

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ\*FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENDÜSTRİYEL TESİSLERDE HARMONİK SORUNLARI VE  
ÇÖZÜMLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Elk. Müh. İsmail Cem Özcan**

**Anabilim Dalı: Elektrik Mühendisliği**

**Danışman: Yrd.Doç.Dr. Nuran YÖRÜKEREN**

**KOCAELİ,2006**

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ\*FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENDÜSTRİYEL TESİSLERDE HARMONİK SORUNLARI VE  
ÇÖZÜMLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Elektrik Müh. İsmail Cem ÖZCAN**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 26 Mayıs 2006**

**Tezin Savunulduğu Tarih:**

**Tez Danışmanı**

**Yrd.Doc.Dr.**

**Nuran YÖRÜKEREN**

*(N.Yörükere)*

**Üye**

**Yrd.Doç.Dr.**

**Bora ALBOYACI**

*(B.Alboyacı)*

**Üye**

**Yrd.Doc.Dr.**

**Mehmet BAYRAK**

*(.....)  
M.bayrak*

**KOCAELİ,2006**

## **ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR**

“Endüstriyel Tesislerde Harmonik Sorunları Ve Çözümleri” konulu Yüksek Lisans Tez çalışmamda, ülkemizdeki çeşitli sektörlerdeki tesislerin sorunları ve bunlara yönelik araştırma ve çözümlerin neler olduğu örneklerle anlatılmıştır.

Bu tezin hazırlanmasında ve yönlendirilmesinde emeği geçen çok değerli hocam Yrd.Doç.Dr.Nuran YÖRÜKEREN’e , Yrd.Doç.Dr.Bora ALBOYACI’ya , Pesa Elektrik Malzemeleri San. Ve Tic.Ltd.Şti. Genel Müdürü Elk.Müh. Yavuz ŞERBETÇİ’ye , Pesa Elektrik Malzemeleri San. Ve Tic.Ltd.Şti.Müdürü Elektronik Öğr.Murat ŞERBETÇİ’ye , ARMES Mühendislik Endüstriyel Sistemler Ltd.’den Elk.Müh.Tarık ARIKDAL’a ve benden tezin hazırlanması süresince desteğini esirgemeyen canım babam Mak.Müh. Mustafa Çetin ÖZCAN’a , annem Meliha ÖZCAN’a ve kardeşim Zeynep Pelin ÖZCAN’a , ailemin tüm fertlerine ve arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Elk.Müh.İsmail Cem ÖZCAN

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
TABLolar DİZİNİ .....	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xviii
ÖZET .....	xix
ABSTRACT .....	xx
1.GİRİŞ .....	1
2. GÜÇ KALİTESİ VE GÜÇ KALİTESİNE İLİŞKİN PROBLEMLER .....	3
2.1.Geçici Olaylar .....	7
2.2.Darbesel Geçici Olaylar .....	7
2.3.Titreşimli Geçici Olaylar .....	8
2.4.Uzun Süreli Gerilim Değişimleri .....	9
2.5.Kısa Süreli Gerilim Değişimleri.....	10
2.6.Gerilim Dengesizliği .....	12
2.7.Dalga Şekli Bozulması.....	13
2.8.Gerilim Dalgalanmaları.....	15
2.9.Güç Frekansı Değişimi.....	15
2.10.Harmonikler .....	16
2.11.Harmonik Analiz Yöntemlerine Genel Bir Bakış .....	17
2.12. Harmonikler İle İlgili Genel Terimler .....	20
3. HARMONİK ANALİZİNE GİRİŞ.....	25
3.1. Fourier Analizi .....	27
3.1.1 Fourier analizi ve katsayıları .....	27
3.1.2 Tek simetri .....	29
3.1.3 Çift simetri .....	30
3.1.4 Yarı dalga simetrisi .....	30
4. HARMONİK ÜRETEN ELEMANLAR .....	33
4.1.Harmonik Kaynakları.....	33
4.1.1 Konverterler .....	35
4.1.2. Transformatörler .....	37
4.1.3 Jeneratörler .....	38
4.1.4 Ark fırınları .....	39
4.1.5 Gaz deşarj prensibi ile çalışan aydınlatma elemanları .....	40
4.1.6 Statik VAR kompanzatörler.....	41
4.1.7 Fotovoltaik sistemler .....	44
4.1.8 Bilgisayarlar .....	44
4.1.9 Elektronik balastlar .....	44

5.HARMONİKLERİN TEMEL ZARARLI ETKİLERİ .....	45
5.1 Transformatörler Üzerindeki Etkiler.....	46
5.2. Döner Makineler Üzerindeki Etkiler.....	48
5.3. Generatörler Ve Şebeke Gerilimi Üzerindeki Etkiler.....	48
5.4. Gerilim Düşümünün Artması Ve Fliker Olayı.....	49
5.5. Kondansatör Üniteleri Üzerindeki Etkiler .....	49
5.6. İletim Sistemlerinde Harmoniklerin Etkileri.....	52
5.7. İletkenler Üzerindeki Etkiler.....	53
5.8. Yalıtıma Olan Etkiler .....	53
5.9. Anahtarlama Elemanları Üzerindeki Etkiler.....	54
5.10. Sigortalar Üzerindeki Etkiler .....	54
5.11. Koruma Röleleri Üzerindeki Etkiler .....	55
5.12. Ölçme Aygıtları Üzerindeki Etkileri.....	55
5.13. Kontrol Aygıtları Üzerindeki Etkileri.....	57
5.14. İletişim Hatları Üzerindeki Etkiler.....	57
5.15. Aydınlatma Aygıtları Üzerindeki Etkiler.....	57
6. ULUSAL VE YEREL STANDARTLAR .....	58
6.1. Giriş.....	58
6.2. Harmonik Bozulmaların Sınırlandırılma Amacı ve Ulusal Harmonik Standartlar .....	60
7. HARMONİKLERİN ÖLÇÜLMESİ VE MODELLENMESİ .....	71
7.1. Eğri Uydurma Yöntemlerinden En Küçük Kareler Metodu .....	71
7.1.1. En küçük kareler metodu .....	72
7.1.2. Polinomların en küçük kareler yöntemine uygulanması.....	73
7.1.3. (m.) dereceden polinomlarda en küçük kareler yöntemi.....	74
7.2. Elde Edilen Veriler Yardımıyla Matlab'te Grafik Oluşturulması.....	75
7.2.1. Verilerin bilgisayara yüklenmesi ve grafik oluşturulması .....	75
7.2.2. Oluşturulan grafiklere karşılık gelen denklemlerin belirlenmesi.....	77
8. TÜRKİYE'DE FAALİYET GÖSTEREN 3 FARKLI SEKTÖRE İLİŞKİN HARMONİK SORUNLARI , SORUNLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE YAPILAN UYGULAMALAR.....	80
8.1. Giriş.....	80
8.2. Tekstil Sektörü .....	83
8.2.1. İndigo Kilim Tekstil Sanayi ve Tic.Ltd.Şti ( 1600kVA ) .....	83
8.2.1.1. Fabrika hakkında genel bilgi.....	83
8.2.1.2. İndigo Kilim Tekstil Sanayi ve Tic.Ltd.Şti'ye ait grafikler .....	85
8.2.1.3. L1 fazına ait yorumlar .....	88
8.2.1.4. L2 fazına ait yorumlar .....	90
8.2.1.5. L3 fazına ait yorumlar .....	92
8.2.2. Tekboy Tekstil ve Boyama Sanayi ve Tic.Ltd.Şti ( 1600kVA ).....	95
8.2.2.1. Fabrika hakkında genel bilgi .....	95
8.2.2.2 Tekboy Tekstil ve Boyama Sanayi ve Tic.Ltd.Şti'ye ait grafikler .....	97
8.2.2.3. L1 fazına ait yorumlar .....	100
8.2.2.4. L2 fazına ait yorumlar .....	102
8.2.2.5. L3 fazına Ait Yorumlar .....	104
8.2.3. Caan Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş. ( 1600kVA ).....	107
8.2.3.1. Fabrika hakkında genel bilgi.....	107

