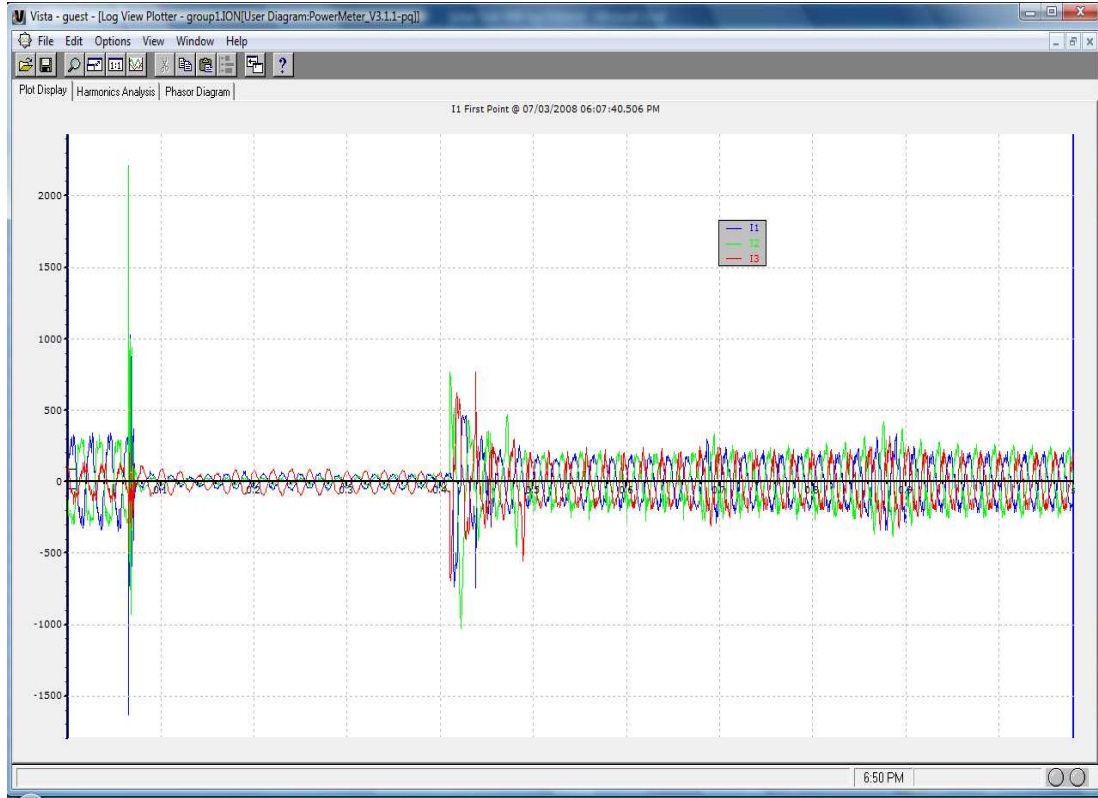
Şekil 5.22. Şekil 5.21.'deki olay anındaki faz akımları değişimi

Şekil 5.23. ve 5.24. de işletmelerde meydana gelen gerilim düşümü olaylarından birine ait gerilim ve akım değişimleri grafikleri gösterilmektedir.

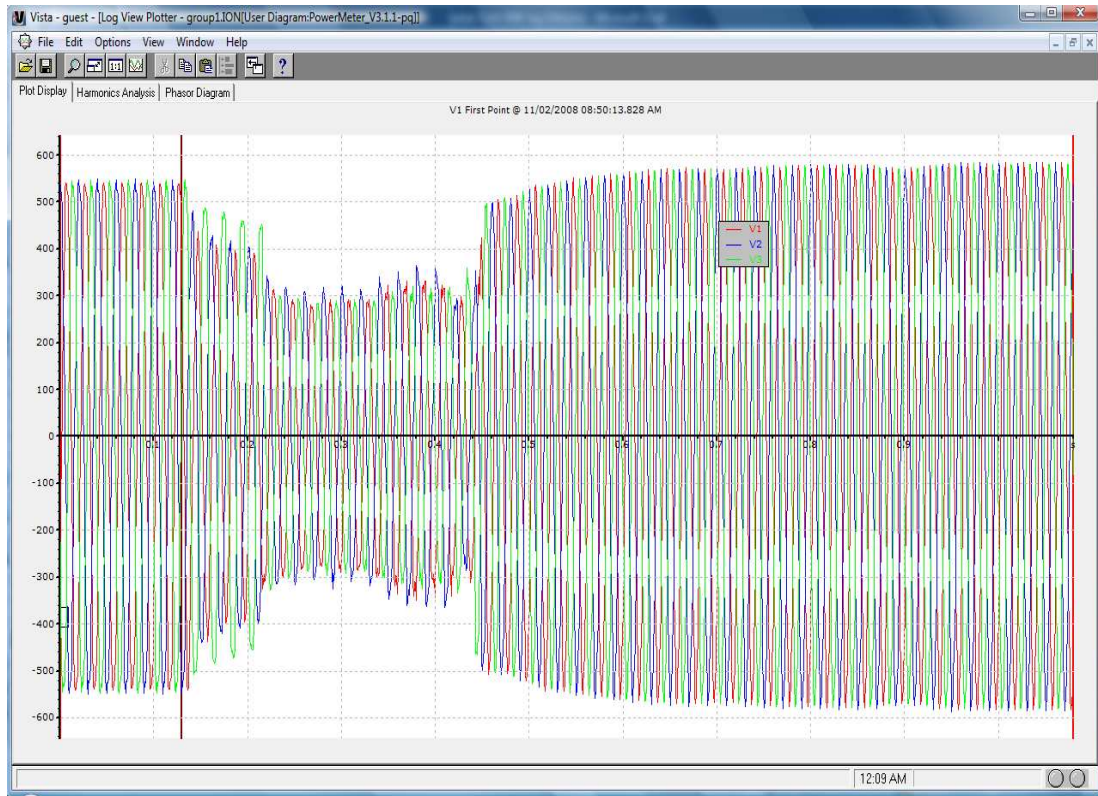
Bu olayda gerilim düşmesinden ziyade bir gerilim çökmesi meydana gelmiştir. %80 lere varan bu düşme değeri ve 400 ms civarındaki uzun süresi nedeni ile çok büyük bir kısmi duruş şeklinde kendini göstermiştir. Grafik incelendiğinde özellikle iki fazın değerinin kalan bir faza göre daha da düşük olduğu görülmektedir. Buradan da simetrik olmayan bir arızanın olduğu anlaşılmaktadır. İşletmede neredeyse çalışır halde makine kalmamıştır. Olay anındaki üç faz akımlarına bakıldığında makinelerin duruşa geçtiği buradan da gözlenebilmektedir. Buradaki kayıpların boyutu duruş kayıplarındaki kadar yüksek olmuştur. Şekil 5.25. ve 5.26. da gösterilen örnek olayın yapısı birebir bu olay gibi olmasa da, sonuçları itibarı ile yaklaşık aynı maliyetleri oluşturmuştur.



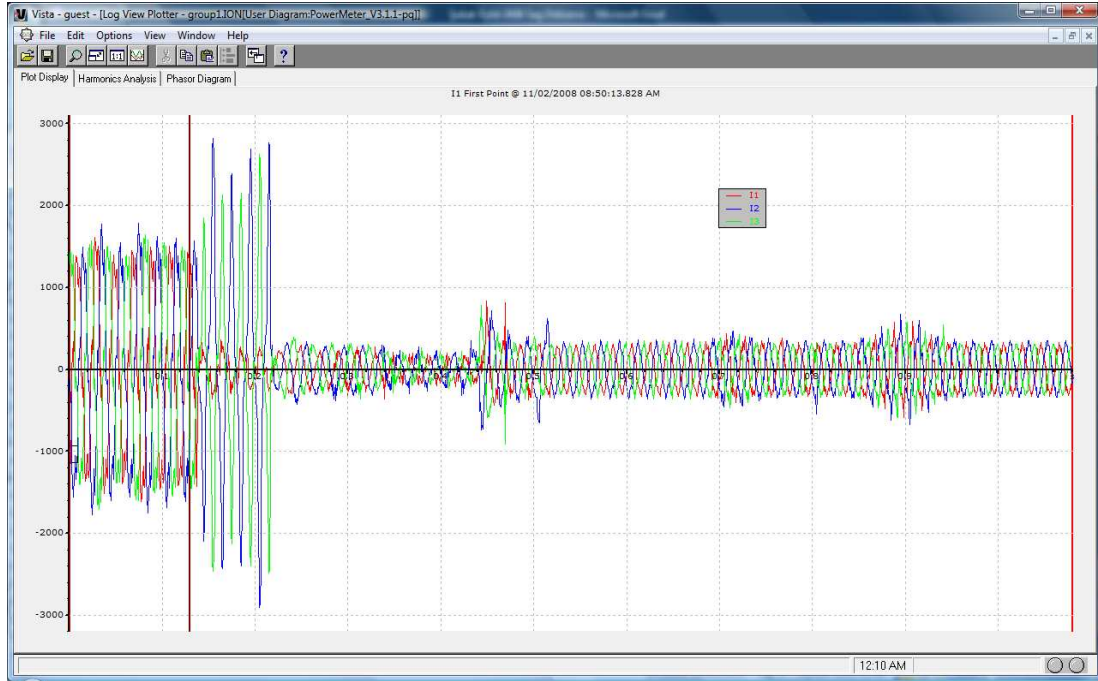
Şekil 5.23. Oluşan gerilim düşümü olaylarından biri ( üç faz gerilim düşümü )



Şekil 5.24. Şekil 5.23.'deki olay anındaki faz akımları değişimi

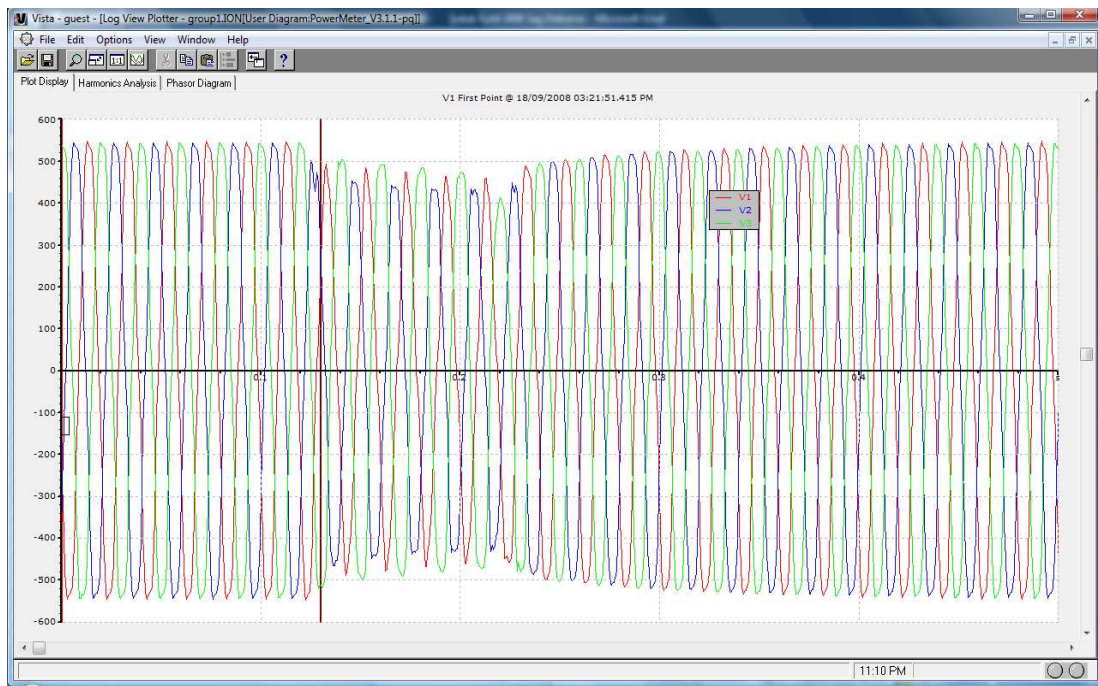


Şekil 5.25. Oluşan gerilim düşümü olaylarından biri ( üç faz gerilim değişimi )



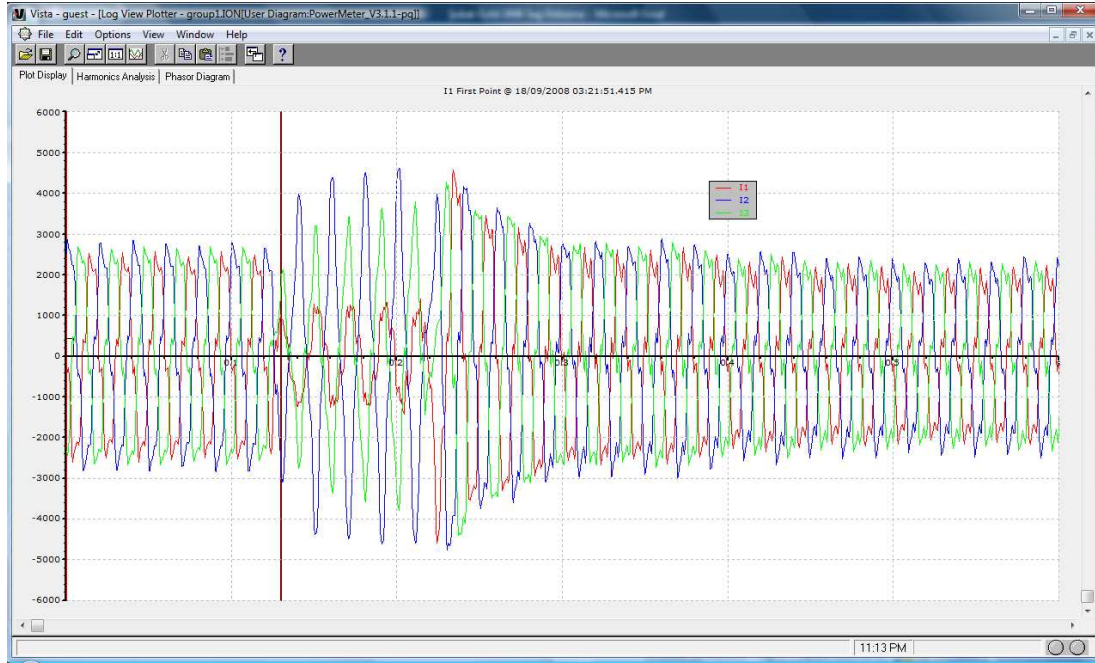
Şekil 5.26. Şekil 5.25.'deki olay anındaki faz akımları değişimi

Şekil 5.27. ve 5.28. de işletmelerde meydana gelen gerilim düşümü olaylarından birine ait gerilim ve akım değişimleri grafikleri gösterilmektedir. Bu olayda önemli bir kayıp not edilmemiştir.



Şekil 5.27. Oluşan gerilim düşümü olaylarından biri ( üç faz gerilim değişimi )





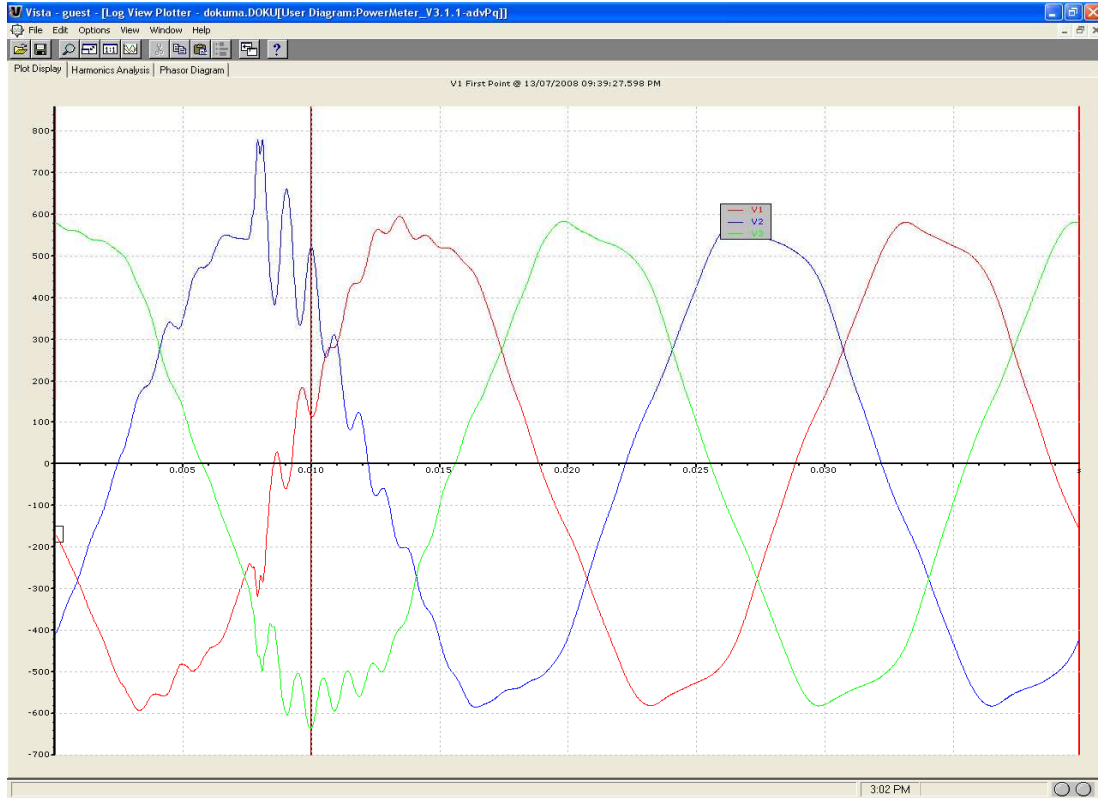
Şekil 5.28. Şekil 5.27.'deki olay anındaki faz akımları değişimi

Birinci işletmede gerilim düşümü olaylarının bir kısmında genel duruş, bir kısmında kısmi duruş, bir kısmında arıza ve kombinasyonları oluşmuştur. Yapılan kayıtlar ve hesaplamalarla bu olayların işletmeye 6 aylık maliyetinin 110.000 USD olduğu hesaplanmıştır. Tablo 5.1. de detayları gösterilmiştir.

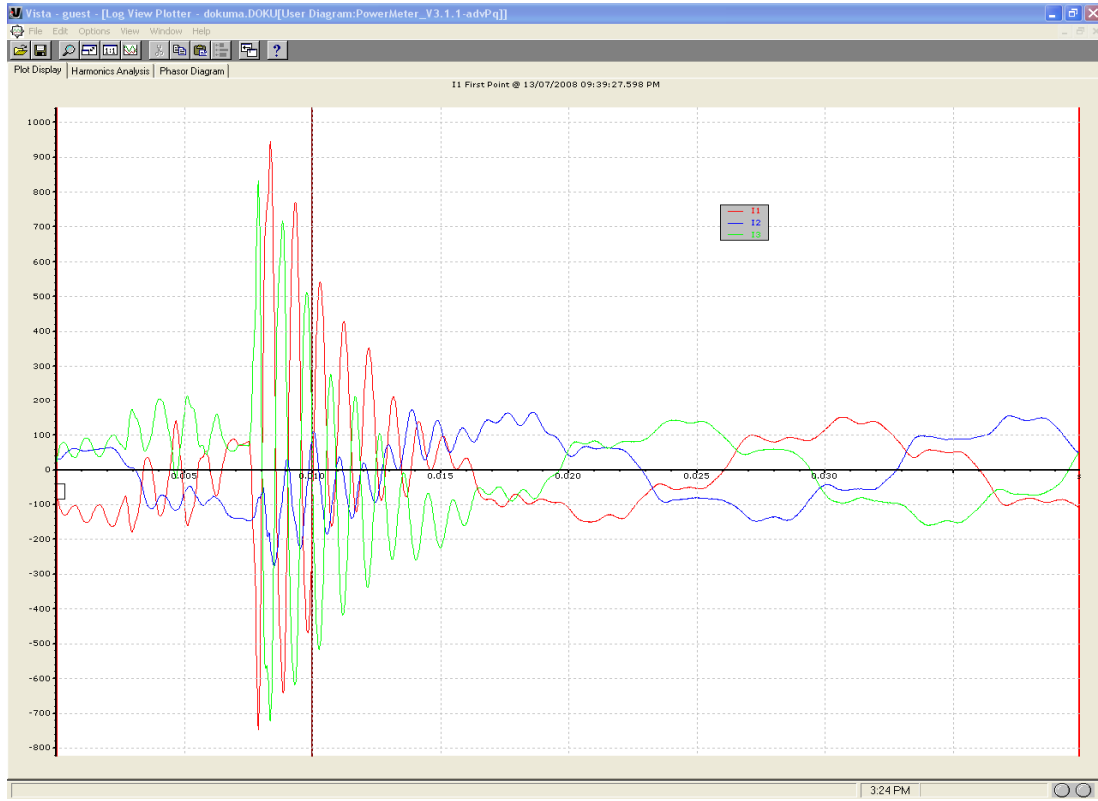
İkinci işletmede ise bu süre zarfında oluşan 6 adet gerilim düşümü olayı sırasında herhangi bir duruş ya da arıza kaydı olmamıştır. Bu nedenle bir maliyet de oluşmamıştır.

### 5.3. Geçici Olay Ölçümleri ve Bunların Maliyeti

Ölçüm süreci sonunda birinci işletmede 44 adet geçici olay kayıt edilirken, ikinci işletmede ise hiç geçici olay kayıt edilmemiştir. Geçici olayların ölçülmesinde cihaz en yüksek hassasiyete ayarlanmış, olay anları iki periyot süresince kaydedilmiştir. İki periyot süresince hesaplanmış nokta sayısı ise 2048 dir. Böylece iki nokta arası süre yaklaşık 20 mikro saniye gibi çok hassa bir değere ulaşmıştır. Şekil 5.29. de geçici olay anının grafiği gösterilmiştir. Şekil 5.30. de geçici olay anındaki üç faz akım dalga formları, Şekil 5.31. de olay anındaki gerilim harmonikleri gösterilmiştir.



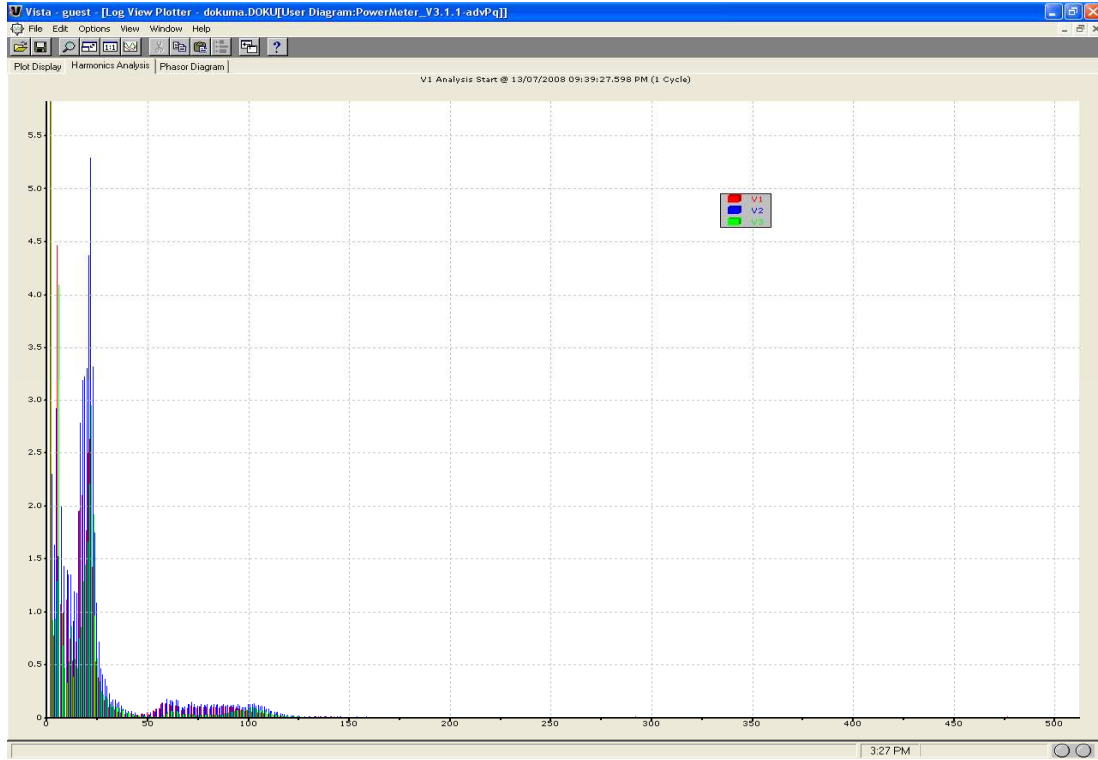
Şekil 5.29. Geçici olay anı üç faz gerilim dalga formu



Şekil 5.30. Üç faz akım dalga şekli (Şekil 5.11 deki geçici olay anında)

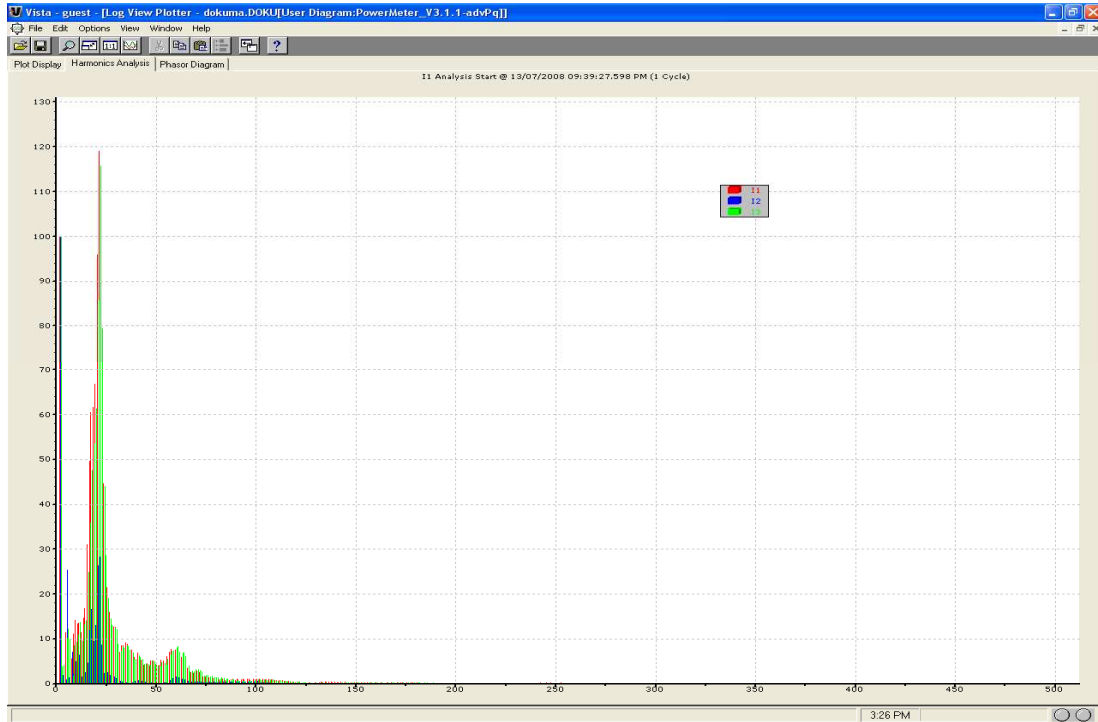
Tablo 5.1. Gerilim düşümü maliyetleri tablosu

Süre	L1 Fazı	L2 Fazı	L3 Fazı	Oluşan Sorunlar	Maliyet
0,41900	51,382	52,054	51,171	Kısmi Duruş, arıza	14500 USD
0,34000	57,312	55,229	57,610	Kısmi Duruş, arıza	14000 USD
0,06900	89,742	89,961	89,546		
0,16000	88,386	89,149	80,255		
0,14000	75,291	88,744	74,863	Kısmi Duruş	2000 USD
0,32100	93,074	88,362	90,621		
0,31900	85,790	86,499	94,818		
1,05	73,715	73,992	72,876	Kısmi Duruş, arıza	11500 USD
0,60000	81,873	81,814	81,660		
0,92100	76,361	76,781	76,178	Kısmi Duruş, arıza	7500 USD
0,16900	5,921	3,927	6,336	Duruş, arıza	18500 USD
0,11900	91,258	88,700	92,205		
0,30900	36,312	37,923	37,388	Duruş, arıza	18000 USD
0,93300	15,534	14,714	28,568	Duruş, arıza	17500 USD
0,18100	87,257	88,277	79,876		
0,91000	76,054	77,386	75,856	Arıza	3000 USD
0,96100	88,260	89,317	92,986		
0,87900	88,495	89,276	93,221		
0,26	80,831	80,257	80,373		
0,31900	84,683	88,350	89,196		
0,99100	80,595	81,383	81,185		
0,17900	92,087	89,654	92,771		
0,30900	80,662	81,456	80,934		
0,44100	82,763	85,879	87,233		
1,01	76,666	77,671	77,203	Arıza	2500 USD
0,22900	80,475	81,388	80,791		
0,79100	80,301	79,627	80,725		
0,79000	77,507	78,690	78,503	Arıza	2500 USD
0,92000	76,215	77,481	76,436	Arıza	2000 USD
0,98000	86,202	86,877	86,708		
0,62900	72,817	73,923	73,006	Kısmi Duruş	3500 USD
0,49100	72,626	73,542	72,690	Kısmi Duruş	3000 USD
0,13900	91,471	82,469	74,690		
0,13000	92,969	77,311	48,946	Arıza	2000 USD
0,15900	84,499	85,148	84,973		
0,21000	87,402	87,646	78,818		
0,33900	86,149	86,881	86,436		
0,31800	88,878	92,976	88,897		
0,39000	84,774	85,409	85,834		
0,72100	89,309	86,212	87,191		
0,05000	87,875	88,261	87,811		
1,07	84,472	84,851	84,596		
0,07000	72,450	75,126	72,152		
0,48100	65,800	68,364	65,698	Kısmi Duruş, arıza	13000 USD
0,24	81,387	81,394	81,809		
0,47100	56,146	58,636	57,068	Kısmi Duruş, arıza	14000 USD



Şekil 5.31. Gerilim harmonikleri (Şekil 5.11 deki olay anında)

Şekil 5.32. de geçici olay anındaki akım harmonikleri gösterilmiştir.

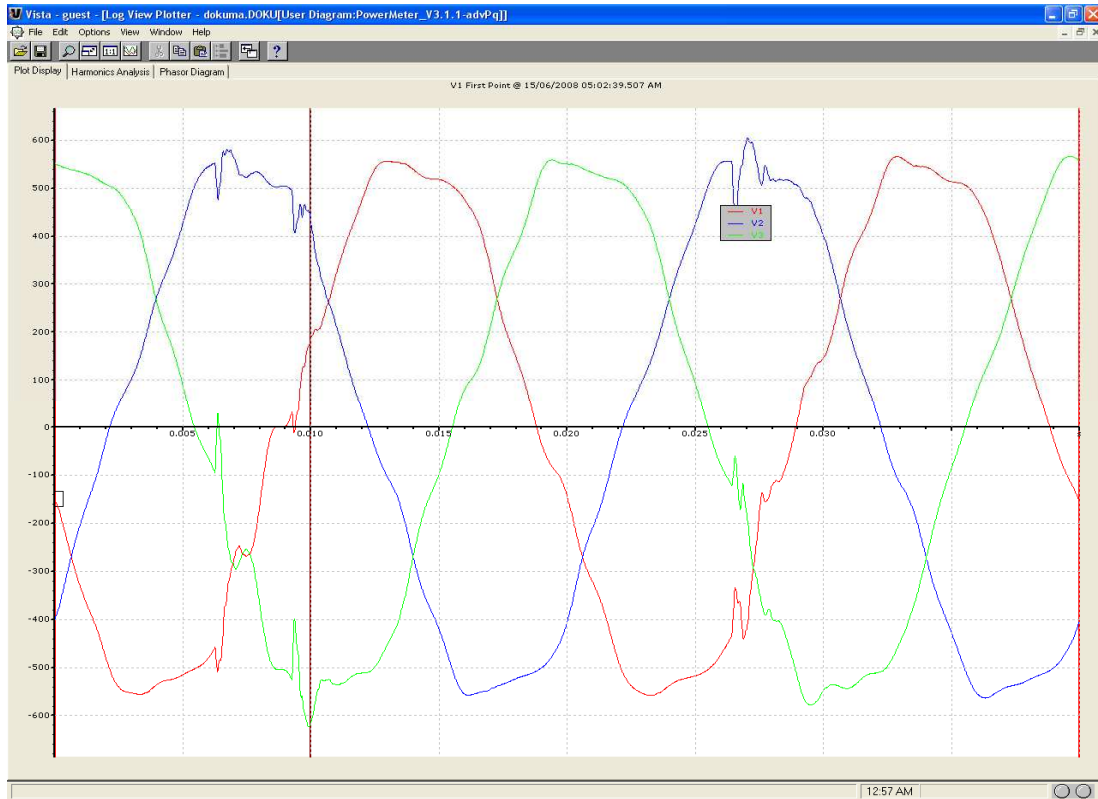


Şekil 5.32. Akım harmonikleri ( Şekil 5.11. de gösterilen geçici olay anında )

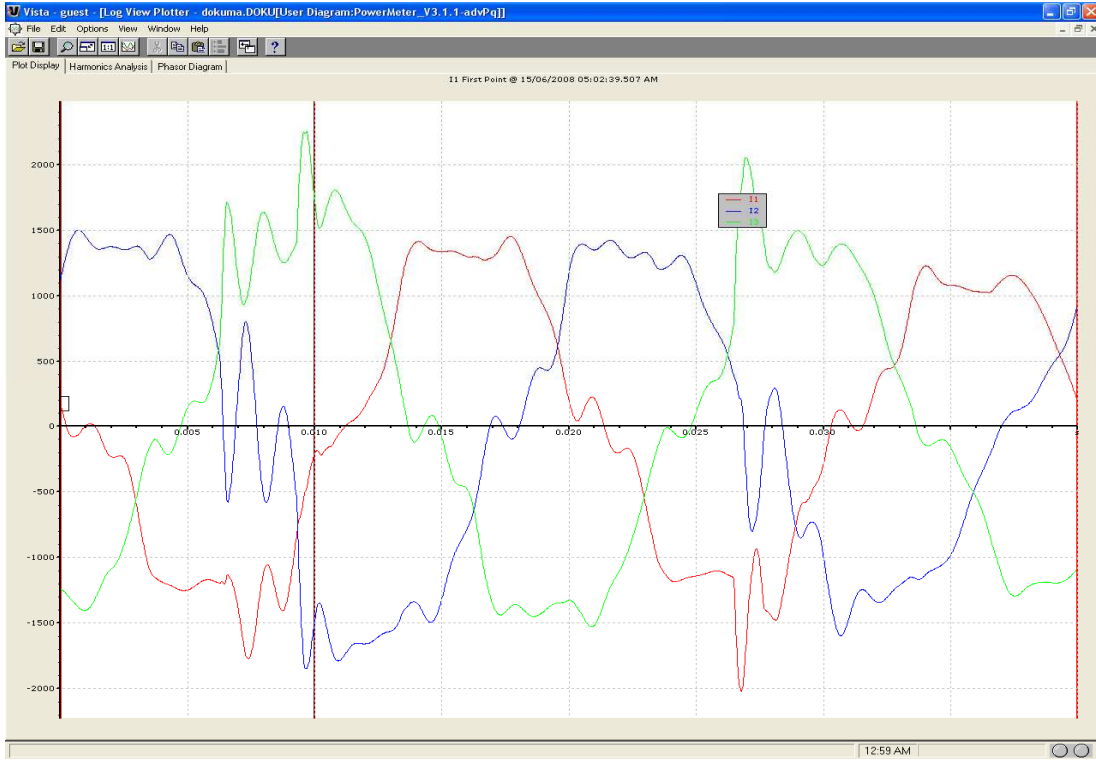
Şekiller incelendiğinde akımın beş katına kadar yüksek bir değere yükselmesi ve buna karşılık gerilim eğrilerinin üzerinde oluşan salınımlar olayın yüksek güçlü bir kondansatör grubunun devreye girdiğini anlatmaktadır. Akım harmoniklerinin yüksek frekans değerlerine ulaşması ve genliklerinin de % 100'leri aşması bir rezonansa gidildiğini ifade etmektedir. Kompanzasyon panosundaki kondansatörlerin patlaması ya da bozulması, kontaktörlerin kontaklarının yanması ve erimesi, bağlı kabloların erimesi gibi sorunlar buradan kaynaklanmaktadır. Buradaki tehlikenin en büyüğü ise bir yangın riskini sürekli taşımasıdır.