8.2.3.2. Caan Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş. 'ye ait grafikler .....	109
8.2.3.3. L1 fazına ait yorumlar .....	112
8.2.3.4. L2 fazına ait yorumlar .....	114
8.2.3.5. L3 fazına ait yorumlar .....	116
8.2.4. İnterçağla Tekstil Sanayi ve Ticaret Ltd.Şti ( 800kVA ) .....	119
8.2.4.1. Fabrika hakkında genel bilgi .....	119
8.2.4.2. İnterçağla Tekstil Sanayi ve Ticaret Ltd.Şti'ne ait ölçümler .....	121
8.2.4.3. L1 fazına ait yorumlar .....	124
8.2.4.4. L2 fazına ait yorumlar .....	126
8.2.4.5. L3 fazına ait yorumlar .....	129
8.2.5. CHT Tekstil Kimya A.Ş. ( 400kVA ) .....	132
8.2.5.1. Fabrika hakkında genel bilgi .....	132
8.2.5.2. CHT Tekstil Kimya A.Ş. 'ye ait ölçümler .....	134
8.2.5.3. L1 fazına ait yorumlar .....	137
8.2.5.4. L2 fazına ait yorumlar .....	139
8.2.5.5. L3 fazına ait yorumlar .....	142
8.3. Matbaa Sektörü .....	144
8.3.1. Boyut Reklamcılık – Matbaacılık Dış Tic.Ltd.Şti ( 300kW ) .....	144
8.3.1.1. Fabrika hakkında genel bilgi .....	144
8.3.1.2. Boyut Reklamcılık – Matbaacılık Dış Tic. Ltd. Şti. 'ye ait grafikler .....	146
8.3.1.3. L1 fazına ait yorumlar .....	149
8.3.1.4. L2 fazına ait yorumlar .....	151
8.3.1.5. L3 fazına ait yorumlar .....	152
8.3.2. BVD Etiket Tic.Ltd.Şti ( 300kW ) .....	156
8.3.2.1. Fabrika hakkında genel bilgi .....	156
8.3.2.2. BVD Etiket Tic. Ltd. Şti'ye ait ölçümler .....	158
8.3.2.3. L1 fazına ait yorumlar .....	161
8.3.2.4. L2 fazına ait yorumlar .....	163
8.3.2.5. L3 fazına ait yorumlar .....	165
8.3.3. Oluşur Grafik San Tic. Ltd. Şti ( 300kW ) .....	168
8.3.3.1. Fabrika hakkında genel bilgi .....	168
8.3.3.2. Oluşur Grafik ve Sanayi Ltd. Şti'ye ait ölçümler .....	170
8.3.3.3. L1 fazına ait yorumlar .....	173
8.3.3.4. L2 fazına ait yorumlar .....	175
8.3.3.5. L3 fazına ait yorumlar .....	177
8.3.4. Sinangin Matbaacılık ve Ambalaj San. Ve Tic.Ltd.Şti ( 265kW ) .....	180
8.3.4.1. Fabrika hakkında genel bilgi .....	180
8.3.4.2. Sinangin Matbaacılık ve Ambalaj San. ve Tic. Ltd. Şti'ye ait grafikler .....	182
8.3.4.3. L1 fazına ait yorumlar .....	185
8.3.4.4. L2 fazına ait yorumlar .....	187
8.3.4.5. L3 fazına ait yorumlar .....	189
8.3.5. Graphis Matbaacılık Ltd.Şti ( 200kW ) .....	192
8.3.5.1. Fabrika hakkında genel bilgi .....	192
8.3.5.2. Graphis Matbaacılık Ltd.Şti'ye ait ölçümler .....	194
8.3.5.3. L1 fazına ait yorumlar .....	197
8.3.5.4. L2 fazına ait yorumlar .....	199
8.3.5.5. L3 fazına ait yorumlar .....	201
8.4. Metal İşleme ve İstifleme Sektörü .....	204
8.4.1. Parsat Piston Dağıtım Tic. San. A.Ş. ( 2000kVA ) .....	204

8.4.1.1. Fabrika hakkında genel bilgi.....	204
8.4.1.2. Parsat Piston Dağıtım San.Tic.A.Ş. 'ye ait ölçümler .....	206
8.4.1.3. L1 fazına ait yorumlar.....	209
8.4.1.4. L2 fazına ait yorumlar.....	211
8.4.1.5. L3 fazına ait yorumlar.....	213
8.4.2. Astaş Aliminyum San. ve Tic.A.Ş. ....	216
8.4.2.1. Fabrika hakkında genel bilgi.....	216
8.4.2.2. Astaş Aliminyum Profil Kısmı'na ait ölçümler ( 1600kVA ).....	218
8.4.2.3. L1 fazına ait yorumlar.....	221
8.4.2.4. L2 fazına ait yorumlar.....	223
8.4.2.5. L3 fazına ait yorumlar.....	225
8.4.2.6. Astaş Aliminyum Eloksal Kısmı'na ait ölçümler ( 1250kVA ).....	229
8.4.2.7. L1 fazına ait yorumlar.....	232
8.4.2.8. L2 fazına ait yorumlar.....	234
8.4.2.9. L3 fazına ait yorumlar.....	236
8.4.3. Yasan Yassı Metal San.Tic.A.Ş. (1000kVA).....	239
8.4.3.1. Fabrika hakkında genel bilgi.....	239
8.4.3.2. Yasan Yassı Metal San.Tic.A.Ş. 'ye ait ölçümler.....	241
8.4.3.3. L1 fazına ait yorumlar.....	244
8.4.3.4. L2 fazına ait yorumlar.....	246
8.4.3.5. L3 fazına ait yorumlar.....	248
8.4.4. Göktaş Yassı Hadde Mamulleri San. ve Tic. A.Ş. ( 1000kVA ).....	251
8.4.4.1. Fabrika Hakkında Genel Bilgi .....	251
8.4.4.2. Göktaş Yassı Hadde Mamulleri San. ve Tic. A.Ş. 'ye ait ölçümler.....	253
8.4.4.3. L1 fazına ait yorumlar.....	256
8.4.4.4. L2 fazına ait yorumlar.....	258
8.4.4.5. L3 fazına ait yorumlar.....	260
8.4.5. Halex Extrüsiyon Kalıp San. Tic. Ltd. Şti ( 630kVA ).....	263
8.4.5.1. Fabrika hakkında genel bilgi.....	263
8.4.5.2. Halex Ekstürsiyon Kalıp San. Tic. Ltd. Şti'ye ait ölçümler.....	265
8.4.5.3. L1 fazına ait yorumlar.....	268
8.4.5.4. L2 fazına ait yorumlar.....	270
8.4.5.5. L3 fazına ait yorumlar.....	272
9.SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	275
KAYNAKLAR .....	280
EK- A .....	281
ÖZGEÇMİŞ .....	282

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.: Yıldırım darbesi akımı darbesel geçici olayı .....	8
Şekil 2.2.: Ard arda kapasitör anahtarlanmasıyla oluşan titreşimli geçici olay akımı .	8
Şekil 2.3.: Bir arıza ve tekrar kapama işleminden dolayı anlık kesintinin oluşumu..	10
Şekil 2.4.: Tipik bir gerilim azalması-salınımı .....	11
Şekil 2.5.: Bir tek faz toprak hatasından kaynaklanan ani gerilim artışı.....	12
Şekil 2.6.: Kaynak sistemi dengesizken üç faz diyot doğrultucuların hat akım dalga biçimleri .....	13
Şekil 2.7.: Ark fırınının çalışmasıyla oluşan bir gerilim titreşimi örneği .....	15
Şekil 2.8.: Bozuk akım dalga şekli.....	17
Şekil 3.2.: Testere dişi dalga fonksiyonu .....	30
Şekil 3.2.a.: Sin. ve cos. Terimleri içeren testere dişi dalga .....	30
Şekil 3.2.b.: Sadece sin. terimleri içeren testere dişi dalga.....	30
Şekil 3.3.: Tek fonksiyonlu kare dalganın sabit terimi .....	31
Şekil 3.4.: Bir kare dalganın hat spektrumu gösterilişi .....	32
Şekil 4.1.: Harmonik üreten elemanlar .....	34
Şekil 4.2.: Üç fazlı 6-darbeleri konverter.....	36
Şekil 4.2.a.: Bağlantı şeması .....	36
Şekil 4.2.b.: Transformatörün yıldız/yıldız bağlı olması hali için hat akımı .....	36
Şekil 4.2.c.: Transformatörün yıldız/üçgen bağlı olması hali için hat akımı .....	36
Şekil 4.4.: Tristör kontrollü reaktörün.....	42
Şekil 4.4.a.: Temel elemanları.....	42
Şekil 4.4.b.: Gerilim ve dalga akım şekli .....	42
Şekil 4.5.: TKR’de harmonik akınların maksimum genlikleri.....	43
Şekil 4.6.: Fotovoltaik enerji üretimi blok şeması .....	44
Şekil 5.1. Temel frekans geriliminde, izin verilen maksimum harmonik akımı.....	51
Şekil 7.1.: Import data komutunun kullanımı .....	76
Şekil 7.2.: Import Wizard menü ekranı .....	76
Şekil 7.3.: Oluşur Matbaa’ya ait IL1mom-KFUL1 grafiği.....	77
Şekil 7.4.: Yük akımına bağlı toplam gerilim harmonik distorsiyonu.....	78
Şekil 7.5.: Basic fitting komutu .....	78
Şekil 7.6.: Basic fitting ana menüsü.....	79
Şekil 7.7.: Belirlenen denklem formu , denklem, katsayıları ve görünüşü .....	79
Şekil 8.1.: İndigo Kilim Tekstil’e ait tek hat şeması.....	84
Şekil 8.2.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi .....	85
Şekil 8.3.: Toplam Akım Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi .....	85
Şekil 8.4.: 3. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi .....	85
Şekil 8.5.: 3. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi .....	85
Şekil 8.6.: 5. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi .....	86
Şekil 8.7.: 5. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.....	86