İkinci işletmede meydana gelmiş bu olayların malzeme ve işçilik kayıpları olarak meydana getirdiği sorunlar yaklaşık 1000 USD olarak hesaplanmıştır. Birinci işletmede böyle olay ve maliyetle karşılaşılmamıştır.

Bir örnek geçici olay da şekil 5.33. ve şekil 5.34. de gerilim ve akım dalga şekilleri olarak verilmiştir.

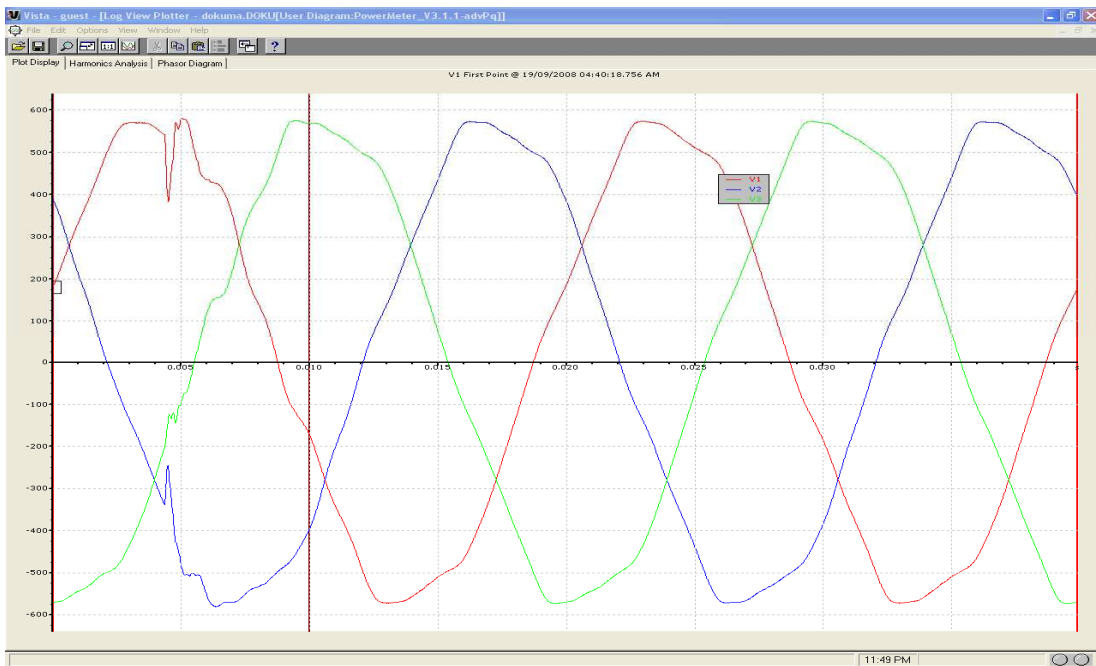


Şekil 5.33. Örnek geçici olay gerilim dalga şekilleri

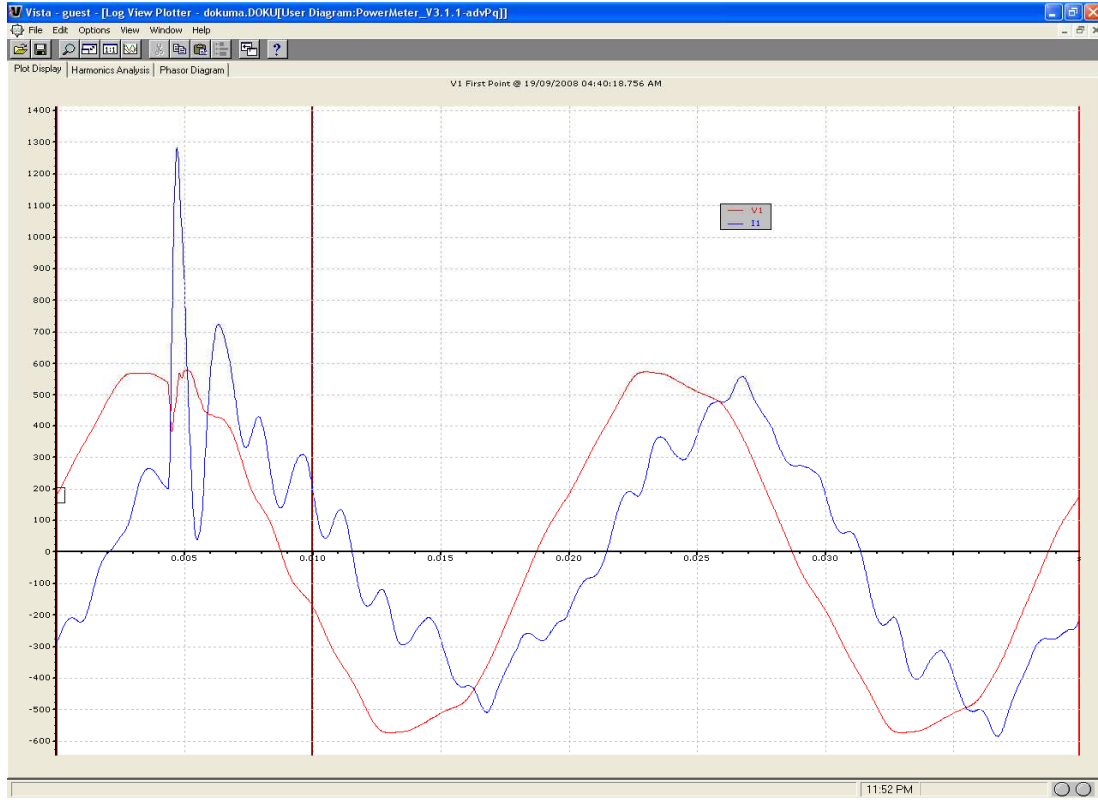


Şekil 5.34. Örnek geçici olay akım dalga şekilleri

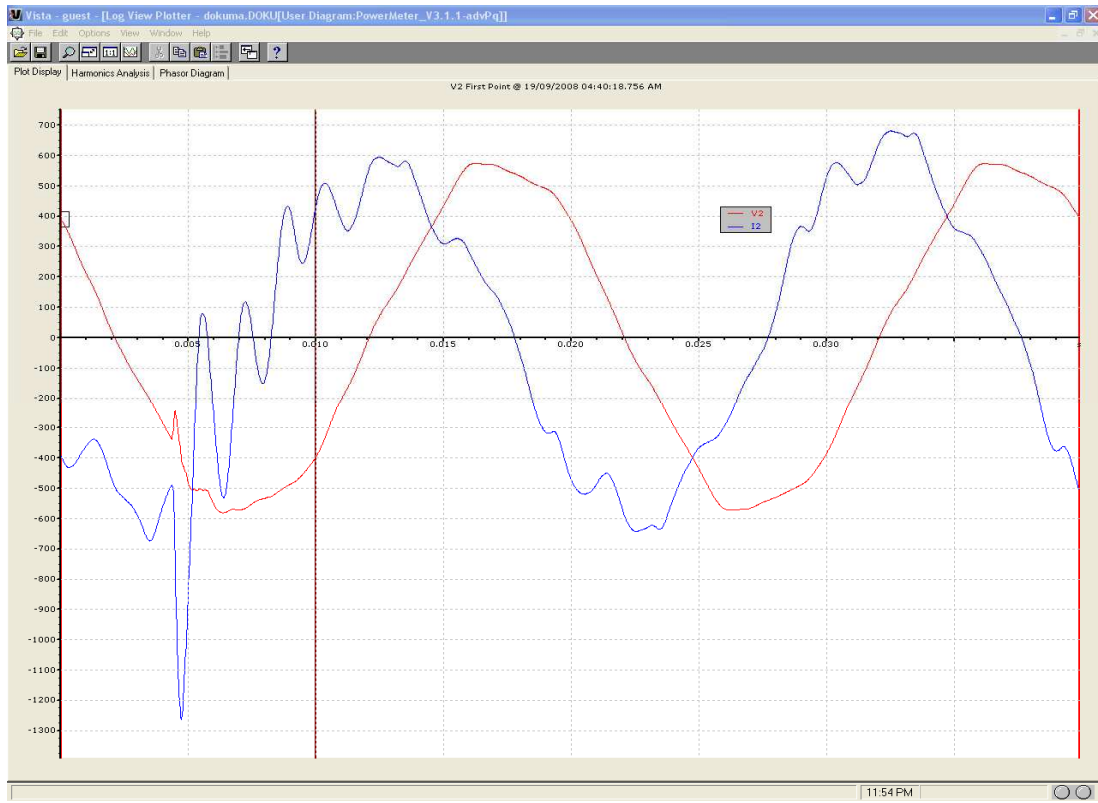
Şekil 5.35., 5.36., 5.37. ve 5.38. de örnek bir olaya ait gerilim ve akım değişimlerinin grafikleri gösterilmiştir.



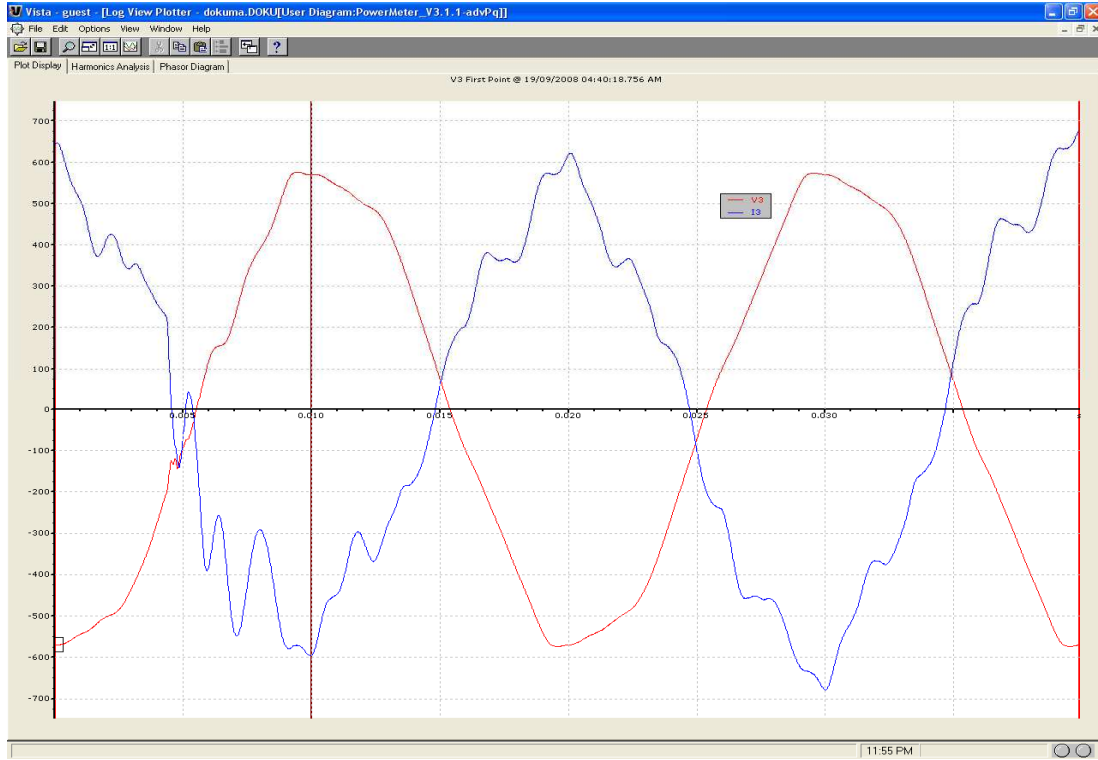
Şekil 5.35. Örnek geçici olay gerilim dalga şekilleri



Şekil 5.36. Şekil 5.35.'deki olay anında birinci faz gerilimi ve akımının dalga şekilleri

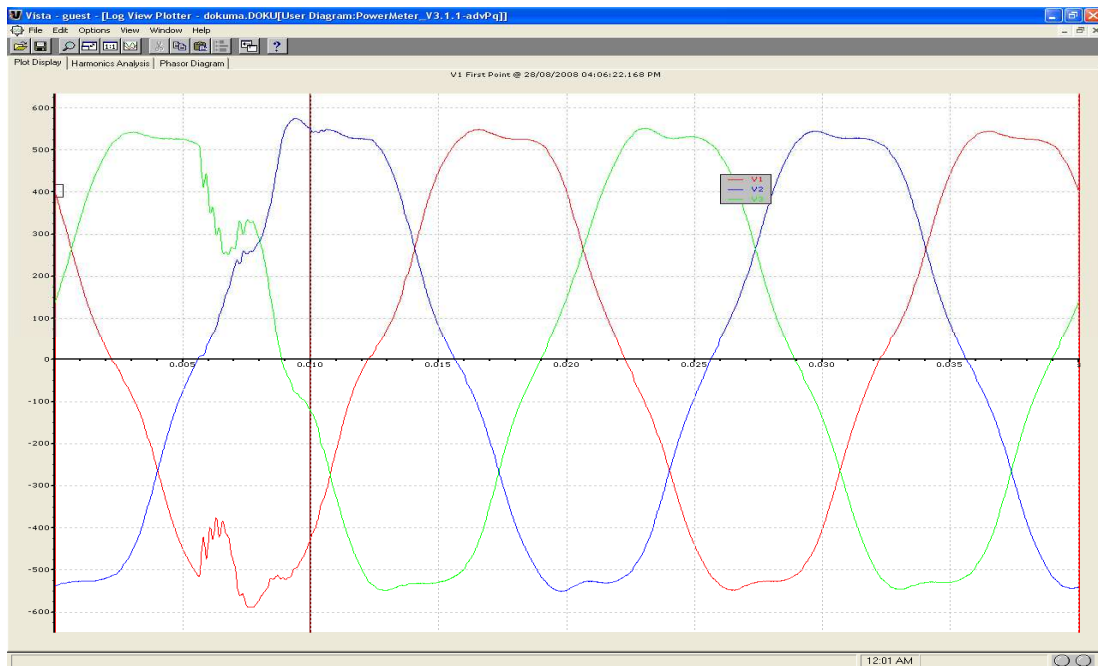


Şekil 5.37. Şekil 5.35.'deki olay anında ikinci faz gerilimi ve akımının dalga şekilleri



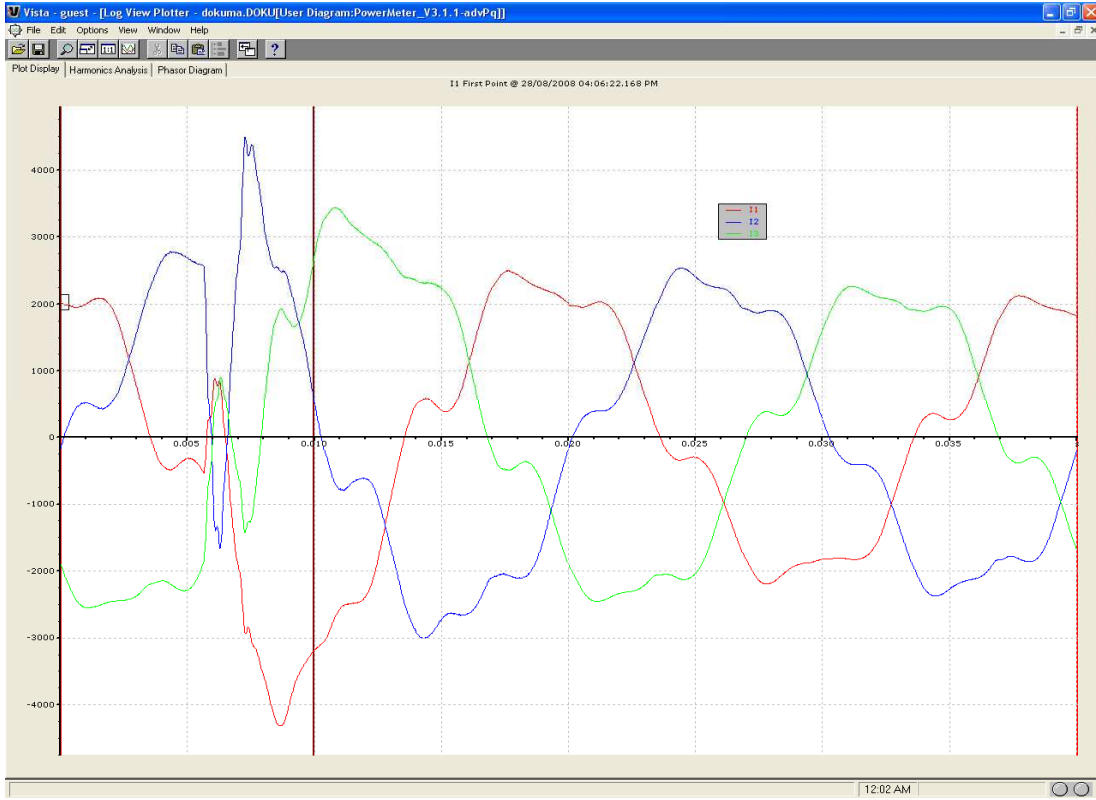
Şekil 5.38. Şekil 5.35.'deki olay anında üçüncü faz gerilimi ve akımının dalga şekilleri

Şekil 5.39. ve 5.40. da, 5.41. ve 5.42. de, 5.43. ve 5.44. de üç farklı olaya ait gerilim ve akım değişimlerinin grafikleri gösterilmiştir.