Şekil 8.8.: 7. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi .....	86
Şekil 8.9.: 7. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.....	86
Şekil 8.10.: 9. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi....	86
Şekil 8.11.: 9. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.....	86
Şekil 8.12.: 11. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi..	87
Şekil 8.13.: 11. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.....	87
Şekil 8.14.: 13. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi..	87
Şekil 8.15.: 13. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.....	87
Şekil 8.16.: 15. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi..	87
Şekil 8.17.: 15. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.....	87
Şekil 8.18.: 17. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi..	88
Şekil 8.19.: 17. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.....	88
Şekil 8.20.: 19. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi..	88
Şekil 8.21.: 19. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.....	88
Şekil 8.22.: Tekboy Tekstil'e ait tek hat şeması .....	96
Şekil 8.22.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.....	97
Şekil 8.23.: Toplam Akım Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.....	97
Şekil 8.25.: 3. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi....	97
Şekil 8.26.: 3. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.....	97
Şekil 8.27.: 5. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi....	98
Şekil 8.28.: 5. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.....	98
Şekil 8.29.: 7. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi....	98
Şekil 8.30.: 7. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.....	98
Şekil 8.31.: 9. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi....	98
Şekil 8.32.: 9. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.....	98
Şekil 8.33.: 11. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi..	99
Şekil 8.34.: 11. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.....	99
Şekil 8.35.: 13. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi..	99
Şekil 8.36.: 13. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.....	99
Şekil 8.37.: 15. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi..	99
Şekil 8.38.: 15. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.....	99
Şekil 8.39.: 17. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	100
Şekil 8.40.: 17. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	100
Şekil 8.41.: 19. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	100
Şekil 8.42.: 19. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	100
Şekil 8.43.: Caan Tekstil'e ait tek hat şeması .....	108
Şekil 8.44.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.....	109
Şekil 8.45.: Toplam Akım Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.....	109
Şekil 8.46.: 3. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi..	109
Şekil 8.47.: 3. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.....	109
Şekil 8.48.: 5. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi..	110
Şekil 8.49.: 5. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.....	110
Şekil 8.50.: 7. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi..	110
Şekil 8.51.: 7. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.....	110
Şekil 8.52.: 9. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi..	110

Şekil 8.53.: 9. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.....	110
Şekil 8.54.: 11. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	111
Şekil 8.55.: 11. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	111
Şekil 8.56.: 13. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	111
Şekil 8.57.: 13. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	111
Şekil 8.58.: 15. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	111
Şekil 8.59.: 15. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	111
Şekil 8.60.: 17. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	112
Şekil 8.61.: 17. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	112
Şekil 8.62.: 19. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	112
Şekil 8.63.: 19. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	112
Şekil 8.64.: İnterçağla Tekstil'e ait tek hat şeması .....	120
Şekil 8.65.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi .....	121
Şekil 8.66.: Toplam Akım Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi .....	121
Şekil 8.67.: 3. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi..	121
Şekil 8.68.: 3. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.....	121
Şekil 8.69.: 5. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi..	122
Şekil 8.70.: 5. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.....	122
Şekil 8.71.: 7. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi..	122
Şekil 8.72.: 7. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.....	122
Şekil 8.73.: 9. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi..	122
Şekil 8.74.: 9. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.....	122
Şekil 8.75.: 11. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	123
Şekil 8.76.: 11. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	123
Şekil 8.77.: 13. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	123
Şekil 8.78.: 13. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	123
Şekil 8.79.: 15. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	123
Şekil 8.80.: 15. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	123
Şekil 8.81.: 17. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	124
Şekil 8.82.: 17. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	124
Şekil 8.83.: 19. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	124
Şekil 8.84.: 19. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	124
Şekil 8.85.: CHT Tekstil'e ait tek hat şeması.....	133
Şekil 8.86.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi .....	134
Şekil 8.87.: Toplam Akım Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi .....	134
Şekil 8.88.: 3. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi..	134
Şekil 8.89.: 3. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.....	134
Şekil 8.90.: 5. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi..	135
Şekil 8.91.: 5. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.....	135
Şekil 8.92.: 7. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi..	135
Şekil 8.93.: 7. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.....	135
Şekil 8.94.: 9. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi..	135
Şekil 8.95.: 9. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.....	135
Şekil 8.96.: 11. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	136
Şekil 8.97.: 11. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	136

Şekil 8.98.: 13. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	136
Şekil 8.99.: 13. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	136
Şekil 8.100.: 15. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	136
.....	136
Şekil 8.101.: 15. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	136
Şekil 8.102.: 17. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	137
.....	137
Şekil 8.103.: 17. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	137
Şekil 8.104.: 19. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	137
.....	137
Şekil 8.105.: 19. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	137
Şekil 8.106.: Boyut Matbaa'ya ait tek hat şeması.....	145
Şekil 8.107.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	146
.....	146
Şekil 8.108.: Toplam Akım Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	146
.....	146
Şekil 8.109.: 3. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	146
Şekil 8.110.: 3. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	146
Şekil 8.111.: 5. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	147
Şekil 8.112.: 5. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	147
Şekil 8.113.: 7. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	147
Şekil 8.114.: 7. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	147
Şekil 8.115.: 9. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	147
Şekil 8.116.: 9. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	147
Şekil 8.117.: 11. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	148
.....	148
Şekil 8.118.: 11. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	148
Şekil 8.119.: 13. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	148
.....	148
Şekil 8.120.: 13. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	148
Şekil 8.121.: 15. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	148
.....	148
Şekil 8.122.: 15. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	148
Şekil 8.123.: 17. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	149
.....	149
Şekil 8.124.: 17. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	149
Şekil 8.125.: 19. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	149
.....	149
Şekil 8.126.: 19. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	149
Şekil 8.127.: BVD Matbaa'ya ait tek hat şeması bağlı olan değişimi.....	157
Şekil 8.128.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	158
.....	158
Şekil 8.129.: Toplam Akım Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	158
.....	158
Şekil 8.130.: 3. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	158
Şekil 8.131.: 3. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	158
Şekil 8.132.: 5. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	159
Şekil 8.133.: 5. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	159
Şekil 8.134.: 7. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	159

Şekil 8.135.: 7. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	159
Şekil 8.136.: 9. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	159
Şekil 8.137.: 9. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	159
Şekil 8.138.: 11. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	160
.....	160
Şekil 8.139.: 11. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	160
Şekil 8.140.: 13. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	160
.....	160
Şekil 8.141.: 13. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	160
Şekil 8.142.: 15. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	160
.....	160
Şekil 8.143.: 15. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	160
Şekil 8.144.: 17. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	161
.....	161
Şekil 8.145.: 17. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	161
Şekil 8.146.: 19. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	161
.....	161
Şekil 8.147.: 19. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	161
Şekil 8.148.: Oluşur Matbaa'ya ait tek hat şeması bağlı olan değişimi .....	169
Şekil 8.149.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.....	170
Şekil 8.150.: Toplam Akım Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.....	170
Şekil 8.151.: 3. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	170
Şekil 8.152.: 3. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	170
Şekil 8.153.: 5. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	171
Şekil 8.154.: 5. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	171
Şekil 8.155.: 7. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	171
Şekil 8.156.: 7. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	171
Şekil 8.157.: 9. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	171
Şekil 8.158.: 9. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	171
Şekil 8.159.: 11. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	172
.....	172
Şekil 8.160.: 11. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	172
Şekil 8.161.: 13. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	172
.....	172
Şekil 8.162.: 13. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	172
Şekil 8.163.: 15. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	172
.....	172
Şekil 8.164.: 15. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	172
Şekil 8.165.: 17. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	173
.....	173
Şekil 8.166.: 17. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	173
Şekil 8.167.: 19. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	173
.....	173
Şekil 8.168.: 19. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	173
Şekil 8.169.: Sinangin Matbaa'ya ait tek hat şeması bağlı olan değişimi.....	181
Şekil 8.170.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.....	182

Şekil 8.171.: Toplam AkımHarmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi .....	182
Şekil 8.172.: 3. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	182
Şekil 8.173.: 3. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	182
Şekil 8.174.: 5. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	183
Şekil 8.175.: 5. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	183
Şekil 8.176.: 7. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	183
Şekil 8.177.: 7. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	183
Şekil 8.178.: 9. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	183
Şekil 8.179.: 9. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	183
Şekil 8.180.: 11. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi .....	184
Şekil 8.181.: 11. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	184
Şekil 8.182.: 13. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi .....	184
Şekil 8.183.: 13. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	184
Şekil 8.184.: 15. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi .....	184
Şekil 8.185.: 15. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	184
Şekil 8.186.: 17. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi .....	185
Şekil 8.187.: 17. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	185
Şekil 8.188.: 19. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi .....	185
Şekil 8.189.: 19. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	185
Şekil 8.190.: Graphis Matbaa'ya ait tek hat şeması bağlı olan değişimi .....	191
Şekil 8.191.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi .....	192
Şekil 8.192.: Toplam Akım Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi .....	192
Şekil 8.193.: 3. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	192
Şekil 8.194.: 3. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	192
Şekil 8.195.: 5. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	193
Şekil 8.196.: 5. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	193
Şekil 8.197.: 7. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	193
Şekil 8.198.: 7. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	193
Şekil 8.199.: 9. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	193
Şekil 8.200.: 9. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	193
Şekil 8.201.: 11. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi .....	194
Şekil 8.202.: 11. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	194
Şekil 8.203.: 13. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi .....	194
Şekil 8.204.: 13. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	194
Şekil 8.205.: 15. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi .....	194
Şekil 8.206.: 15. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	194
Şekil 8.207.: 17. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi .....	195

Şekil 8.208.: 17. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	195
Şekil 8.209.: 19. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	195
.....	195
Şekil 8.210.: 19. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	195
Şekil 8.211.: Parsat Piston'a ait tek hat şeması bağlı olan değişimi	203
Şekil 8.212.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	204
Şekil 8.213.: Toplam Akım Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	204
Şekil 8.214.: 3. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	204
Şekil 8.215.: 3. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	204
Şekil 8.216.: 5. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	205
Şekil 8.217.: 5. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	205
Şekil 8.218.: 7. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	205
Şekil 8.219.: 7. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	205
Şekil 8.220.: 9. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	205
Şekil 8.221.: 9. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	205
Şekil 8.222.: 11. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	206
.....	206
Şekil 8.223.: 11. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	206
Şekil 8.224.: 13. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	206
.....	206
Şekil 8.225.: 13. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	206
Şekil 8.226.: 15. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	206
.....	206
Şekil 8.227.: 15. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	206
Şekil 8.228.: 17. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	207
.....	207
Şekil 8.229.: 17. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	207
Şekil 8.230.: 19. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	207
.....	207
Şekil 8.231.: 19. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	207
Şekil 8.232.: Astaş Alüminyum profil bölümüne ait tek hat şeması bağlı olan değişimi	217
.....	217
Şekil 8.233.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	218
Şekil 8.234.: Toplam Akım Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	218
Şekil 8.235.: 3. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	218
Şekil 8.236.: 3. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	218
Şekil 8.237.: 5. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	219
Şekil 8.238.: 5. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	219
Şekil 8.239.: 7. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	219
Şekil 8.240.: 7. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	219
Şekil 8.241.: 9. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	219
Şekil 8.242.: 9. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	219
Şekil 8.243.: 11. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	220
.....	220
Şekil 8.244.: 11. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	220

Şekil 8.245.: 13. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	220
Şekil 8.246.: 13. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	220
Şekil 8.247.: 15. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	220
Şekil 8.248.: 15. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	220
Şekil 8.249.: 17. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	221
Şekil 8.250.: 17. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	221
Şekil 8.251.: 19. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	221
Şekil 8.252.: 19. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	221
Şekil 8.253.: Astaş Alüminyum eloksal bölümüne ait tek hat şeması bağlı olan değişimi	228
Şekil 8.254.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	229
Şekil 8.255.: Toplam Akım Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	229
Şekil 8.256.: 3. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	229
Şekil 8.257.: 3. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	229
Şekil 8.258.: 5. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	230
Şekil 8.259.: 5. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	230
Şekil 8.260.: 7. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	230
Şekil 8.261.: 7. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	230
Şekil 8.262.: 9. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	230
Şekil 8.263.: 9. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	230
Şekil 8.264.: 11. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	231
Şekil 8.265.: 11. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	231
Şekil 8.266.: 13. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	231
Şekil 8.267.: 13. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	231
Şekil 8.268.: 15. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	231
Şekil 8.269.: 15. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	231
Şekil 8.270.: 17. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	232
Şekil 8.271.: 17. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	232
Şekil 8.272.: 19. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	232
Şekil 8.273.: 19. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	232
Şekil 8.274.: Yasan'a ait tek hat şeması bağlı olan değişimi	240
Şekil 8.275.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	241
Şekil 8.276.: Toplam Akım Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	241
Şekil 8.277.: 3. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	241
Şekil 8.278.: 3. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	241
Şekil 8.279.: 5. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	242

Şekil 8.280.: 5. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	242
Şekil 8.281.: 7. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	242
Şekil 8.282.: 7. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	242
Şekil 8.283.: 9. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	242
Şekil 8.284.: 9. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	242
Şekil 8.285.: 11. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	243
Şekil 8.286.: 11. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	243
Şekil 8.287.: 13. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	243
Şekil 8.288.: 13. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	243
Şekil 8.289.: 15. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	243
Şekil 8.290.: 15. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	243
Şekil 8.291.: 17. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	244
Şekil 8.292.: 17. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	244
Şekil 8.293.: 19. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	244
Şekil 8.294.: 19. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	244
Şekil 8.295.: Göktaş'a ait tek şeması bağlı olan değişimi	252
Şekil 8.296.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	253
Şekil 8.297.: Toplam Akım Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	253
Şekil 8.298.: 3. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	253
Şekil 8.299.: 3. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	253
Şekil 8.300.: 5. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	254
Şekil 8.301.: 5. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	254
Şekil 8.302.: 7. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	254
Şekil 8.303.: 7. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	254
Şekil 8.304.: 9. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	254
Şekil 8.305.: 9. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi...	254
Şekil 8.306.: 11. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	255
Şekil 8.307.: 11. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	255
Şekil 8.308.: 13. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	255
Şekil 8.309.: 13. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	255
Şekil 8.310.: 15. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	255
Şekil 8.311.: 15. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	255
Şekil 8.312.: 17. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	256
Şekil 8.313.: 17. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	256
Şekil 8.314.: 19. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	256
Şekil 8.315.: 19. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	256
Şekil 8.316.: Halex Aliminyum'a ait tek şeması bağlı olan değişimi	264



Şekil 8.317.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi .....	265
Şekil 8.318.: Toplam Akım Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi .....	265
Şekil 8.319.: 3. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	265
Şekil 8.320.: 3. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi ...	265
Şekil 8.321.: 5. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	266
Şekil 8.322.: 5. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi ...	266
Şekil 8.323.: 7. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	266
Şekil 8.324.: 7. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi ...	266
Şekil 8.325.: 9. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi	266
Şekil 8.326.: 9. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi ...	266
Şekil 8.327.: 11. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi .....	267
Şekil 8.328.: 11. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	267
Şekil 8.329.: 13. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi .....	267
Şekil 8.330.: 13. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	267
Şekil 8.331.: 15. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi .....	267
Şekil 8.332.: 15. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	267
Şekil 8.333.: 17. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi .....	268
Şekil 8.334.: 17. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	268
Şekil 8.335.: 19. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi .....	268
Şekil 8.336.: 19. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi.	268