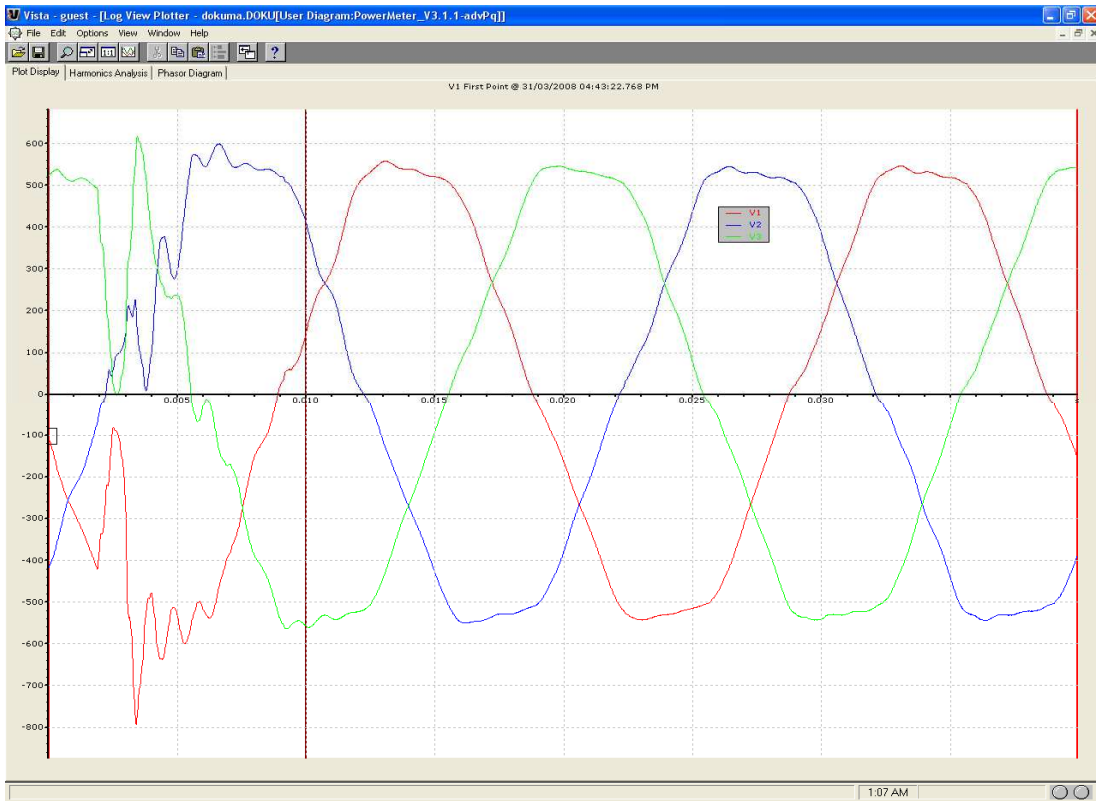


Şekil 5.39. İşletmede ölçülen geçici olay üç faz gerilim dalga şekilleri

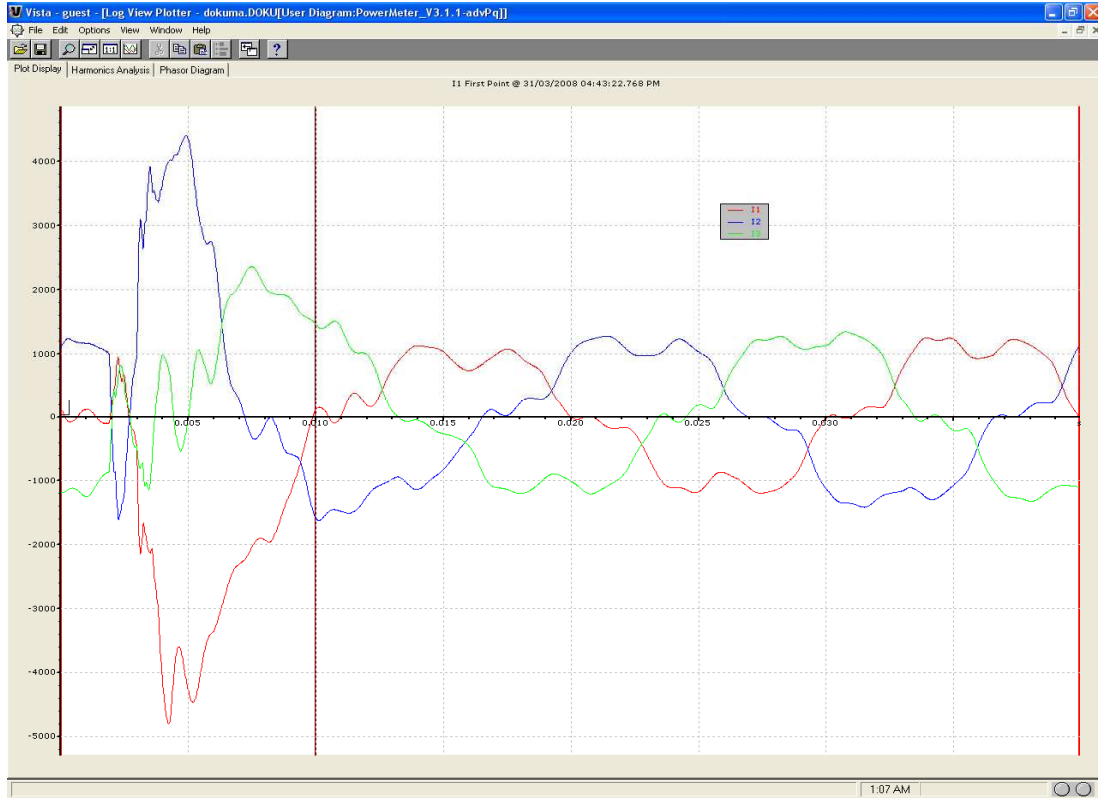




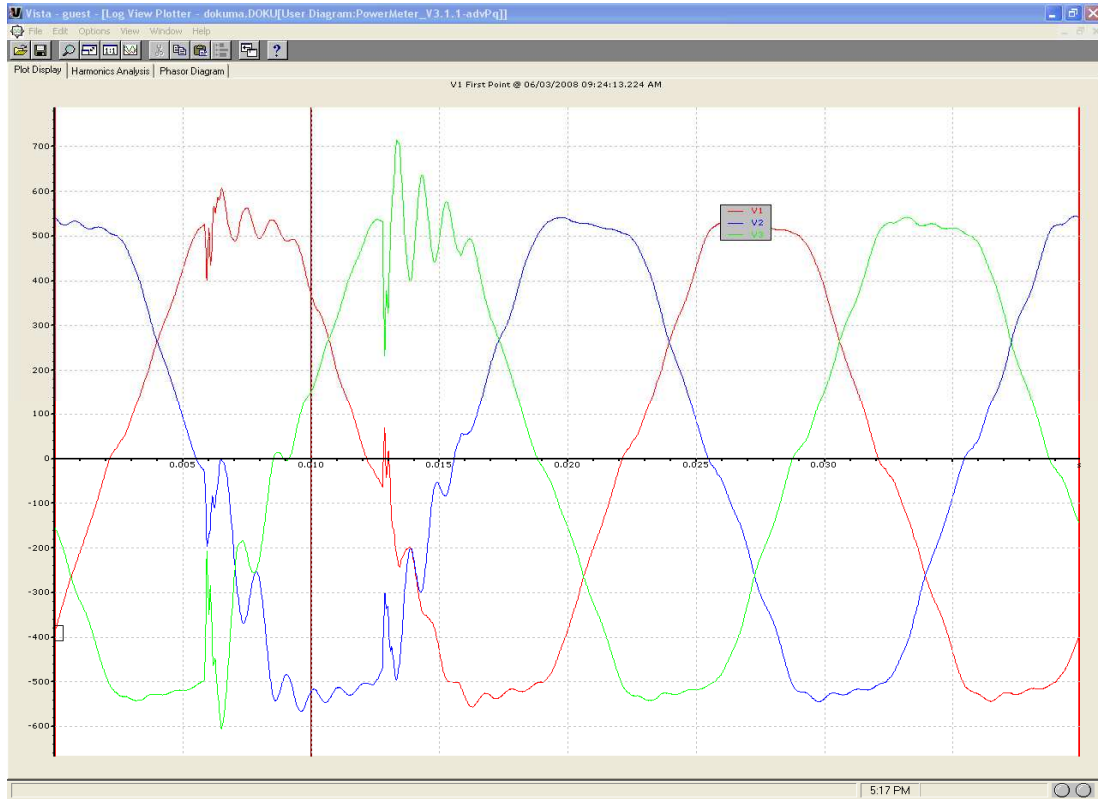
Şekil 5.40. Şekil 5.39.'daki olay anında üç faz akımı dalga şekilleri



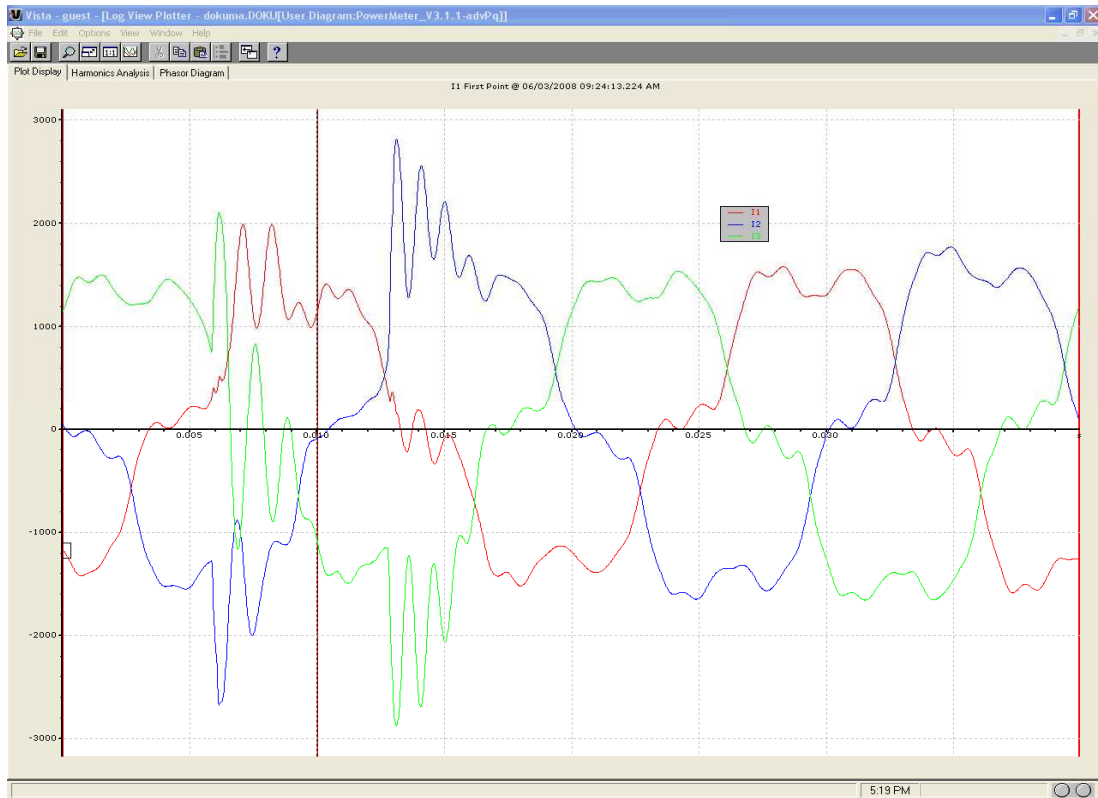
Şekil 5.41. İşletmede ölçülen geçici olay üç faz gerilim dalga şekilleri



Şekil 5.42. Şekil 5.41.'deki olay anında üç faz akımı dalga şekilleri



Şekil 5.43. İşletmede ölçülen geçici olay üç faz gerilim dalga şekilleri



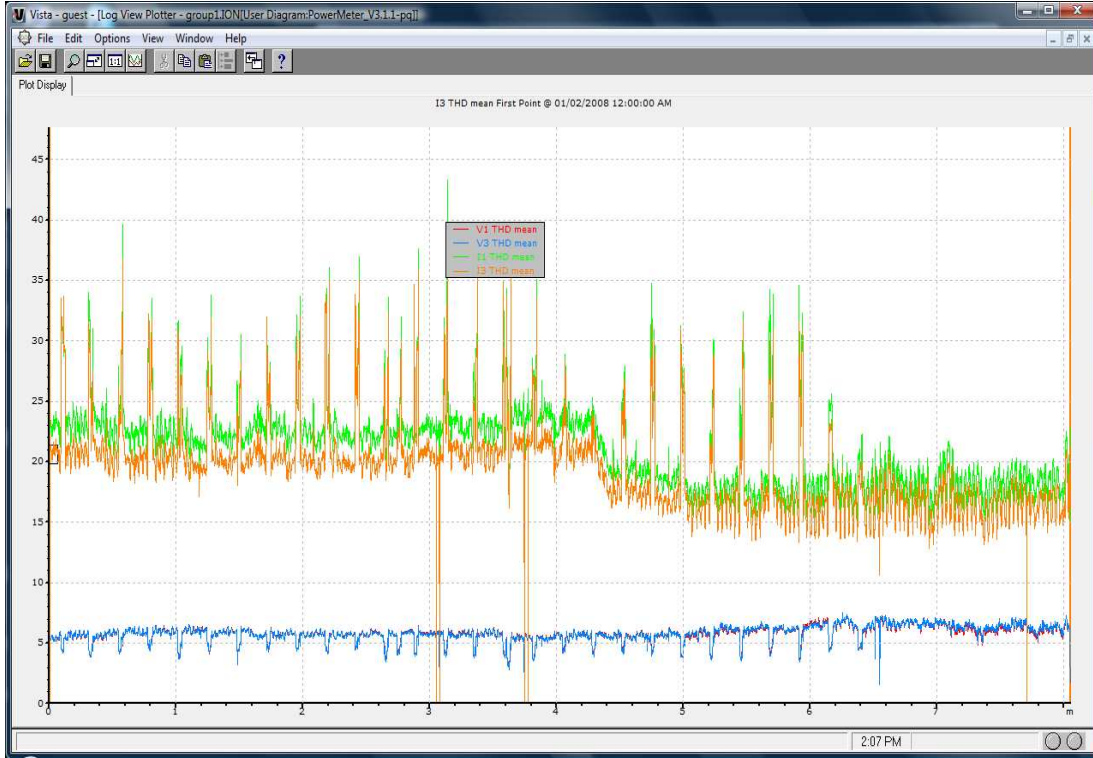
Şekil 5.44. Şekil 5.43.'deki olay anında üç faz akımı dalga şekilleri

#### 5.4. Harmonik Ölçümleri ve Bunların Maliyetleri

Akım ve gerilim harmonikleri 63. harmoniğe kadar sürekli ölçülmüştür. İkinci işletmede ölçülmüş, Şekil 5.45. de görüleceği gibi hem akım hem de gerilim harmonikleri sınır değerlerin üzerindedir. Bu grafikteki değerler ortalama değerlerdir yani bu değerlerin de üstünde harmonikler işletmede oluşmaktadır.

Gerilim harmoniklerinin % 6'yı, akım harmoniklerinin de % 20'yi geçtiği görülmektedir. Hatta akım harmonikleri sık sık % 30 ve 35'lere çıkmaktadır. Bu harmonikli bileşenlerin işletmedeki kompanzasyon panosunda çıkarabileceği sorunların yanı sıra işletmede çalışan diğer makine ve donanımlara da zarar verebileceği ortadadır. Bu yüksek değerli harmoniklerin içinde olduğu akım ve gerilim büyüklükleri elektronik kartlara zarar verebilir ve diğer elektrik makinelerinin ömürleri üzerinde olumsuz sonuçlar doğurabilir.

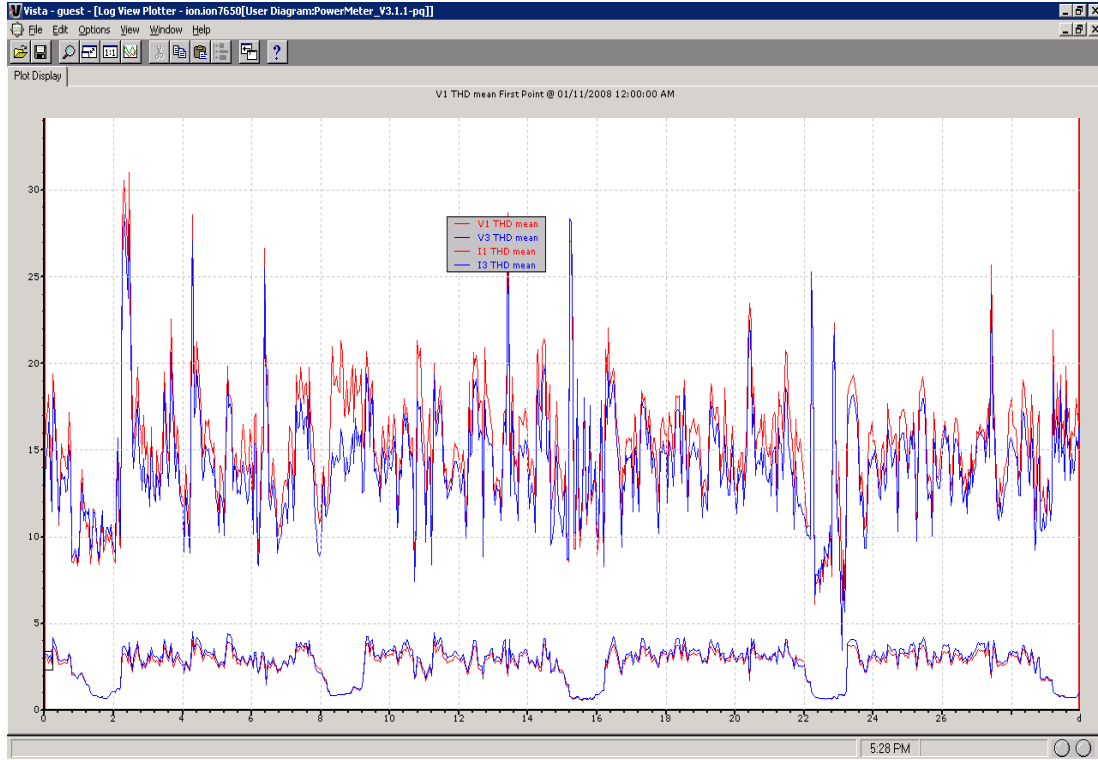
Bu işletmenin kompanzasyon panosu yerine harmonik filtreli kompanzasyon panosu konulması, oluşan rezonanslar da göz önünde bulundurulduğunda bir zorunluluk taşımaktadır.