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1: Güç sistemi elektromanyetik olay karakteristikleri ve kategorileri.....	6
Tablo 2.2: Çeşitli simetri durumlarında Fourier katsayıları.....	19
Tablo 4.1: Manyetik balastlı bir floresant lamba akımının harmonik spektrumu....	41
Tablo 5.1: Generatörler için negatif sıralı akün sınırlamaları.....	49
Tablo 5.2: Kıyılmış bir sinüs dalgasının farklı ateşleme açılarında bozunum ve tepe faktörleri.....	56
Tablo 6.1. Gerilim için THD sınırları.....	58
Tablo 6.2. Bazı ülkelerin kabul ettiği harmonik sınırları.....	60
Tablo 6.3. Bağlantı noktasındaki toplam yük akımı temel bileşeninin yüzdesi olarak maksimum harmonik akım sınırları.....	61
Tablo 6.3. (Devam) Bağlantı noktasındaki toplam yük akımı yüzdesi olarak maksimum harmonik akım sınırları.....	62
Tablo 6.4. Kabul edilebilir gerilim harmonik sınırları.....	63
Tablo 6.5: 380kV iletim sisteminde kabul edilebilir harmonik gerilim seviyeleri ....	64
Tablo 6.6: 20-154kV arası iletim sisteminde kabul edilebilir harmonik gerilim seviyeleri.....	64
Tablo 6.7: izin verilen azami Fliker Şiddeti.....	65
Tablo 6.8: Konutlarla ilgili gerilim şebekelerinde IEC 61000-2-2 gerilim harmonik distorsiyon limitleri.....	65
Tablo 6.9: Endüstriyel santraller için IEC 61000-2-4 gerilim harmonik distorsiyon limitleri.....	66
Tablo 6.10: Endüstriyel santraller için IEC 61000-2-4 gerilim harmonik distorsiyon limitleri.....	66
Tablo 6.11 Konutlarla ilgili (a) alçak ve (b) orta gerilim şebekeleri için EN 50160 harmonik distorsiyon limitleri.....	67
Tablo 6.12 D sınıfı donanım için IEC 61000-3-2'e göre izin verilen maksimum harmonik akımları.....	68
Tablo 6.13: IEEE'nin Gerilim için Harmonik Distorsiyon Sınırları.....	69
Tablo 6.14: IEEE'nin genel dağıtım sistemlerine ait akım için harmonik distorsiyon sınırları.....	70
Tablo 8.1: Kilim Tekstil L1 fazı yükleme cetveli.....	90
Tablo 8.2: Kilim Tekstil L2 fazı yükleme cetveli.....	92
Tablo 8.3: Kilim Tekstil L3 fazı yükleme cetveli.....	94
Tablo 8.4: Tekboy Tekstil L1 fazı yükleme cetveli.....	102
Tablo 8.5.: Tekboy Tekstil L2 fazı yükleme cetveli.....	104
Tablo 8.6.: Tekboy Tekstil L3 fazı yükleme cetveli.....	106
Tablo 8.7.: Caan Tekstil L1 fazı yükleme cetveli.....	114
Tablo 8.8: Caan Tekstil L2 fazı yükleme cetveli.....	116
Tablo 8.9.: Caan Tekstil L3 fazı yükleme cetveli.....	118
Tablo 8.10.: İnterçağla Tekstil L1 fazı yükleme cetveli.....	126
Tablo 8.11.: İnterçağla Tekstil L2 fazı yükleme cetveli.....	128
Tablo 8.12.: İnterçağla Tekstil L3 fazı yükleme cetveli.....	131
Tablo 8.13: CHT Tekstil L1 fazı yükleme cetveli.....	139

Tablo 8.14.: CHT Tekstil L2 fazı yükleme cetveli .....	141
Tablo 8.15.: CHT Tekstil L3 fazı yükleme cetveli .....	143
Tablo 8.16.: Boyut Matbaa L1 fazı yükleme cetveli.....	151
Tablo 8.17.: Boyut Matbaa L2 fazı yükleme cetveli.....	153
Tablo 8.18.: Boyut Matbaa L3 fazı yükleme cetveli.....	155
Tablo 8.19.: BVD Matbaa L1 fazı yükleme cetveli.....	163
Tablo 8.20.: BVD Matbaa L2 fazı yükleme cetveli.....	165
Tablo 8.21.: BVD Matbaa L3 fazı yükleme cetveli.....	167
Tablo 8.22.: Oluşur Matbaa L1 fazı yükleme cetveli.....	175
Tablo 8.23.: Oluşur Matbaa L2 fazı yükleme cetveli.....	177
Tablo 8.24.: Oluşur Matbaa L3 fazı yükleme cetveli.....	179
Tablo 8.25.: Sinangin Matbaa L1 fazı yükleme cetveli.....	187
Tablo 8.26.: Sinangin Matbaa L2 fazı yükleme cetveli.....	189
Tablo 8.27.: Sinangin Matbaa L3 fazı yükleme cetveli.....	191
Tablo 8.28.: Graphis Matbaa L1 fazı yükleme cetveli.....	199
Tablo 8.29.: Graphis Matbaa L2 fazı yükleme cetveli.....	201
Tablo 8.30.: Sinangin Matbaa L3 fazı yükleme cetveli.....	203
Tablo 8.31.: Parsat Piston L1 fazı yükleme cetveli.....	211
Tablo 8.32.: Parsat Pistaon L2 fazı yükleme cetveli.....	213
Tablo 8.33.: Parsat Piston L3 fazı yükleme cetveli.....	215
Tablo 8.34.: Astaş Profil L1 fazı yükleme cetveli.....	223
Tablo 8.35.: Astaş Profil L2 fazı yükleme cetveli.....	225
Tablo 8.36.: Astaş Profil L3 fazı yükleme cetveli.....	227
Tablo 8.37.: Astaş Eloksal L1 fazı yükleme cetveli.....	234
Tablo 8.38.: Astaş Eloksal L2 fazı yükleme cetveli.....	236
Tablo 8.39.: Astaş Eloksal L3 fazı yükleme cetveli.....	238
Tablo 8.40.: Yasan Yassı Hadde L1 fazı yükleme cetveli.....	246
Tablo 8.41.: Yasan Yassı Hadde L2 fazı yükleme cetveli.....	248
Tablo 8.42.: Yasan Yassı Hadde L3 fazı yükleme cetveli.....	250
Tablo 8.43.: Göktaş Yassı Hadde L1 fazı yükleme cetveli.....	258
Tablo 8.44.: Göktaş Yassı Hadde L2 fazı yükleme cetveli.....	260
Tablo 8.45.: Göktaş Yassı Hadde L3 fazı yükleme cetveli.....	262
Tablo 8.46.: Halex Aliminyum L1 fazı yükleme cetveli.....	270
Tablo 8.47.: Halex Aliminyum L2 fazı yükleme cetveli.....	272
Tablo 8.48.: Halex Aliminyum L3 fazı yükleme cetveli.....	274
Tablo 9.1.: Tekstil sektörüne ait harmoniklerin gösterimi.....	277
Tablo 9.2.: Metal sektörüne ait harmoniklerin gösterimi.....	278

## SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

$a_0, A_n$	: Fourier fonksiyonu ortalama değer ifadesi
$A_1, A_n$	: Harmoniklerin genlik değerleri
AC	: Alternatif akım
ANSI	: Amerikan ulusal standartlar enstitüsü
$B_1, \dots, B_n$	: Harmonik bileşenlerin genlikleri
CF	: Tepe faktörü
D	: Distorsiyon
DC	: Doğru akım
DF	: Bozunum faktörü
DGF	: Distorsiyon güç faktörü
EMC	: Elektromanyetik uyuşma
$f_1$	: Temel frekans
$f_2, \dots, f_n$	: Harmonik bileşenin frekansları
FFT	: Hızlı fourier transformasyonu
$f_r$	: Rezonans frekansı
HF	: Harmonik faktörü
$I_0$	: Nötr akımı
IEEE	: Elektrik ve elektronik mühendisleri enstitüsü
$I_n$	: n.dereceden harmonik akımı
$i_a$	: Konverter a fazı hat akımı
n	: İndis numarası
$Q_c$	: Kondansatör grubu gücü
$Q_s$	: Kısa devre gücü
T	: Periyot
t	: Kullanılan zaman dilimi
TEF	: Telefon etkileşim faktörü
THD	: Toplam harmonik bozunumu
TSE	: Türk standartları enstitüsü
TTD	: Toplam talep faktörü
$V_n$	: Nominal gerilim
w	: Açısal frekans
$W_E$	: Toplam girdap akımı
$x(t), F(t)$	: Fourier fonksiyonu
$X_c$	: Kapasitif reaktans
$X_L$	: Endüktif reaktans
$\phi_n$	: Harmoniklerin faz açıları

## ENDÜSTRİYEL TESİSLERDE HARMONİK SORUNLARI VE ÇÖZÜMLERİ

İsmail Cem ÖZCAN

**Anahtar kelimeler:** Güç Sistemlerinde Harmonik Üreten Kaynaklar, Harmoniklerin Etkileri , Toplam Harmonik Bozunumu , Güç Kalitesi , Gerilim-Akım dalgalanmaları

**Özet:** Metal işleme-istifleme, Matbaa, Tekstil gibi Türkiye'nin lokomotif sektörlerine ait 15 farklı fabrika incelenmiş ve bunların kullandığı enerjinin kalitesi hakkında ayrıntılı olarak araştırmalar yapılmış ve elde edilen veriler yorumlanmıştır. Multilog adlı enerji analizörü yardımıyla birer dakika arayla alınan L1,L2,L3 fazlarına ait faz akımı değerleri , THDU ve THDI değerleri de dahil olmak üzere 3.,5.,7.,9.,11.,13.,15.,17.,19., akım ve gerilim harmonikleri 3000'er adet örneklemeyle Matlab 6.5 yardımıyla modellenmiştir .