Şekil 5.45. İkinci işletmenin 6 aylık gerilim ve akım harmonikleri değişimi

Birinci işletmede de gerilim harmonikleri ve akım harmonikleri zaman zaman sınır değerleri aşmaktadır. Şekil 5.46. da akım ve gerilim harmoniklerinin değişimi görülmektedir. Şekilde de görüleceği üzere gerilim harmonikleri % 5 civarında seyrederken, akım harmonikleri de sürekli % 20'leri zorlamaktadır. Daha önce de dediğimiz üzere bu değerler ortalama değerler olup, her iki harmonik türü de daha yüksek değerlere ulaşmaktadır.

İşletmede kompanzasyon tesisi yapılırken alınmış tedbirlerden dolayı bir kompanzasyon panosunda bir sorun çıkmamıştır. Kompanzasyon panosundaki kondansatörler 425 V seçilmiş, bağlandığı kontaktör ve kablolar da bir üst grup seçildiğinden burada bir sorun çıkmamıştır. Bunlara rağmen harmonik bileşenli akım ve gerilimin işletmedeki makinelere verebileceği hasarlar göz önünde bulundurulduğunda bu işletmede de filtre takılması gerekliliği ortadadır.



Şekil 5.46. Birinci işletmenin 6 aylık gerilim ve akım harmonikleri değişimi

Harmoniklerin meydana getirdiği maliyetlerin net değerler olarak ortaya konması zordur. Bu maliyet değeri genel olarak arıza maliyetlerinin içinde belli bir yüzdelik tahmini yaparak ortaya konabilir. Bunu daha gerçekçi yapmak için işletmelerde çok fazla sayıda ve uzun süreli ölçümler yapmak faydalı olabilir.

### 5.5. Gerilim Kesintileri

İşletmelerdeki kayıpların en önemli kaynaklarından biri de elektrik kesintileridir. Kesinti süresince yapılamayan üretim, kayıpların birinci kısmıdır. Tekstil işletmeleri 7/24 çalışan işletmelerdir. Bu nedenle herhangi bir toplu duruş yaşandığında verimlilikten dolayı da ilave kayıplar oluşmaktadır. Tekstil üretiminde çalışan işçiler aynı anda pek çok makinenin üretimini takip etmektedirler. Örnek işletmelerimizdeki gibi döşemelik kumaş üretimi yapan işletmelerde bir işçi aynı anda 10 dokuma tezgahının üretimini takip etmektedirler. İplik aktarma makinelerinde çalışan bir işçi ise eğer 20 denye iplikle çalışılıyorsa 240 üretim gözüne aynı anda bakmaktadır. Bunlardan dolayı makineler durduğunda tekrar devreye almak için önce belli bir süre gerekirken ve bu verimliliği düşürerek üretim kaybına neden olmaktadır. İkincil

olarak ise elektrik kesintisi uzun sürdüğünde makineler soğumakta ve tekrar çalıştırıldığında eski yüksek randımanlarına ulaşana kadar bir verim kaybı oluşmaktadır.

Kesintiler kontrolsüz duruşlar olduğunda, yüksek devirli ve yüksek momentli makinelerde mekanik ve bunları süren elektrik ve elektronik donanımlarda arızalar meydana gelebilmekte, bu da farklı bir maliyet kalemi oluşturmaktadır.

İşletme 1 ve işletme 2'deki kesinti olayları tablo 5.1. ve tablo 5.2.'de görülmektedir. İlk sütunda olayın zaman etiketi bulunmaktadır. Daha sonraki üç sütunda da her bir faz için kesinti süreleri saniye cinsinden yazılmıştır.

Birinci işletmede 26166 saniye toplam elektrik kesinti süresi, 9 farklı kesintide meydana gelmiştir. Bu süre yaklaşık 436 dakika, bu da 7 saat 16 dakika yapmaktadır. Buradan direkt olarak üretim kaybı yaklaşık 4000 USD/saat biriminden hesap edildiğinde 29000 USD olmaktadır. ( 6 aylık ).

Tablo 5.2. İşletme 1'de meydana gelen elektrik kesintisi olayları

Olay Anı	L1 Fazı Kesinti süresi (sn)	L2 Fazı Kesinti süresi (sn)	L3 Fazı Kesinti süresi (sn)
02/05/2008@12:07:33.267 PM	5098.174	5098.174	5098.174
03/05/2008@04:47:16.841 AM	869.347	869.347	869.357
03/05/2008@06:25:49.112 AM	4222.712	4222.712	4222.722
23/05/2008@08:12:59.655 AM	7374.369	7374.369	7374.369
24/05/2008@05:06:33.902 AM	3519.939	3519.939	3519.939
26/06/2008@10:14:03.382 AM	426.742	426.742	426.742
14/08/2008@06:29:08.813 AM	1217.348	1217.348	1217.348
15/08/2008@08:49:43.032 AM	835.605	835.605	835.605
19/09/2008@04:25:07.430 AM	2602.133	2602.133	2602.133

Kesintilerden sonra işletmeyi tekrar komple ayağa kaldırmadaki verimlilik kaybını da hesaplamamız gerekir. Bunu da duruş başına yaklaşık yarım saatlik üretim kaybıyla denkleştirir isek 2000 USD/duruş yapacaktır. Yalnız bu duruş sayısını hesaplar iken aynı gün içinde meydana gelenleri sadece bir tane olarak kabul etmemiz de uygun olacaktır. Bu durumda 7 duruş olduğunu kabul edip buradaki maddi kaybın da 6 ay için 14000 USD olduğu hesaplanır.

Bu kesintiler sonucu kontrolsüz meydana gelen kesintilerle de arızalar meydana gelebilmektedir. Bu arızalar sonucu meydana gelen maddi kayıplar da 6 ay için yaklaşık olarak 3000 USD olarak hesaplanmıştır.

Toplamda 6 ay için 46000 USD ve yıl için de 92000 USD kayıp oluşmaktadır.

Tablo 5.3. İşletme 2’de meydana gelen elektrik kesintisi olayları

Olay Anı	L1 Fazı Kesinti süresi (sn)	L2 Fazı Kesinti süresi (sn)	L3 Fazı Kesinti süresi (sn)
24032008@102634.764 PM	2035.566	2035.496	2035.496
13042008@090101.233 AM	12548.032	12548.032	12548.032
19042008@062338.632 AM	146.782	146.793	146.772
16062008@052757.349 AM	398.137	398.137	398.147
23062008@020350.010 AM	497.88	497.88	497.9
12072008@022100.444 AM	2297.264	2297.274	2297.264
01082008@022159.570 AM	419.267	419.267	419.267
01082008@025708.098 AM	2107.798	2107.798	2107.798
05082008@022729.161 AM	1241.322	1241.301	1241.311
27092008@055541.534 PM	18.47	18.47	18.47

İkinci işletmedeki kesinti sayısı birinciye göre biraz fazla gerçekleşmiştir. Bu işletmedeki 6 ay boyunca yapılan ölçümler sonucu meydana gelen kesinti sayısı 10

olarak gerçekleşmiştir. Bu kesintilerde geçen toplam sürede 21710 saniye olmuştur. Bu da yaklaşık 360 dakika yani 6 saate karşılık gelmektedir. Bu işletmenin bir saatteki üretim kaybı ise 5000 USD'DİR. Bu durumda kesinti süresi nedeniyle meydana gelen maddi kayıp 6 ay için 30000 USD olarak hesaplanır.

İşletmeyi tekrar devreye almaktaki verim kaybının oluşturduğu maddi kayıpları yine birinci işletmedeki gibi duruş başına bir saatlik üretim kaybı referansından yola çıkarak hesaplanabilir. Bu işletme için bu değer 2500 USD/duruş olmuştur.1 ağustos tarihinde ard arda duruş olduğundan toplam 9 adet kesinti olduğu kabul edildiğinde buradan 22500 USD tutarında kayıp olduğu hesap edilmiştir. Kesintiler nedeniyle meydana gelen kontrolsüz duruşların maliyeti de bu işletme için 6 ayda 2500 USD olarak hesaplanmıştır. Toplamda 6 ay için 55000 USD tutarında bir kayıp hesaplanmıştır. Bu da yıllık 110000 USD anlamına gelmektedir. Bu hesaplamalar neticesinde her iki işletmede de kesintilere karşı bir önlem alınmasının bir zorunluluk olduğu görülmektedir.

### **5.6. Gerilim Kırışması**

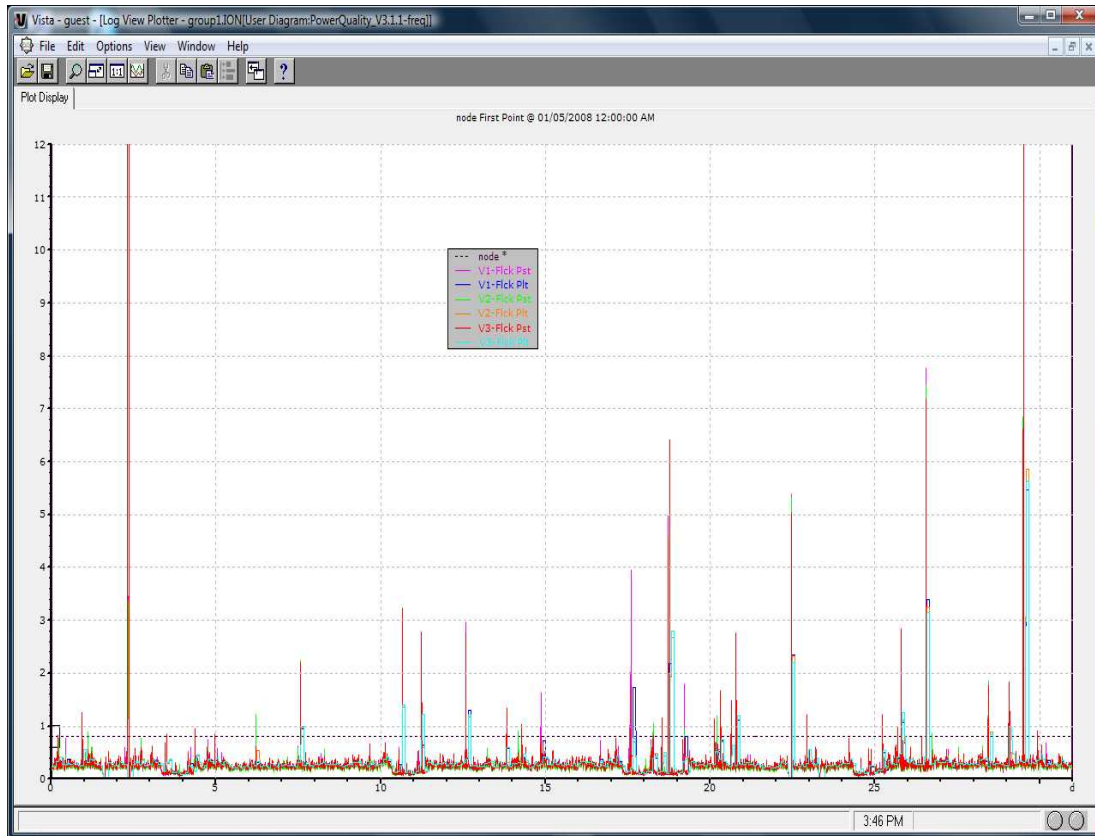
Her iki işletmede de gerilim kırışması ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümler sonucunda ikinci işletmede yine çok yoğun bir şekilde bu kalite sorunu olaylarının olduğu görülmüştür. Birinci işletmese ise gerilim kırışması kayıtları olmuş ancak birinci işletmeye göre oldukça az bulunmuştur. İkinci işletmede EN50160 standartlarının sınır değerlerini de aşan ölçümler yapılmıştır. Birinci işletmede gerilim kırışması kayıt edilmiş olsa da ilgili standardı aşan bir değer bulunmamıştır. Tablo 5.4. de ikinci işletmedeki 10 aylık gerilim kırışması kayıtlarının EN50160 standardına göre olan sayaç tablosu gösterilmiştir.

Tablonun birinci satırında yapılan haftalık sayaç kayıtlarının zaman etiketi bulunmaktadır. 2., 5. ve 7. sütunda sırasıyla üç fazın içinde gerilim kırışması bulunmayan periyot sayısı (N) bulunmaktadır. 3., 6., 9. sütunlarda ise gerilim kırışmasının bulunduğu periyot sayısı (N invd) bulunmaktadır. 4., 7, ve 10. sütunlarda ise sınır değerleri aşan gerilim kırışması sayıları (N1) bulunmaktadır.



Birinci işletmede ise 2 saatlik periyotlar içinde ( EN50160 a göre ) gerilim kırışması olan dolayısıyla da sınır değerleri aşan periyotlar bulunmamaktadır.

Gerilim kırışmasının işletme üzerinde oluşturduğu maddi kayıplar net belirlenememiştir. İşletmede zaten pek çok farklı gerilim kalitesizliği bulunduğundan bu zararları belirleyebilecek bir sınıflandırma yapmak da zordur. İçinde sadece elektrik kalitesizliği olarak gerilim kırışması sorunu bulunan bir işletmede bunu tespit etmek daha kolay olabilecektir. Bazı işletmelerde gerilim kırışması direkt olarak ürünün bozuk çıkmasına neden olabilmektedir. Birinci işletmedeki gerilim kırışması değerleri ürünlerin direkt olarak hatalı çıkmasına neden olmamıştır.

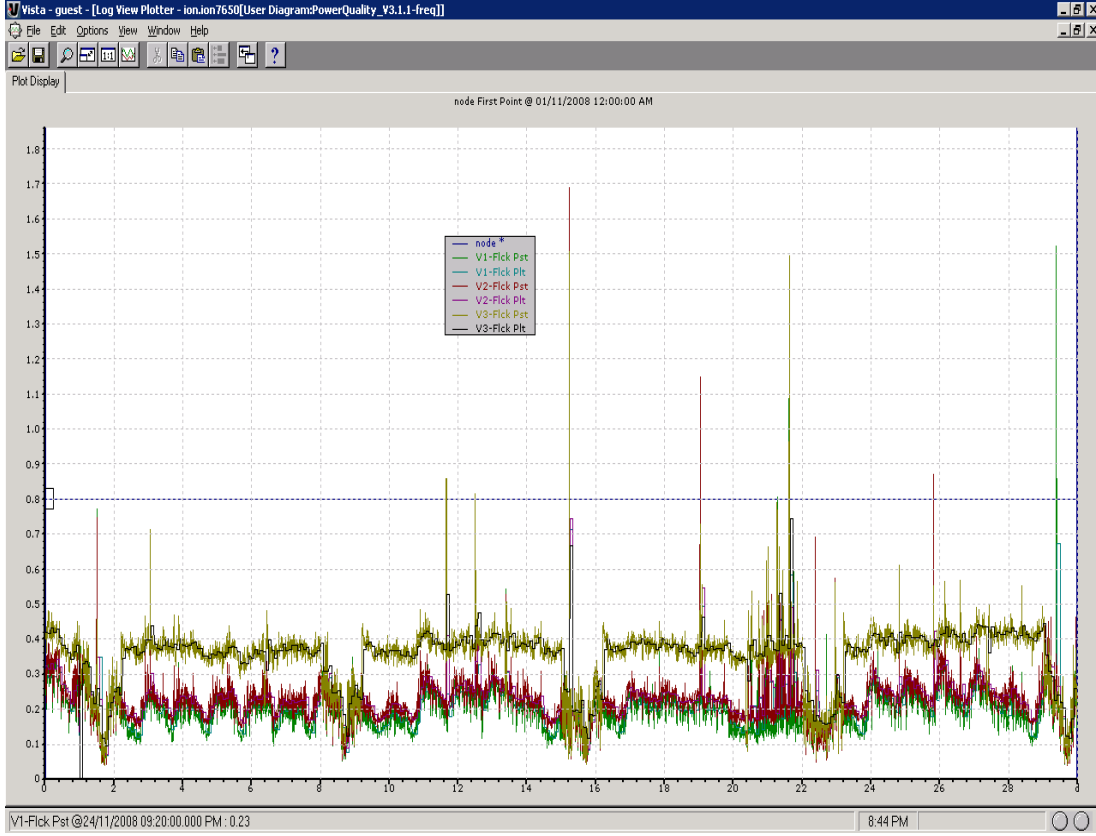


Şekil 5.47. İkinci işletmede bir aylık gerilim kırışması grafiği

Şekil 5.47. ve şekil 5.48.'de bir aylık gerilim kırışması değerleri birinci ve ikinci işletmede sırayla verilmiştir.