Bu tezdeki amacımız, endüstriyel tesislerdeki harmoniklerin önemini vurgulamak Avrupa Birliği'ne girme süreci içerisinde sıkı standartlar getirerek bunları uygulamanın önemli bir gereksinim olduğunu vurgulamak, ayrıca tespit edilen harmoniklerin yeni kurulacak tesislere yatırım ve maliyet açısından bir ön bilgi olmasını sağlamaktır.

## HARMONIC PROBLEMS IN INDUSTRIAL PLANTS AND THEIR SOLUTIONS

İsmail Cem ÖZCAN

**Keywords:** Harmonic sources in power systems , Various effects made by harmonic sources , Total harmonic distortion , Power quality , Voltage fluctuations and flickers.

**Abstract:** In this study 15 different plants from 3 different locomotive sectors of Turkey have measured. These are metal stoving-processing-aluminium , press-release , textile sectors. Harmonics in these plants analyzed in detail , and the information about the harmonics obtained by the help of multilog energy analyzer. The power distribution transformers that have measured in these industrial plants are below.

While we were measuring these 15 different industrial plants , we used multilog energy analyzer to measure the currents in L1,L2,L3 phases and the harmonics called total voltage distortion , 3th., 5th. ,7th. ,9th. ,11th. ,13th. ,15th. ,17th. ,19th. voltage harmonics , total current distortion ,3th., 5th. ,7th. ,9th. ,11th. ,13th. ,15th. ,17th. ,19th. current harmonics. And all these variables are sampled 3000 times by multilog. And the graphical simulation has made by the help of matlab r6.5.

In this study our aim is to show the importance of harmonics in industrial plants , the importance of bringing the standards on harmonic problems as a requirement .Performing these requirements must be accentuated in the duration time for Turkey to get into the European Union . The second aim of this study is to find out the harmonics effects on industrial plants and collect them as data to bring out databases. So that investors and researchers can use these databases as an introductory to figure out the nearly investment cost while settling up the industrial plants.

## 1. GİRİŞ

Güç kalitesi terimi, 1980 'lerin sonundan itibaren güç endüstrisinde en çok telaffuz edilen konulardan biri haline gelmiştir. Büyüyen bu sorun yaklaşımıyla ilgili dört ana sebep göstermek mümkündür: i.Güç kalitesi tasarımlarında geçmiş zamanda uygulanan ekipmana göre yük ekipmanı çok daha hassas bir hale gelmektedir, ii.Güç sisteminin bütününde etkin olma gerekliliği üzerinde durularak , yüksek etkinlikli cihazların , ayarlanabilir hız-motor sürücülerinin ve güç faktörü düzeltimi , kayıpları azaltmada şönt kapasitörlerin uygulanması artarak ortaya çıkmaktadır , iii.Güç faktörünün ortaya koyduğu faydalardan tüketicilerin hızla haberdar olma durumu oluşmaya başlamış durumdadır . Dağıtım şebekelerindeki müşteriler uzun süreli kesintiler, salınımlar ve anahtarlama geçici olayları hakkında yapılan yayınlar ve oluşan sonuçlarla ilgili olarak daha iyi bilgilendirilmeye başlamışlardır, iv. Bugün birçok şey bir ağ üzerinde birbirine bağlıdır. Bütünleşmiş oluşum ve süreçler, bir komponentte meydana gelen bir arızanın önemli sonuçlar doğurabileceği anlamına gelmektedir.

Üreticiler her zaman için daha verimli makinelerle, daha hızlı üretim yapmak isterler. Bu konuda kamu hizmeti yapan kuruluşlar, enerji dağıtım şirketleri, bu çabayı cesaretlendirerek iyileştirme amacındadırlar, çünkü bu müşterilerin daha fazla kazançlı hale gelmeleri konusunda yardımcı olacaktır ve aynı zamanda kesiciler, şalt tesisleri ve üretim üzerine ortaya çıkan daha verimli yük ekipmanı ile daha fazla yatırım yapmalarını ertelemelerini sağlayacaktır .

Elektrik güç mühendislerinin ilgi alanlarından en önemlisi, güç kalitesidir. Güç kalitesini, gücün üretilmeye başladığı noktadan en son tüketiciye kadar gerilimi, akımı ve frekansı etkileyen bir olay olarak ortaya konmaktadır.

Bu çalışmada metal işleme-istifleme , matbaa , tekstil gibi Türkiye'nin lokomotif sektörlerine ait 15 farklı fabrika incelenmiş ve bunların kullandığı enerjinin kalitesi hakkında ayrıntılı olarak araştırmalar yapılmış ve elde edilen veriler yorumlanmıştır.

Burada incelenen fabrikalara ait trafolar metal istifleme sektöründe Yasan Yasası Metal San.Tic.A.Ş.'nin Dudulluda'ki tesislerinde kurulu olan 1000kVA ABB marka yağlı tip trafosu , Göktaş Yasası Hadde Mamulleri San. ve Tic.A.Ş.'nin Kocaeli organize Sanayi Bölgesinde bulunan fabrikasında kurulu 1000kVA yağlı tip ABB marka trafosu , Aliminyum sektörüne ait Astaş Aliminyum Sanayi ve Tic.A.Ş.'nin Çorlu fabrikasında kurulu olan 2 adet (1250kVA-Eloksal ,1600kVA-profil) bölümlerine ait ABB marka yağlı tip trafolar , yine aliminyum işleme sektörüne ait Halex Aliminyum Kalıp San. Tic.Ltd.Şti.'ye ait Büyükçekmece'deki fabrikasında kurulu olan 630kVA ABB marka yağlı tip trafo , Metal işleme sektörüne ait motor gömleği ve piston pimi üreten Parsat Piston Dağıtım Tic.San.A.Ş.'nin Yenibosna'daki Fabrikasında kurulu olan 2000kVA ABB marka yağlı tip trafosundan , tekstil sektörüne ait Kilim Tekstil'in Edirne'deki tesisinden 1600kVA ABB marka yağlı tip dağıtım trafosundan , Tekboy Tekstil ve Boyama San.ve Tic.A.Ş.'nin Lüleburgaz'daki tesisinde kurulu olan 1600kVA ABB marka yağlı tip dağıtım trafosundan , Caan Tekstil San.veTic.A.Ş.'nin Yenibosna'daki tesisinde kurulu olan 1600kVA ABB marka kuru tip trafosundan , İnterçağla Tekstil San.veTic.Ltd.Şti'nin Yenibosna'daki tesisinde kurulu olan 800kVA ABB marka yağlı tip dağıtım trafosundan , CHT Tekstil Kimya A.Ş.'nin Yenibosna'daki tesisinde kurulu olan 400kVA ABB marka yağlı tip trafosundan, matbaa sektörüne ait Türkiye'nin en büyük matbaaları olan Oluşur Matbaa(300kW) , Boyut Matbaa(300kW) , BVD Matbaa (300kW) , Sinangin Matbaa (265kW) , Graphis Matbaa (200kW) güçlere sahip fabrikalar multilog adı verdğimiz enerji analizörü yardımıyla birer dakika arayla alınan L1,L2,L3 fazlarına ait faz akımı değerleri , THDU ve THDI değerleride dahil olmak üzere 3.,5.,7.,9.,11.,13.,15.,17.,19., akım ve gerilim harmonikleri 3000'er adet örneklemeyle matlab 6.5 yardımıyla modellenmiştir .

Bu tezdeki amacımız , endüstriyel tesislerdeki harmoniklerin önemini vurgulamak Avrupa Birliği'ne girme süreci içerisinde sıkı standartlar getirerek bunları uygulamanın önemli bir gereksinim olduğunu vurgulamak , ayrıca tespit edilen harmoniklerin yeni kurulacak tesislere yatırım ve maliyet açısından bir ön bilgi olmasını sağlamaktır.