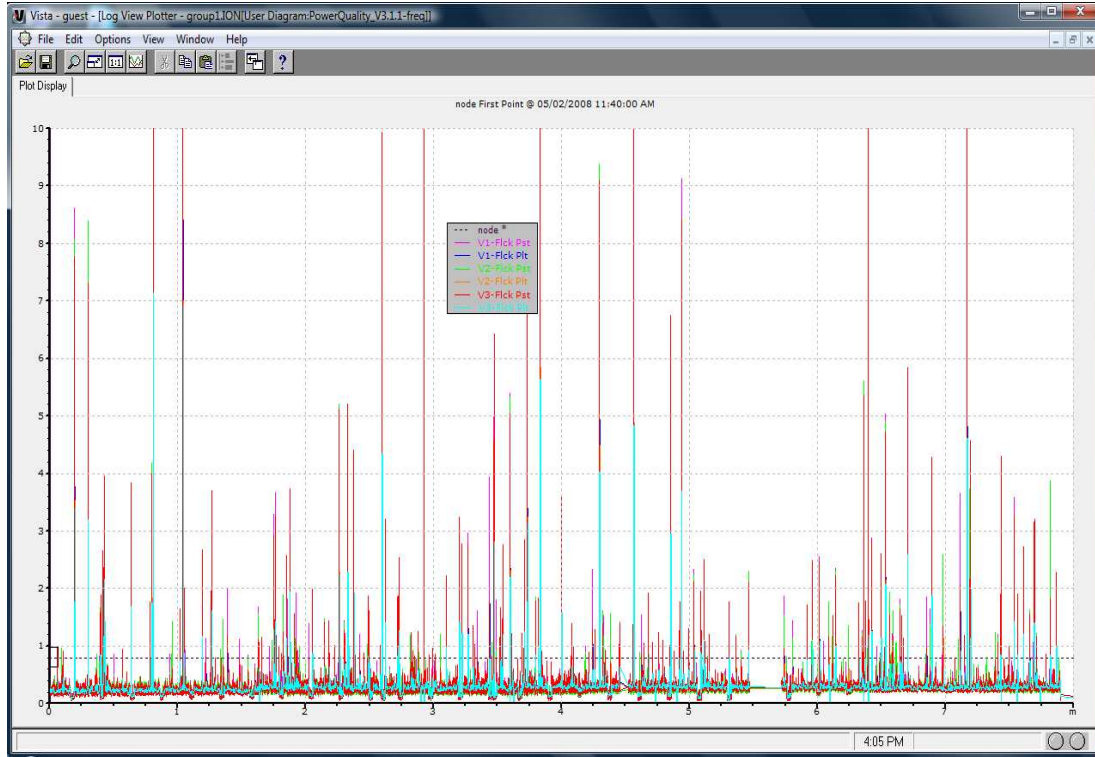
Tablo 5.4. İkinci işletmedeki gerilim kırışması sayaç tablosu

Olay Anı	L1-Flick N	L1-Flick N invd	L1-Flick N1	L2-Flick N	L2-Flick N invd	L2-Flick N1	L3-Flick N	L3-Flick N invd	L3-Flick N1
08/02/2008@10:00:01.000 PM	41	1	0	41	1	0	41	1	0
15/02/2008@10:00:01.000 PM	82	2	0	82	2	0	82	2	0
22/02/2008@10:00:01.000 PM	82	2	1	84	0	0	80	4	0
29/02/2008@10:00:01.000 PM	81	3	0	81	3	0	81	3	0
07/03/2008@10:00:01.000 PM	83	1	0	83	1	0	83	1	0
14/03/2008@08:00:01.000 PM	82	1	0	82	1	0	81	2	0
22/03/2008@07:00:01.000 AM	90	0	0	90	0	0	90	0	0
29/03/2008@07:00:01.000 AM	80	3	0	80	3	0	80	3	0
05/04/2008@07:00:01.000 AM	81	3	0	81	3	0	81	3	0
12/04/2008@07:00:01.000 AM	84	0	0	84	0	0	84	0	0
18/04/2008@09:00:01.000 PM	77	3	0	76	4	0	76	4	0
25/04/2008@09:00:01.000 PM	83	1	0	83	1	0	81	3	0
02/05/2008@09:00:01.000 PM	80	2	0	81	1	1	81	1	1
09/05/2008@09:00:01.000 PM	80	2	0	80	2	0	80	2	0
16/05/2008@09:00:01.000 PM	82	2	0	83	1	1	82	2	1
23/05/2008@09:00:01.000 PM	79	4	1	79	4	0	79	4	0
30/05/2008@09:00:01.000 PM	78	4	0	78	4	0	78	4	0
06/06/2008@09:00:01.000 PM	83	1	0	83	1	0	83	1	1
13/06/2008@09:00:01.000 PM	82	2	0	83	1	0	83	1	0
20/06/2008@09:00:01.000 PM	80	3	0	80	3	0	80	3	0
27/06/2008@09:00:01.000 PM	81	2	0	81	2	0	81	2	0
04/07/2008@09:00:01.000 PM	80	3	0	80	3	0	80	3	0
11/07/2008@09:00:01.000 PM	83	1	1	83	1	0	83	1	0
18/07/2008@09:00:01.000 PM	83	1	0	83	1	0	83	1	0
25/07/2008@09:00:01.000 PM	83	1	0	83	1	0	83	1	0
01/08/2008@09:00:01.000 PM	84	0	0	84	0	0	84	0	0
08/08/2008@09:00:01.000 PM	80	3	0	80	3	0	80	3	1
15/08/2008@09:00:01.000 PM	80	2	0	80	2	0	80	2	0
22/08/2008@09:00:01.000 PM	81	3	0	81	3	0	81	3	0
29/08/2008@09:00:01.000 PM	84	0	1	83	1	0	82	2	0
05/09/2008@09:00:01.000 PM	82	2	0	82	2	0	82	2	0
12/09/2008@09:00:01.000 PM	80	4	0	80	4	0	80	4	0
19/09/2008@09:00:01.000 PM	79	3	0	79	3	0	79	3	0
26/09/2008@09:00:01.000 PM	78	4	0	78	4	0	78	4	0
25/10/2008@08:00:01.000 AM	30	3	0	30	3	0	30	3	1
29/11/2008@01:38:01.000 PM	0	2	0	0	2	0	0	2	0



Şekil 5.48. Birinci işletmede bir aylık gerilim kırışması grafiği

Gerilim kırışması parametrelerinden Plt için sınır değer 0.8 iken, Pst için sınır değer 1 olarak tanımlıdır. Şekil 5.47. ve 5.48. de 0.8 ve 1 değerleri kesikli çizgilerle takip edilebilir. İkinci işletmede hem az sayıda sınır aşılmakta hem de adet olarak sınır değeri çok az sayıda aşılmaktadır. İkinci işletmede bu değerlerin miktarsal ve oransal olarak çok daha fazla bir şekilde aştığı görülmektedir. Şekil 5.49 da ikinci işletmenin 6 aylık gerilim kırışması değişim grafiği görülmektedir.



Şekil 5.49. İkinci işletmenin 6 aylık gerilim kırpışması değişim grafiği

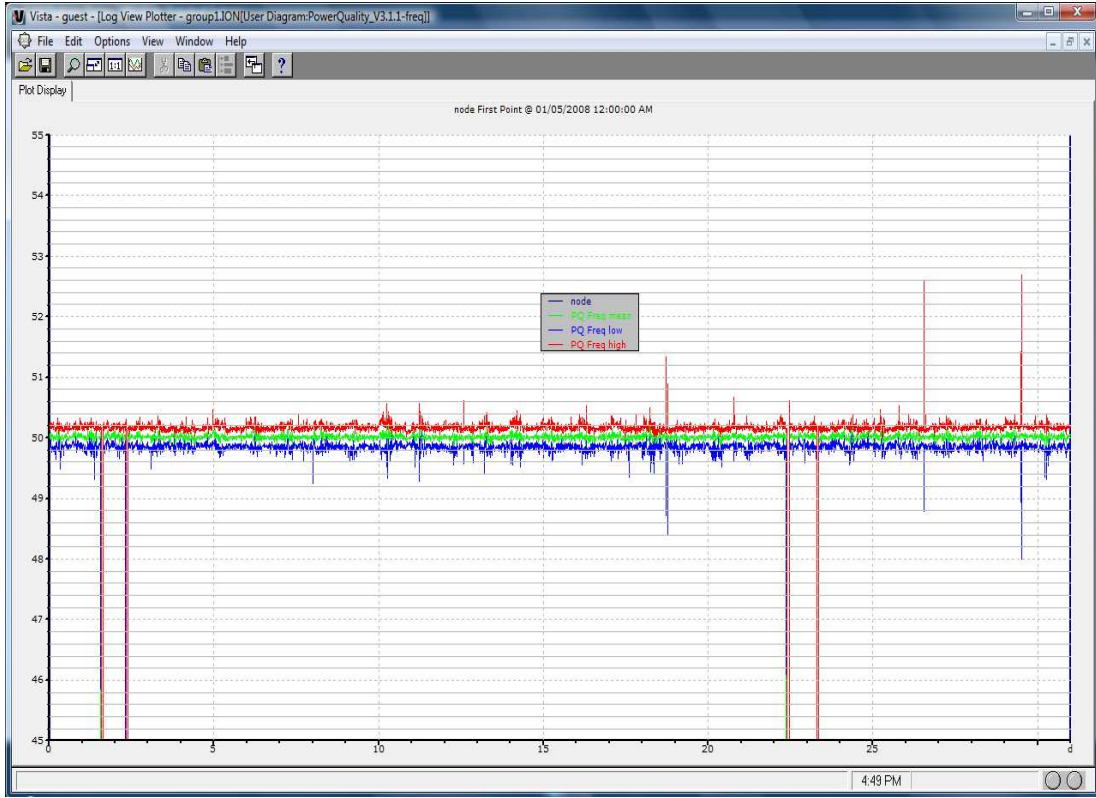
## 5.7. Frekans

Frekans ölçüm ve değerlendirmeleri de EN 50160 standardına göre yapılmıştır. Tablo 5.5.'de birinci işletmenin 6 aylık frekans sayaç bilgileri bulunmaktadır. Tabloda ilk sütunda haftalık özet kayıtlarının zaman etiketi bulunmaktadır. Bunların yanındaki kolonlarda da sırasıyla, geçerli periyot sayısı ( 10 saniyelik her bölüm bir periyot olmaktadır ), frekansta sapmanın olduğu periyot sayısı, birinci sınır değeri aşan periyot sayısı, ikinci sınırı aşan periyot sayısı belirtilmiştir.

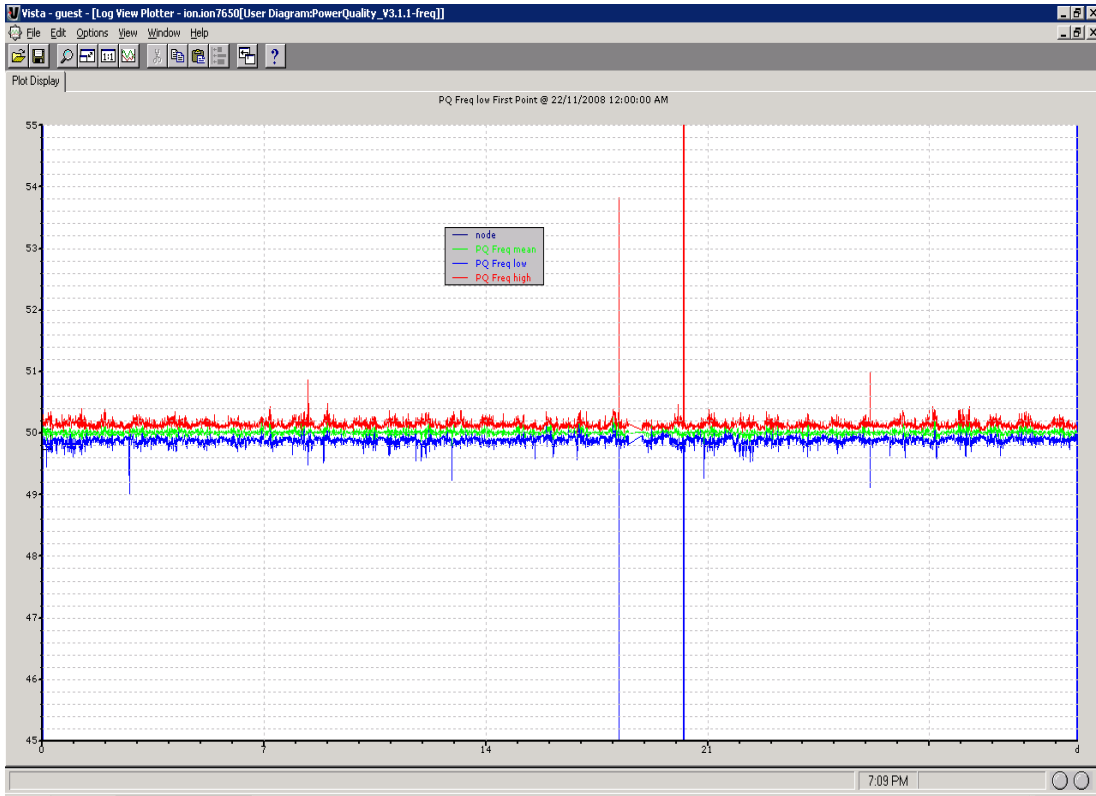
Şekil 5.50. de birinci işletmenin bir aylık frekans değişim eğrisi, Şekil 5.51.'de de ikinci işletmenin bir aylık frekans değişim eğrisi verilmiştir. Aşağı dayanan doğrular elektrik kesintisi anında frekansın sıfır değerine inmesinden kaynaklanmaktadır. Frekansın yüksek değerlere çıkması da meydana gelen geçici olaylardan dolayı meydana gelmektedirler. İkinci işletmenin frekans değerlerinde bir sorun olmadığı için tablosu konmamıştır.

Tablo 5.5. Birinci işletme 6 aylık frekans sayaç değerleri

Olay Anı	Freq N	Freq N invld	Freq N1	Freq N2
05/02/2008 @09:17:29.000 AM	344	1	0	0
08/02/2008 @10:00:01.000 PM	30496	0	0	0
15/02/2008 @10:00:01.000 PM	60480	0	3	0
22/02/2008 @10:00:01.000 PM	60480	0	0	0
29/02/2008 @10:00:01.000 PM	60480	0	0	0
07/03/2008 @10:00:01.000 PM	60480	0	0	0
14/03/2008 @08:00:01.000 PM	59760	0	21	0
22/03/2008 @07:00:01.000 AM	64440	0	20	0
29/03/2008 @07:00:01.000 AM	60478	1	11	0
05/04/2008 @07:00:01.000 AM	60480	0	5	0
12/04/2008 @07:00:01.000 AM	60480	0	9	0
18/04/2008 @09:00:01.000 PM	57019	0	3	0
25/04/2008 @09:00:01.000 PM	60480	0	4	0
02/05/2008 @09:00:01.000 PM	59964	512	12	0
09/05/2008 @09:00:01.000 PM	59796	583	6	0
16/05/2008 @09:00:01.000 PM	60480	0	9	0
23/05/2008 @09:00:01.000 PM	59739	738	12	0
30/05/2008 @09:00:01.000 PM	60122	354	0	0
06/06/2008 @09:00:01.000 PM	60480	0	34	0
13/06/2008 @09:00:01.000 PM	60480	0	30	0
20/06/2008 @09:00:01.000 PM	60478	1	17	0
27/06/2008 @09:00:01.000 PM	60431	45	1	0
04/07/2008 @09:00:01.000 PM	60617	2	0	0
11/07/2008 @09:00:01.000 PM	60480	0	5	0
18/07/2008 @09:00:01.000 PM	60480	0	0	0
25/07/2008 @09:00:01.000 PM	60480	0	0	0
01/08/2008 @09:00:01.000 PM	60480	0	0	0
08/08/2008 @09:00:01.000 PM	60474	2	0	0
15/08/2008 @09:00:01.000 PM	60266	208	0	0
22/08/2008 @09:00:01.000 PM	60480	0	18	0
29/08/2008 @09:00:01.000 PM	60480	0	0	0
05/09/2008 @09:00:01.000 PM	60480	0	39	0
12/09/2008 @09:00:01.000 PM	60480	0	19	0
19/09/2008 @09:00:01.000 PM	60369	263	2	0
26/09/2008 @09:00:01.000 PM	60490	2	40	0



Şekil 5.50. Birinci işletmenin bir aylık frekans değişim eğrisi



Şekil 5.51. İkinci işletmenin bir aylık frekans değişim eğrisi

## 5.8. Toplam Maliyetler

İşletmelerde meydana gelen kalitesizlik olayları esnasındaki kayıtlar ( bu bölümde detaylıca gösterilmiş olan ) üzerinde 3. Bölümde detaylıca verilen maliyet formülleri kullanılarak aşağıda toplamları verilen parasal değerlere ulaşılmıştır.

İkinci işletmemizde meydana gelmiş elektrik enerjisi kalitesizliklerinin oluşturduğu 6 aylık maliyetler, gerilim düşümlerinden dolayı 149000 USD, kesintilerden dolayı 46000 USD, geçici olaylar, harmonikler ve gerilim kırışımlarından dolayı da 3000 USD olarak hesaplanmıştır. Buradan 6 aylık toplam maliyet 198000 USD, dolayısı ile de yıllık maliyet 396000 USD olarak hesaplanır.

Birinci işletmemizde ise yıllık maliyetler gerilim kesintilerinden 110000 USD, harmoniklerden dolayı da 5000 USD olmak üzere toplamda 115000 USD olarak hesaplanmıştır.

İkinci işletmenin gerek şebekesindeki kalitesizlik, gerekse de kendi altyapılarındaki eksikliklerinden dolayı kayıplar çok yüksek çıkmıştır. İkinci işletmede ise gerilim kesintileri hariç, kaliteli bir şebeke ve kendi altyapı kalitesinden dolayı maliyetler daha düşük çıkmıştır. Her iki işletme için ve genel olarak bu bölümde anlatılan kalitesizlik maliyetlerini azaltacak ya da sıfıra indirecek çözüm yolları ve önerileri 6. Bölümde anlatılmıştır.

## 5.9. Önemli Maliyetler Karşın Kullanılabilecek Cihazlar

Buraya kadar anlatılanlardan anlaşıldığı üzere maliyetlerin en önemli sebepleri, kesintiler, gerilim düşmeleri ve harmoniklerdir. Kesintilere karşılık jeneratörler kullanılabilir ancak senkron çalışmama durumunda makineler yine duracağından bu bir kesintisiz güç kaynağı ile desteklenmek durumundadır. Gerilim düşmelerine karşılık dinamik gerilim düzenleyiciler ve kesintisiz güç kaynakları kullanılabilir. Harmoniklere karşılık da harmonik filtreleri kullanılabilir. Bu cihazların bazıları hakkında genel bilgiler aşağıdaki bölümlerdeki gibidir.

### 5.9.1. Dinamik gerilim düzenleyiciler ( DVR )

Dinamik gerilim düzenleyiciler, gerilim düşmelerine çözüm olan ekipmanlardır. Hatta bağlı yükseltici bir transformatörün depolanmış elektrik enerjisinin ( akü grupları ) bir eviriciyle sürülerek ya da mevcut sistemin gerilimi kullanılarak, gerilimi, düşen kısmının karşılanması prensibine göre çalışır.

Gerilim düşümlerine karşın çok hassas olan işletmelerde kullanılır. Bunlar;

- İletim ve dağıtım şirketleri
- Yarı iletken endüstrisi, kağıt endüstrisi ve plastik endüstrisi
- Otomotiv endüstrisi
- Kimya tesisleri
- Bilgisayar ve elektronik üretim tesisleri
- Çelik endüstrisi

Şekil 5.52. de dinamik gerilim düzenleyicisinin prensip şemalarından biri verilmiştir. Bu ekipmanlar henüz ülkemizde üretim şirketlerinde kullanılmamaktadır. Elektrik enerjisi kalitesiyle ilgili yönetmelik gereklilikleri, tüm sağlayıcı ve tüketicilere uygulandığında bu cihazların da kullanılması, bir ihtiyaç olduğu kadar aynı zamanda bir zorunlulukta olacaktır.

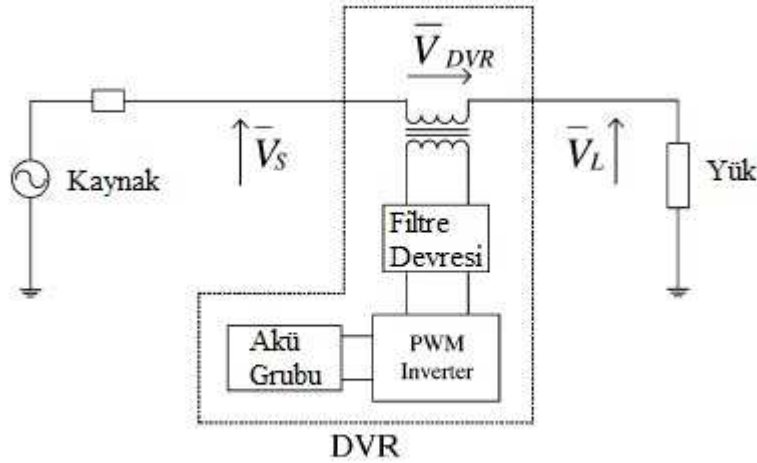
Bu sistemler Kuzey Amerika ülkelerinde ve bazı batı ülkelerinde kullanılmaktadır. Kullanıldığı yerler daha çok iletim hatlarıdır ve yüksek gerilim üzerinden bu gerilim düşümleri düzenlenmektedir.

### 5.9.2. Harmonik filtreler

Harmoniklerin tüm elektriksel ekipmanların ömürlerini kısaltma ve arıza yaptırma şeklinde olumsuz etkileri bulunmaktadır. Özellikle kompanzasyon panolarında kapasitörler kontaktörler vasıtasıyla devreye alınırken oluşan yüksek harmonik akımları ya da harmoniklerin neden olduğu rezonansların meydana getirdiği aşırı akımlar nedeniyle, kompanzasyon ünitelerinde aşırı ısınmalar, ısınmalara bağlı



kabloların yanması, aşırı akımlara bağlı olarak, kontaktörlerin kontaklarında arızalar, kontakların erimeleri, kondansatörlerin arızalanmaları ya da infilak etmeleri gibi olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. Aşırı ısınmalar, kablolarda, kontaklarda ve kondansatörlerde alevlenme ve buna bağlı olarak yangın risklerini oluşturmaktadır.



Şekil 5.52. Dinamik gerilim düzenleyicisinin prensip şeması

Harmoniklere karşılık, harmonik filtreler kullanılmaktadır. Harmonik filtreler, pasif filtreler, aktif filtreler, rejection filtreler ve hibrit filtreler gibi kısımlara ayrılmaktadır.

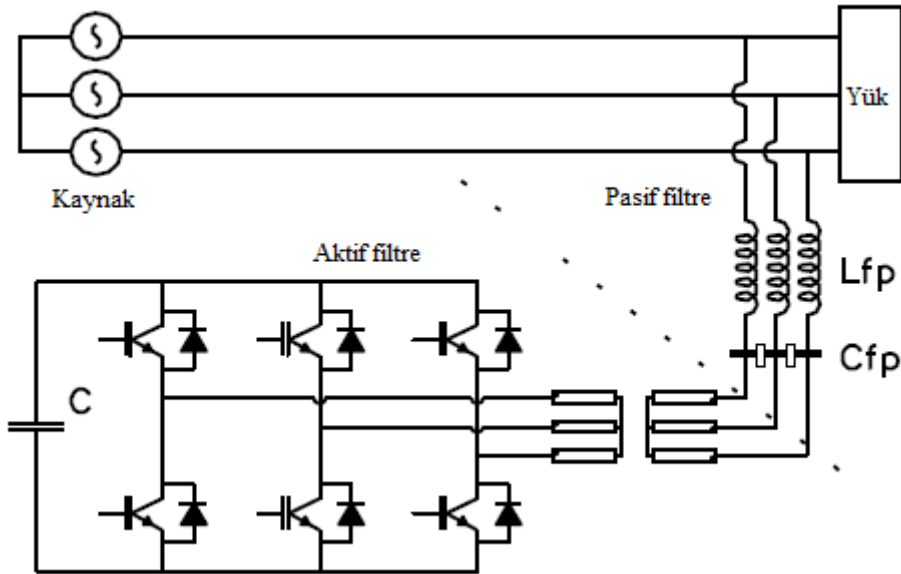
Kompanzasyon panolarında genel olarak rejection filtreler kullanılır. Bu filtrelerin özelliği sistemin rezonans frekansını değiştirerek, rezonansın oluşmasını engellemektir. Bu filtrelerle hem rezonans engellenirken, sistemin kompanzasyon ihtiyacı da karşılanmaktadır.

Pasif filtreler yükün ve harmoniğin net tanımlı olduğu yerlerde kullanılmaktadır. Bu nedenle endüstriyel işletmelerde uygulaması azdır. Genel olarak makine imalatlarında kullanılır. Bu filtrelerin, makine siparişleri sırasında teknik elemanlar veya iş sahipleri tarafından talep edilmesi çok uygun olacaktır. Böylece işletmeler kendi bünyelerinde harmonik üretmeyeceklerdir.

Aktif filtreler, harmoniklerin çok değişken olduğu durumlarda tercih edilir. Ancak maliyetleri yüksektir ve özellikle yüksek güçlerde bu daha da sıkıntı olmaktadır.

Hibrit filtreler ise belirli bir büyüklükte sabit olan bir harmoniğe karşılık pasif kısmını çalıştıran, değişken harmoniklere karşılık da aktif kısmını çalıştıran filtrelerdir. Son yıllarda yaygınlaşmaya başlamışlardır.

Hibrit filtreler tekstil sektörü için de oldukça uygun yapıdadır. Tekstil sanayinde kullanılan inverter sürücülü motorların oluşturduğu harmonikler en çok 5. harmoniklerdir. Bununla beraber 7. ve 11. Harmonikler de oluşur. Makine parkının çeşitliliği nedeniyle daha farklı harmonikler de oluşmaktadır. Bu nedenle örnek olarak 5. Harmonik hibrit filtrenin pasif kısmı ile çözülürken, diğer harmonikler için de daha küçük güçlü aktif filtre kısmı kullanılarak daha da ekonomik çözüm elde edilebilir. Şekil 5.53. de hibrit harmonik filtrelerin prensip şemalarından biri gösterilmiştir.



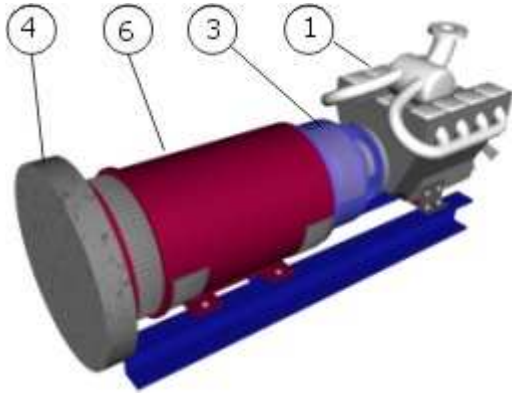
Şekil 5.53. Hibrit harmonik filtre prensip şeması

### 5.9.3. Dinamik kesintisiz güç kaynakları ( Dinamik UPS )

Dinamik UPS'lerin en önemli ayırt edici özelliği, kesinti sırasında kullanılacak enerjiyi depolama ve çıkışa aktarma işlemlerini dinamik yöntemle

gerçekleştirmesidir. Bu temel prensibi esas alan üreticilerin her biri, kendi sistemlerinde diğerlerine göre oldukça farklı yöntem ve donanımlar kullandığından, mevcut dinamik UPS'leri teknik açıdan sistematik şekilde sınıflandırabilmek oldukça zordur. Ancak en yaygın ve en bilinen uygulama şekli, enerjinin genellikle VOLAN olarak tabir edilen mekanizmalarla kinetik olarak depolanması ve yine dinamik olarak bir alternatör aracılığıyla yüke aktarılmasıdır. Şekil 5.54. de bir dinamik kesintisiz güç kaynağının temel elemanları gösterilmiştir. Dinamik UPS ler, çok büyük yüklere ve çok kısa süreli kesintilere yönelik olarak tasarlandıkları için, genellikle dizel bir motor ile birlikte projelendirilirler. Çoğu kez de Dizel Jeneratör, Dinamik UPS in bir parçası olarak, sistemle birlikte bir bütün olarak kullanıma sunulur.

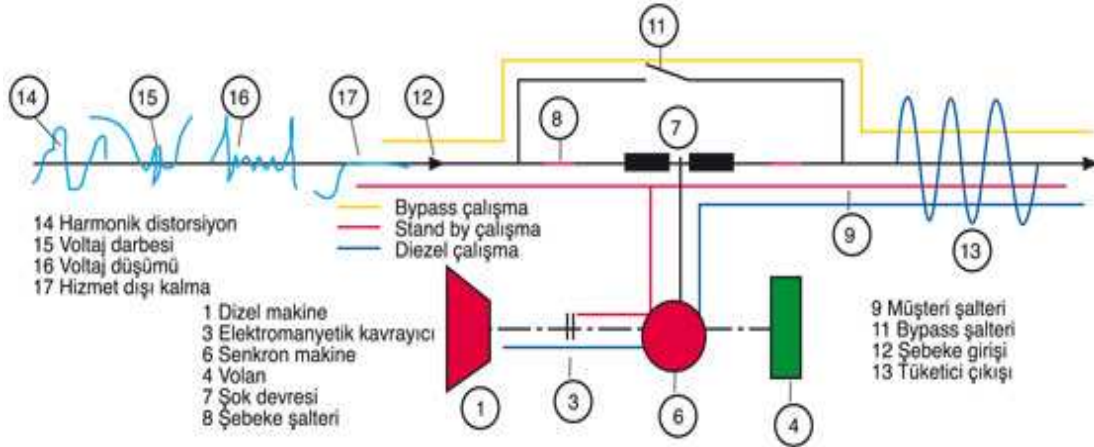
Özellikle, kinetik enerji depolama teknikleri açısından kendi aralarında farklılıklar gösteren Dinamik UPS ler, son dönemde yarı iletken teknolojisindeki gelişmelerin etkisiyle, kısmen statik uygulamaları da içermeye başlamışlardır. Bazı üreticiler, bu alanda da birbirlerinden farklı hibrid uygulama yöntemleri geliştirmişlerdir. Örneğin, enerji depolama işlemi bir akü grubu aracılığıyla statik olarak sağlanırken, yüke aktarma işleminin dinamik bir alternatörle gerçekleştirildiği uygulamalar mevcuttur.



- 1) Dizel Motor
- 3) Elektromanyetik Kavrama
- 6) Senkron Motor/Alternatör
- 4) Volan

Şekil 5.54. Bir Dinamik UPS sisteminin temel elemanları

Yine, farklı bir yöntem olarak; enerji depolama işleminin bir VOLAN üzerinde dinamik olarak gerçekleştirildiği, ancak girişte ve çıkışta statik doğrultucu-evirici devrelerin kullanıldığı sistemler de, bu tür hibrid uygulamalara örnek gösterilebilir. Şekil 5.55.de dinamik kesintisiz güç kaynağının temel çalışma prensip şeması verilmiştir.



Şekil 5.55. Dinamik kesintisiz güç kaynağı prensip şeması

Sistemlerin maliyetleri belli olduğunda, tekstil sanayi için kullanılabilir olup olmadığında ancak karar verilebilir. Daha önceki bölümde görüldüğü üzere ikinci işletmenin en büyük kayıp nedeni gerilim düşmeleri idi. Bu nedenle önemli bir çözüm cihazı olabilir.

## **BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

### **6.1. Sonuçlar**

Elektrik enerjisi kalitesi sorunlarının tekstil işletmeleri üzerindeki maliyetinin, 5. Bölümde gösterilen tüm ölçüm ve kayıtların sonucunda yapılmış hesaplamalarla, ciddi bir seviyede olduğu tespit edilmiştir. Burada somut olarak elde edilen kayıpların birinci nedeni kesintilerdir. Kesintilerden dolayı işletmelerde yüksek parasal kayıplar oluşmuştur. İkinci olarak ise gerilim düşmeleridir. Özellikle gerilim düşmesinin çok yaşandığı ikinci işletmede buna bağlı olarak meydana gelen duruş ve arızaların yine bunlara bağlı verim kayıplarının işletmeye getirdiği mali külfet çok yüksektir. Birinci işletmede ise böyle bir sorun olmadığından dolayı mali bir kayıp oluşmadığı da tespit edilmiştir. Özellikle bu tespit kaliteli elektrik enerjisi ile kalitesiz elektrik enerjisi altında çalışan aynı tür tekstil işletmelerinin buna karşı kaldıkları durumu güzel ve net olarak göstermektedir.

Geçici olaylar ise ikinci işletmede daha çok kompanzasyon panelindeki rezonanslardan kaynaklanmıştır. Bunlardan dolayı da kontaktör, kondansatör ya da diğer montaj malzemelerinde bozulmalar meydana gelmiştir. Ayrıca yangın riskini de göstermiştir. Buradaki parasal kayıplar yüksek olmasa da yangın riski ya da oluşacak büyük bir arıza sonucu meydana gelebilecek duruş mali kayıplara neden olabilecektir. Bu da önlem alınması gereken bir durumdur. Birinci işletmede ise gerek şebekenin kalitesi gerek ise seçilmiş kontaktör ve kondansatör gruplarının bu rezonanslara karşın büyük değerlerde olması bu sorunların çıkmasına engel olmuştur.

Diğer kalitesizlik olaylarında ise somut parasal tespitler yapılamamıştır. Daha farklı ve hassas yöntemlerle ölçümler yapılırsa mali boyutu hesaplanabilir.

Gerilim kırışması olayları gerçekleşmesine rağmen, bunun hatalı ya da kesintili bir üretime neden olduğu kayıt edilmemiştir. Ancak daha başka bir şebekede ve daha yoğun bir gerilim kırışması olan bir işletmede bu konu araştırılabilir.

Ölçümler sırasında kayıt edilmiş frekans sapmaları özellikle ikinci işletmede bulunmaktadır ancak bunların neden olduğu bir duruş ya da arıza not edilmemiştir.

Genel olarak özetlenirse elektrik enerjisi kalitesinin bazı unsurlarının tekstil sanayinde maliyetler üzerinde bir etkisi olduğu tespit edilip hesaplanmıştır. Hesaplanan rakamlar bu konunun ne kadar önemli olduğunu da göstermiştir. Daha yatırım yeri tespiti kararından başlayıp, kalitesizliğe karşın yapılacak ekipman yatırımlarını da yönlendirecek önemli bir unsur olduğu ortaya çıkmıştır.

Ölçümlerin yapıldığı iki işletmenin kayıpları toplamda birinci işletmede 115000 USD, ikinci işletmede 396.000 USD olarak yıllık bazda tespit edilmiştir. Birinci işletmenin iyi bir şebekede ve kaliteli bir altyapı ile çalıştığı, ikinci işletmenin ise elektrik enerjisi kalitesiz bir şebekede ve altyapı ile çalıştığı anlatılmıştır. [42]

## **6.2. Öneriler**

Elektrik enerjisi kalitesizliklerine karşın alınabilecek önlemler vardır. Bu önlemlerin sanayide kullanılabilmesi için fizibilitelerinin uygun olması gerekmektedir. Yasal bir zorunluluk, üretimin yapılabilmesi zorunluluğu olmadığı sürece reel sektör bu yatırımları ancak işletmenin menfaatine, karlılığına faydası olması durumunda yapar. Yatırım maliyetleri yüksek olan malzeme ve sistemlerinden oluşan çözümler gelişen zaman içinde çok önemli gelişmeler göstermişlerdir. Bu süreçte verimlilikleri artmış, çözüm kabiliyetleri gelişmiştir. Bu çözüm alternatiflerini örnek işletmelerde meydana gelmiş sorunlar bazında aşağıda açıklanmıştır.

### **6.2.1. Genel öneriler**

Örnek işletmeler içinde elektrik enerjisi kalitesizliğini en az düzeyde yaşadığımız işletme, sonsuz güçlü barasında otoprodüktörler bulunan ve organize sanayi

bölgesinde bulunan işletmedir. Bu nedenle yeni kurulacak işletmelerde bu konunun göz önünde bulundurulması gerekir. Bu konu elbette sadece tekstil endüstrisini ilgilendiren bir öncelik de değildir. Bununla beraber gerek ülkemiz içindeki bazı teşviklerden dolayı gerekse de dünyada çeşitli nedenlerden dolayı işletmelerin taşınması gündeme gelebilmektedir. Bu durumda işletmelerin taşınacakları sahanın seçiminde, elektrik enerjisinin kalite değerleri çok ciddi bir şekilde göz önünde bulundurulmalıdır.