## 2. GÜÇ KALİTESİ VE GÜÇ KALİTESİNE İLİŞKİN PROBLEMLER

Güç kalitesi, gerilim ve akım sinyallerinin durumundan söz etmektedir. Tek ve üç fazlı nonlineer yükler, değişken frekans sürücü üniteleri, ekipman yakınında çalıştırma ve durdurma, gerilim dalgalanmaları gibi daha fazlalarının oluşturduğu mekanizma, yetersiz güç kalitesine neden olmaktadır. Bu etkiler dağıtım sistemlerinde izolasyon sisteminin aşırı ısınmalarla sonuçlanabilecek harmoniklerin oluşmasıyla sonuçlanabilir.( Atasal,M.,2000)

Yüksek derecede hassas bir yapıya sahip bilgisayar kontrollü ekipmanların giderek yük kısmında daha fazla yer almasıyla tüketicilere sağlanan elektrik gücünün kalitesini gözden geçirmede başlıca etken olmuştur. Günümüzde, güç kalitesi (PQ) çok ilginç, sıkı disiplin isteyen, güç ve güç elektroniği mühendislerinin her ikisiyle beraber dijital işaret işleme, yazılım mühendisliği, şebekecilik konularını içeren bir konu haline gelmiştir. (Atasal,M.,2000)

Güç kalitesi için tamamıyla farklı tanımlamalar yapılabilir. Örnek olarak, kamusal dağıtım şirketleri güç kalitesini tanımlarken güvenilirlik olarak ifade ederler ve sistemin %99.98 ‘inin güvenilir olduğunu gösteren istatistikler ortaya koyarlar. Yük ekipmanı üreticileri, güç kalitesini tanımlarken güç kaynağına ait karakteristiklerin, ekipmanın doğru ve kesin olarak çalışmasında yeterli olup olmadığına bakarlar. Bununla birlikte, güç kalitesi en sonunda müşteri odaklı ortaya çıkan ve dayanak olarak müşterinin esas alındığı bir olaydır. Bundan dolayı, şu tanımlama, güç kalitesi problemi için genel olarak yapılabilir ve kullanılabilir:”Gerilim, akım ve frekans büyüklüklerinde açıkça gözlemlenen sapmaların müşteri ekipmanlarında çalışma bozukluğu veya hata ile sonuçlanması” şeklindedir.

Güç kalitesi ile ilgilenme zorunluluğu: Darbeler, çentikler, gerilim azalmaları ve artmaları, kesintiler, titreşimler veya harmonik distorsiyonu, bilgisayar tabanlı işlemlerde veya otomatik sistemler gibi hassas elektriksel donanımlarda arızaların oluşmasına veya yanlış çalışmaya kadar gidebilir.( Atasal,M.,2000)

Güç sistem şebeke yöneticileri, güç sağlama sistemine bağlı tüketicilerde ve ürünlerde oluşan problemleri bazı sınırlandırmalarla engellemek istemektedirler. Ekipman üreticileri, güç sağlama sisteminde değişiklikler veya yerel azalmalar gerektiğinde tüketiciler için ürün fiyatlarını bütünüyle düşük tutmaya çalışırlar.( Atasal,M.,2000)

En sonunda güç kalitesiyle ilgili gelinecek nokta, bu konuyla ilgili olma durumunun ortaya koyduğu ekonomik tablodan kaynaklanmaktadır. Son zamanlarda endüstriyi canlandırma açısından daha fazla otomasyon ve modern ekipman üzerine büyük bir vurgu vardır. Elektrik şebekeleri güç kalitesi problemlerinin ortaya çıkarılması ve varlığının tam olarak belirlenmesi ile çok iyi ilgilenir hale gelmektedirler. Tüketici beklentilerini temin etme ve onların güvenini kazanma gayreti, güçlü bir motivasyon nedeni olarak görülmektedir. Bu konularla ilgili düş kırıklığına uğramış ve maddi açıdan zarar görmüş bir tüketicinin, güç sağlayıcılarını bir yarışmaya teşvik etmesi, kamusal dağıtım yapan bir şebeke üzerinde finansal açıdan çok önemli bir etkiye sahip olabilir. Konut yükleri olarak değerlendirilen bireysel tüketiciler, bu finansal kayıplardan, güç kalitesi problemlerinin çoğunun bir sonucu olarak bir gelir elde etme şeklinde doğrudan etkilenmezler, fakat bu tür tüketiciler dağıtım yapan şebekenin çok zayıf ve kötü bir servis içerisinde olduklarını algıladıklarında, çok etkili bir güç haline gelirler. Yük ekipmanı sağlayıcıları genelde kendilerini çoğu tüketici ve müşterilerin en düşük fiyattan hizmet ve mal almak istedikleri çok yarışmacı bir piyasa içerisinde bulunurlar.(Atasal,M.,2000)

Endüstriyel ekipman ve işlemlerin doğru çalışmasını engelleyen elektromanyetik karışıklıklar, iletilen ve yayılan karışıklıkla bağıntılı olarak çeşitli sınıflar içerisinde sıralanmıştır: i.Alçak frekans(<9 kHz), ii.Yüksek frekans(>=9kHz), iii.Elektrostatik deşarj. Güç kalitesi ölçümleri, genelde karakteristikleri alçak frekansla iletilen elektromanyetik karışıklıkları göstermektedir: Gerilim azalmaları ve kesintiler, harmonikler ve araharmonikler, süreksiz güç frekansı aşırı gerilimleri, gerilim artmaları, geçici aşırı gerilimler, gerilim salınımları, gerilim dengesizliği güç frekansı değişimleri. Bu tip karışıklıklar dört kategoride yer alabilir: i.Genliği etkileyenler, ii.Dalgabıçımı, iii.Frekans , iv. Gerilim simetrisi (Ferracci,2001)

Güç kalitesi olaylarını ifade eden çok değişik indisler mevcuttur, çoğunluğu da ekranlamayla birlikte dalga biçimi karakteristiklerinin ifade edildiği fakat güç kalitesi olaylarının sınıflandırılmadığı şekildedir. Bazı indisleri kullanarak tam olarak güç kalitesi olayları sınıflandırılmak istendiğinde tereddüt içerisinde kullanılabilirler.(Şahin,Ö.,2003)

Tablo 2.1 güç kalitesi topluluğu için elektromanyetizma olayının sınıflandırılmasını göstermektedir. Çizelgede listelenmiş olaylar, daha başka bir biçimiyle kendine ait özelliklerin listelenmesiyle ifade edilmektedir. Sürekli hal olay yaklaşımları belirtilen nitelikler kullanılabilir: Genlik, frekans, spektrum, modülasyon, kaynak empedansı, çentik derinliği, çentik alanı. Sürekli olmayan olay yaklaşımları için, gereksinim duyulan nitelikler şunlar olabilir: Yükseliş oranı, genlik, süre, spektrum, frekans, modülasyon, tekrarlama oranı, enerji potansiyeli, kaynak empedansı.

Tablo 2.1:Güç sistemi elektromanyetik olay karakteristikleri ve kategorileri  
(Atasal,M.,2000)

<b>Kategoriler</b>	<b>Spektral İçerik</b>	<b>Süre</b>	<b>Gerilim Genliği</b>
<b>1.Geçici Darbe Olayları</b>			
<b>1.1. Darbeli</b>			
Nanosaniye	5ns yükseliş	<50 ns	
Mikrosaniye	1-µs yükseliş	50ns-1ms	
Milisaniye	0.1-ms yükseliş	>1ms	
<b>1.2. Titreşimli</b>			
Alçak frekans	<5 kHz	0.3-50 ms	0-4 p.u.
Orta frekans	5-500kHz	20µs	0-8 p.u.
Yüksek frekans	0.5-5MHz	5µs	0-4 p.u.
<b>2.Kısa Süreli Değişimler</b>			
<b>2.1.Ani değişimler</b>			
Kesinti(interruption)		0.5-30 çevrim	<0.1 p.u.
Azalma(sag-dip)		0.5-30 çevrim	0.1-0.9 p.u.
Artma(swell)		0.5-30 çevrim	1.1 - 1.8 p.u.
<b>2.2. Anlık</b>			
Kesinti(interruption)		30 çevrim - 3 s	<0.1 p.u.
Azalma(sag-dip)		30 çevrim - 3 s	0.1 - 0.9 p.u.
Artma(swell)		30 çevrim - 3 s	1.1 - 1.4 p.u.
<b>2.3.Geçici</b>			
Kesinti(interruption)		3 s - 1dk.	<0.1 p.u.
Azalma(sag-dip)		3 s - 1dk.	0.1 - 0.9 p.u.
Artma(swell)		3 s - 1dk.	1.1 - 1.4 p.u.
<b>3.Uzun Süreli Değişimler</b>			
3.1. Kesinti		>1 dakika	0.0 p.u.
3.2. Gerilim Düşmesi		>1 dakika	0.1-0.9 p.u.
3.3. Gerilim Artması		>1 dakika	1.1-1.2 p.u.
<b>4.Gerilim Dengesizliği</b>		Sürekli hal	%0.5-%2
<b>5.Dalga Biçimi bozulmaları</b>			
5.1 DC ofset		Sürekli Hal	%0.5-%1
5.2.Harmonikler	0-100.Harmonik	Sürekli Hal	%0.5-%20
5.3.Araharmonikler	0-6kHz	Sürekli Hal	%0-%20
5.4.Çentik			
5.5.Gürültü	Geniş Bant	Sürekli Hal	%0-%1
<b>6.Gerilim Dalgalanmaları</b>		<25 kHz	Süreksiz
<b>7.Güç Frekans Değişimleri</b>		<10s	

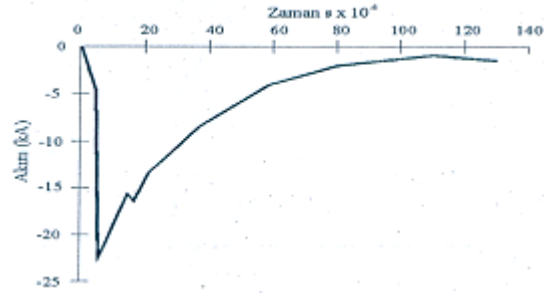
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Koordinasyon Komitesi 22 (IEEE SCC22) Enstitüsü güç kalitesi standartlarının oluşturulması hususunda esas çalışmaların yapılması açısından liderlik yapmıştır. Bu çalışma, aslında IEEE'nin birkaç kurumu arasında paylaşılması gereken bir sorumluluk olup, prensip olarak Endüstri Uygulamaları Kurumu (IAS) ve Güç Mühendisliği Kurumu (PES) ortak sorumluluğu altındadır. Uluslar arası çalışmaları, Uluslar arası Elektroteknik Komisyonu (IEC) ve Yüksek Gerilim Geniş Alan Sistemlerinde Uluslar arası Konferans (CIGRE) birleşmeleri şeklinde koordine eder.