Elektrik enerjisinin alınacağı bölgenin barasının durumu kadar dağıtım sistemi de önemlidir. Dağıtımın yeraltında yapılması atmosferik zorlanmalara karşın bir tercih sebebidir. Trafo binalarının kapalı sistem ve modüler hücrelerden oluşmuş olması tercih nedenidir. Dağıtım sisteminin bir scada üzerinden izlenip her türlü istatistiğin alınıyor olması bir tercih nedenidir. Yetişmiş elemanlarla yönetilen selektif korumanın yüksek teknolojiye sayısal ekipmanlarla sağlandığı bir dağıtım sistemi bir tercih nedenidir ve bunların tamamı gerçekten bir tercih nedeni olmalıdır.

### **6.2.2. Uzun süreli elektrik kesintilerine karşı öneriler**

Uzun süreli elektrik kesintilerine karşılık alınacak tedbir elbette alternatif bir şekilde elektrik üretimi olacaktır. İşletmenin kapasitesi ve mali yapısı uygun ise en uygun çözüm kapalı çevrim doğalgaz santrali kurmak olmalıdır. Gerek barayı güçlendirmesi gerekse de şebekede sorunlar arttığında, şebekeden bağlantı kesilerek ada modunda sorunsuzca çalışabilme imkanı sağlanabilecektir. İhtiyacın üzerinde üretilen enerji de devlete satılabilmektedir. Ayrıca bu yöntem elektrik üretiminde ekonomik bir yöntemdir.

Yukarıdakine benzer şekilde doğalgaz motoru ile elektrik enerjisi üretimi de alternatif bir yöntemdir. Bu sistemler paket sistemler olarak gelip çok hızlı ve rahatlıkla devreye alınabilmektedir. Sık sık devreye girip çıkabilmesi de ayrı bir avantajdır. Yine benzer şekilde barayı güçlendirmekte ve lüzumu halinde ada moduna geçilebilmektedir. Kapalı çevrime karşılık üretim maliyetleri yüksektir. Özellikle doğal gaz motorunun ürettiği buhar kullanılamazsa kullanılabilirliği kaybolur.

Yukarıda anlatılan iki çözüm aslında genel çözümler içine alınabilir. Daha pratik ve daha küçük ölçekli bir çözüm olarak generatörden bahsedilebilir. Bunların en yaygın olanı dizel generatörlerdir. Bu generatörler elektrik kesildiği anda devreye girebildiği gibi senkron bağlanarak da sürekli çalıştırılabilir. Ancak ikinci yöntem çok uygun değildir, bu yöntemle elektrik üretim maliyeti çok yüksek olacaktır. Bu nedenle kesintilerde devreye alınarak kullanılması genel uygulamadır.

Bir dokuma tezgahının saatteki üretiminin ortalama 100 USD olduğu ve örnek işletmelerde 100'er adet dokuma tezgahı bulunduğunu göz önünde bulundurulursa bu işletmelerin saatteki sadece dokuma cirosu 10000 USD'DİR. İkinci işletmede yılda 12 saat elektrik kesintisi olduğuna göre oluşan ciro kaybı 120000 USD olacaktır. Buradan elde edilecek kar yaklaşık 24000 USD olarak kabul edilebilir. Bir dokuma makinesi 6 kVA üzerinden hesaplandığında sadece dokuma makineleri için 600 kVA güce ihtiyaç vardır. Diğer departmanları da düşünerek 1100 kVA gücünde bir generatör almaya karar verilsin. Bu makine parkını çalıştıracak generatör yatırımı ( gerekli aydınlatma ve diğer ihtiyaçlar da göz önünde bulundurularak ) sadece 140000 USD tutarında olacaktır. Bu da bu generatörün sadece uzun süreli elektrik kesintileri sorunlarını çözerek kendini 5 yılda amorti edebilmektedir. Bu durumda yıllık elektrik kesinti süresi 12 saat yerine 24 saat alınsa ( planlı bakım duruşları ile ) amortisman süresi 2.5 yıl olacaktır ki bu da çok rahat kabul edilebilecek süredir. Bu arada bahsedilen maliyetler direkt maliyetlerdir ve vaktinde ürün üretememenin işletmeye yüklediği dolaylı maliyetleri göz önünde bulundurulduğunda bu sürelerin aslında hesaplanan sürelerden çok daha kısa olacağı anlaşılabilir. Bu arada tüm sanayi bölgelerinde her yıl minimum 8 saat süren planlı elektrik kesintilerinin de yaşandığı unutulmamalıdır.

### **6.2.3. Kısa süreli gerilim değişimleri ve dalga formu bozukluklarına karşı öneriler**

Örnek işletmelerde yapılan ölçümler sonucunda gerilim dalgalanmalarının ve düşmelerinin, makinelerin duruş yapmasına neden olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca darbeli gerilim bozukluklarının ve dalga formu bozukluklarının makinelerin



elektronik kartlarına ve diğer ekipmanlarına zarar verdiği görüldüğü gibi bunların duruşlara neden olduğu ve yedek parça sarfiyatını arttırdığına da şahit olunmuştur. Her türlü duruş zaten direkt ve endirekt ciddi maliyetlere neden olmaktadır.

Bağlanılan şebekede yukarıda ifade edilen sorunlar var ise, bu durumda işletmeyi bu sorundan kurtarmanın yolu da işletmeyi şebekeden izole etmektir. Genel önerilerde anlatılanların ve elektrik santrali kurmak, gerekirse ada modunda çalışmanın dışında da bir yöntem de kesintisiz güç kaynağı kullanmaktır. Kesintisiz güç kaynakları statik ve dinamik kesintisiz güç kaynakları olarak ikiye ayrılmaktadır. Dinamik kesintisiz güç kaynakları da üreticilere göre bazı farklı çalışma prensiplerine sahip bulunmaktadır. Burada önerilecek kesintisiz güç kaynağı dinamik olmalıdır. Bunun nedeni ise statik kesintisiz güç kaynaklarının önemli iki özelliğinin bulunmamasıdır. Öncelikle işletmede makinelerin girip çıkmaları durumunda oluşan yol alma akımlarını statik kesintisiz güç kaynaklarının karşılayamayacak olmasıdır. Bir diğeri de dinamik kesintisiz güç kaynaklarının bazı modellerinin statik kesintisiz güç kaynaklarına göre çok daha yüksek verimle çalışmalarıdır.

Yukarıda bahsedilen iki özelliğin dışında kısa süreli kesintilerde dahi olsa şebekenin devre dışı kalması durumuna karşılık kesintisiz güç kaynağının bir jeneratörle desteklenmesi gerekmektedir. Pratik kullanımda jeneratör gücü tayin edilirken kesintisiz güç kaynağı statik olursa iki katı, dinamik olursa 1,5 katı olarak kesintisiz güç kaynaklarının katları hesaplanır. Buradan da anlaşılacağı üzere statik kesintisiz güç kaynağı tercih edildiğinde generatör yatırım maliyetleri artacaktır.

Örnek işletmelere dönülecek olunursa, yukarıdaki dokuma işletmesi gücünü ve diğer yan işletmelerin güçleri göz önünde bulundurulursa buradan 1000 kVA lık bir değere ulaşılır. Bu güçteki bir dinamik kesintisiz güç kaynağının maliyeti yaklaşık 200000 USD dir. Bu güçteki bir güç kaynağı için gerekli olan generatör gücü 1500 kVA dır. Uzun süreli kesintiler için 1100 kVA lık bir cihaz seçileceği göz önüne alınır bu generatörün biraz büyütülmesi gerekecek ve bu da 40000 USD ilave yatırım gerektirecektir. Bu durumda böyle bir setin toplam yatırım maliyeti 380000 USD olacaktır. İkinci işletmenin yaklaşık bir yıllık ciro kaybına karşılayabilecek bir yatırımdır. Direkt maliyetlerle kendini 5 yılda amorti edebilecek bir sistemdir. Böyle

bir yatırımın birinci işletme için yapılmasının çok da gerekmediği görülmektedir. İkinci örnek işletme için karar ancak indirekt maliyetlerin işletmecilerin öngörebilmesi durumunda verilebilecektir.

#### **6.2.4. Harmoniklere karşı öneriler**

Harmoniklere karşılık harmonik filtreler kullanılabilir. Ya da imkan var ise makineler satın alınırken harmonik filtreleri üzerlerinde sipariş edilmelidir. DC invertörlü tel çekme makineleri bu şekilde sipariş edilerek harmonik bileşenlerden kurtulunabilmekte ve büyük güçlü bu makinelerin kompanzasyon ihtiyaçları da çözülebilmektedir. Tekstil sanayinde de aynısı uygulanabilir. Harmoniklerin işletme üzerinde çok yüksek maliyetleri olmamasına karşılık, kompanzasyon panosu alınırken bu özellik dahil alınırsa çok az bir maliyet karşılığı bu problemler çözüme kavuşturulabilecektir. Sistem de kurulum maliyetini en geç üç yıl içinde karşılayabilecektir.

Maliyet nedenleri göz önünde bulundurulmasa bile, yüksek harmonikler nedeniyle kondansatör patlaması, kontaktör kontaklarının erimesi ve buna bağlı kabloların yanma risklerine karşılık bu filtrelerin takılması aslında bir zorunluluktur.

## KAYNAKLAR

- [1] HENDERSON, R.D., ROSE, P.J., “Harmonics: the effects on power quality and transformers”, IEEE Trans. on industry applications, Vol.30, No.3, 1994.
- [2] GHOSE, T., GOSWAMI, S.K., “Effects of unbalances and harmonics on optimal capacitor placement in distribution system”, Electric power system research, Vol.68., 2004.
- [3] BARROS, J, Diego, R.I., “Effects of nonsinusoidal supply on voltage tolerance of equipment”, IEEE Power engineering review, July 2002.
- [4] WAGNER, V.E., “Effects of harmonics on equipment”, IEEE Trans. on power delivery, Vol.8, No.2, 1993.
- [5] SÖZEN, A, BAYRAK, M., YEĞİN, E.M., “Bir kağıt endüstrisinde enerji kalitesizliğinin maliyeti”, Enerji verimliliği ve kalitesi sempozyumu, Kocaeli, 2007.
- [6] BAUGHMAN, L.M., SIDDIKQI, S.N., ZARNIKAU, J.W., “Advanced pricing in electrical systems part I: theory”, IEEE Trans. on power systems, Vol.12, No.1, 1997.
- [7] BAUGHMAN, L.M., SIDDIKQI, S.N., ZARNIKAU, J.W., “Advanced pricing in electrical systems part II: implications”, IEEE Trans. on power systems, Vol.12, No.1, 1997.
- [8] SULLIVAN, M.J., VARDELL, T., “Interruption costs, customer satisfaction and expectations for service reliability” IEEE Trans. on power systems, Vol.11, No.2, 1996.
- [9] ABREU, J.P.G., EMANUEL, A.E., “Induction motor thermal aging caused by voltage distortion and imbalance: loss of useful life and its estimated cost”, IEEE Trans. on industry appl., Vol.38, No.1, 2002.
- [10] NOOIJ, M., KOOPMANS, C., BIJVOET, C., “The value of supply security the costs of power interruptions: Economic input for damage reduction and investment in Networks”, Energy economics, Elsevier, Vol.29, 2007.
- [11] WARREN C.A., et all., “Power quality at champion paper- the myth and the reality”, IEEE Trans. on power delivery, Vol.14, No.2, 1999.

- [12] SLAVICKAS, R.A., ALDEN, R.T.H., EL-KADY, M.A., “Managing customer and distribution utility costs”, IEEE Trans. on power delivery, Vol.14, No.1, 1999.
- [13] PILEGGI, D.J., GENTILE, T.J., EMANUEL, A.E., “Distribution feeders with nonlinear loads in the northeast U.S.A., part II – economic evaluation of harmonic effects”, IEEE Trans. on power delivery, Vol.10, No.1, 1995.
- [14] GRUPTA, C.P., MILANOVIC, J.V., AUNG, M.T., “The influence of process equipment composition on financial losses due to voltage sags”, 11th International conference on harmonics and quality of power, 2004.
- [15] KARUIKU, K.K., ALLAN, R.N., “Applications of customer outage costs in system planning, design and operation”, IEE Proc.-gener. transm. distrib. Vol.143, No.4, 1996.
- [16] LACOMMARE, K.H., ETO, J.H., “Cost of power interruptions to electricity consumers in the United States (US)”, Energy, Elsevier, Vol.31, 2006.
- [17] KOVAL, D.O., LEONARD, J., LICSKO, Z.J., “Power quality of small rural industries”, IEEE Trans. on industry applications, Vol.29, No.4, 1993.
- [18] KOVAL, D.O., CHANG, J.C., LEONARD, J., “Rural power quality”, IEEE Trans. on industry applications, Vol.28, No.4, 1992.
- [19] REID, W.E., “Power quality issues – standards and guidelines”, IEEE Trans. on industry applications Vol.32, No.3, 1996.
- [20] IEEE Std 1346-1998, “IEEE Recommended practice for evaluating electric powersystem compatibility with electronic process equipment”, 1998.
- [21] DAVIS, E.J., EMANUEL, A.E., PILEGGI, D.J., “ Evaluation of single-point measurements method for harmonic pollution cost allocation”, IEEE Trans. on power delivery, Vol.15, No.1, 2000.
- [22] DAVIS, E.J., EMANUEL, A.E., PILEGGI, D.J., “Harmonic pollution metering: theoretical considerations”, IEEE Trans. on power delivery, Vol.15, No.1, 2000.
- [23] GOMEZ, J.L.D., ENJETI, P.N., WOO, B.O., “Effect of voltage sags on adjustable-speed drives: a critical evaluation and an approach to improve performance”, IEEE Trans. on industry applications, Vol.35, No.6, 1999.
- [24] BARKER, P.P, et al., “Power quality monitoring of a distribution system”, IEEE Trans. on power delivery, Vol.9, No.2, 1994.
- [25] ELREDY, M.A., EL-SAADANY, E.F., SALAMA, M.M.A., “Optimum number and location of power quality monitors, “11th International conference on harmonics and quality of power, 2004.

- [26] BYMAN, B., YARBOROUGH, T., GORP, J.V., "Using distributed power quality monitoring for better electrical system management", IEEE Trans. on industry applications, Vol.36, No.5, 2000.
- [27] TSE, W.L., CHAN, W.L., "A novel voltage quality monitoring system", IEEE International conference on electric utility deregulation, restructuring and power Technologies, 2004.
- [28] SÖZEN A, BAYRAK M and YEĞİN EM, "Cost of Poor Energy Quality in a Paper Industry", (in Turkish), Energy Efficiency and Quality Symposium, Kocaeli, Turkey, 2007.
- [29] GRUPTA CP, MILANOVIC JV and AUNG MT, "The Influence of Process Equipment Composition on Financial Losses due to Voltage Sags", 11<sup>th</sup> International Conference on Harmonics and Quality of Power, 2004.
- [30] DAVIS EJ, EMANUEL AE and PILEGGI DJ, "Evaluation of Single-Point Measurements Method for Harmonic Pollution Cost Allocation" IEEE Trans. On Power Delivery, Vol.15, No.1, 2000.
- [31] NOOIJ M, KOOPMANS C, and BIJVOET C, "The Value of Supply Security the Costs of Power Interruptions: Economic Input for Damage Reduction and Investment in Networks", *Elsevier Energy Economics*, 2007.
- [32] KOÇYİĞİT F, YANIKOĞLU E, YILMAZ AS and BAYRAK M, "Energy Quality Measurements in a Textile Industry and the Cost of Poor Energy Quality for the Facility (in Turkish), Eleco Congress, Bursa, Turkey, 2008.
- [33] IEEE Std 1159.3, "Recommended Practice for the Transfer of Power Quality Data", IEEE Standards, IEEE Press, 2003.
- [34] IEEE Std 1159, "Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality", IEEE Standards, IEEE Press, 1995.
- [35] EN Std 50160, "Voltage Characteristics of Electricity Supplied by Public Distribution Systems" EN Standards, 1999.
- [36] ALKAN A, and YILMAZ AS, "Frequency Domain Analysis of Power Systems Transients using Welch and Yule Walker Ar Methods", *Energy Conversion and Management*, Vol.7, pp.2129-2135, 2006.
- [37] GAUDA AM, "Wavelet-Automated Recognition system for Power Quality Monitoring", Waterloo, Ontario, 2001
- [38] ROGER C. DUGAN, Mark F. MCGRANAGHAN, and HW BEATY, "Electric Power System Quality," McGraw-Hill 1996.

- [39] SULLIVAN MJ, VARDELL T, SUDDETH BN, VOJDANI A, "Interruption Costs, Customer Satisfaction and Expectations for Service Reliability", IEEE Transactions on Power Systems, 11 (2):989-995, (1996).
- [40] IEEE recommended practices for monitoring electric power quality, IEEE std. 1159-1995, New York: IEEE, 1995.
- [41] W. Edward REID, "Power Quality issues - Standards and Guidelines," IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 32, NOS, pp. 625-632, May-June 1996
- [42] KOÇYİĞİT F, YANIKOĞLU E, YILMAZ AS and BAYRAK M, "Effects of power quality on manufacturing costs in textile industry", Scientific Research and Essay Vol.4 (10), pp. 1085-1099, October 2009

## ÖZGEÇMİŞ

Feridun KOÇYİĞİT, 01.04.1969 da İstanbul' da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İzmit'te tamamladı. 1986 yılında İzmit Teknik Lisesi, Elektrik Bölümünden mezun oldu. 1986 yılında başladığı İTÜ Elektrik Mühendisliği bölümünü 1990 yılında bitirdi. 1995-1997 yılları arasında Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisans eğitimini, 2004 yılında aynı enstitüde Elektrik Mühendisliği bilim dalında doktora eğitimine başladı. 1990 yılından bu yana çeşitli şirketlerde mühendislik ve yöneticilik yaptı. Evli ve iki çocuk babasıdır.