### **2.1.Geçici Olaylar**

Bu terim bir geçici gerilim yükselmesi olarak bilindiği gibi, aynı zamanda güç veya bilgisayar data hattından birinde oluşan karışıklık olarak da çevrilebilir. Güç sistemi değişimlerinin analizinde istenmeyen, gerçekte anlık bir olayı anlatmak amacıyla kullanılmaktadır. Geçici olaylar iki kategoride sınıflandırılabilir: i.Darbesel olanlar, ii.Titreşimli olanlar. Bu tanımlamalar, bir akım veya gerilim dalga şeklini yansıtmaktadır.

### **2.2.Darbesel Geçici Olaylar**

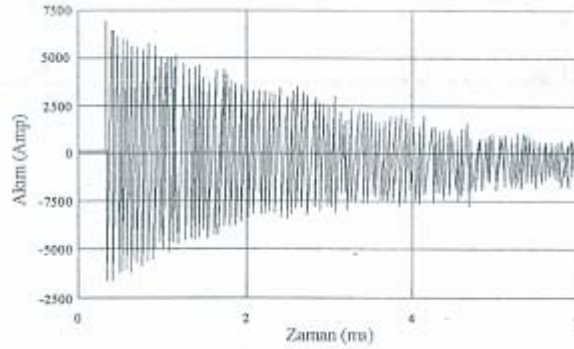
Darbesel geçici olay, polarite bakımından tek yönlü gerilim, akım veya bunların her ikisinin sürekli hal koşulunda güç frekansında olmayan ani bir değişimdir. Darbe şeklindeki geçici olaylar, artma ve azalma süreleri ile karakterize edilirler. Örnek olarak, bir  $1.2 \times 50 \mu s$  2000V darbesel geçici olayı, sıfır değerinden, onun tepe değeri olan 2000V değerine  $1.2 \mu s$  süresinde ulaşır ve yarı tepe değerine  $50 \mu s$  'de düşer. Bir darbesel geçici olayın en bilineni, yıldırım oluşumudur. Şekil 3.1. yıldırımla oluşan bir akım darbesel geçici olayını göstermektedir.



Şekil 2.1 : Yıldırım darbesi akımı darbesel geçici olayı  
(Atasal,M.,2000)

### 2.3.Titreşimli Geçici Olaylar

Titreşimli geçici olay, darbesel geçici olay gibi çabuk bozulmaya uğramaz. 0.5-3 çevrim aralığında devam etme eğilimindedir ve iki kez de nominal gerilim–akım değerine ulaşır. Titreşimli geçici olayın bir diğer nedeni, dağıtım sistemi üzerindeki güç hatlarının ve ekipmanının anahtarlanması olmaktadır.(Şahin,Ö.,2003) Ard arda kapasitör enerjilendirilmesinde, Şekil 2.2.'de ifade edilen titreşimli geçici olay oluşmakta ve akımın sönümü onlu kilohertzler varan frekans mertebelerinde sonuçlanmaktadır.



Şekil 2.2.: Ard arda kapasitör anahtarlanmasıyla oluşan titreşimli geçici olay akımı  
(Atasal,M.,2000)

## 2.4.Uzun Süreli Gerilim Değişimleri

Uzun süreli değişimler, bir dakikadan daha uzun süren ve güç sistemlerinin frekansındaki efektif değerlere göre ifade edilen değişimlerdir. ANSI C84.1 bir güç sisteminde beklenen sürekli durum gerilim tolerans değerlerinin belirlenmesi için ortaya konulmuş bir standarttır. Bir gerilim değişikliği, ANSI sınırlamaları 1 dakikadan daha büyük bir değer aşıldığında, uzun süreli bir değişim olarak ifade edilir. Gerilim yükselmeleri veya gerilim azalmaları, genel olarak sistem hatalarının bir sonucu değildir, fakat sistemdeki anahtarlama işlemleri ve yük değişimleri tarafından oluştururlar.

- Gerilim yükselmesi: Birkaç saniye veya daha uzun bir süre için kaynak gerilim sınırının üzerindeki durumdur. Gerilim yükselmesi gerilim regülatörlerinin veya kapasitörlerin uygunsuz ayarlanmaları gibi nedenlerden kaynaklanır. Uzun süreli gerilim yükselmeleri, gerilim artmalarına bir yakınlık gösterir, fakat daha uzun sürede sonlanırlar. Gerilim artmaları gibi, nominal gerilimin %110'u aştığında oluşan rms gerilim değişimleridir . Gerilim yükselmesinin 3 tipi vardır: Geçici güç frekansı, anahtarlama ve yıldırım gerilim yükselmeleri (Ferracci,2001) .

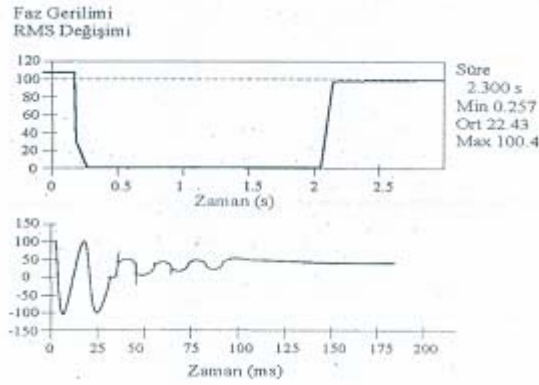
- Gerilim düşmesi: Birkaç saniye süresince servis geriliminin, nominal alçak gerilim işletme limitinin altına düştüğü durum, bir gerilim düşümedir. Aşırı yüklerden dolayı bir gerilim düşümü veya şebeke sisteminde oluşan gerilim azalmaları birer örnektir. Son kullanıcılar tarafından ışıklar sönmeye başladığı ve motorlar yavaşlama eğilimine girdiklerinde fark edilirler.

- Sürekli Kesintiler: Bir kesinti tamamıyla gerilimin kaybolmasıdır, genel olarak sonlanması birkaç çevrimden birkaç saate kadar sürer. Eğer bir kesinti 0.5-150 çevrim dizisi içerisinde ise anlık bir kesinti olarak sınıflandırılabilir. 3 saniyeden 1 dakikaya kadar olan kesintiler kısa süreli kesintiler olarak ifade edilir.

## 2.5.Kısa Süreli Gerilim Değişimleri

Bu kategori, gerilim azalmalarıyla ve kısa kesintilerle ilgili IEC kategorisini çevrelemektedir. Değişiklikler, Tablo 2.1’de tanımlandığı gibi oluşum sürelerine bağlı olarak ani, anlık ve geçici olmaktadır. Kısa süreli gerilim değişimleri, hata şartlarının oluşmasından, yüksek başlangıç akımları gerektiren büyük yüklerin enerjilendirilmesinden veya güç iletiminde kesikli şekilde kayıpların oluşmasından kaynaklanan değişimlerdir. Hata yerine ve sistem şartlarına göre, gerilim yükselmelerinin oluşmasına veya gerilimin yok olmasına neden olabilirler.

- Kesinti: Kesintiler nominal gerilimin %10’unun altına bir düşüş olması gibi bir gerilim kaybının oluşması anlamına gelmektedir. IEEE Std. 1159-1995, üç tip kesinti tanımlaması yapar. Kesintilerin oluştuğu zaman periyotları ile kategorize edilmişlerdir: Anlık, geçici, uzun süreli kesintiler. Şekil 2.3. üç çevrim civarında yüzde 20 olarak beliren gerilim salınımı gibi anlık bir kesintiye göstermektedir.



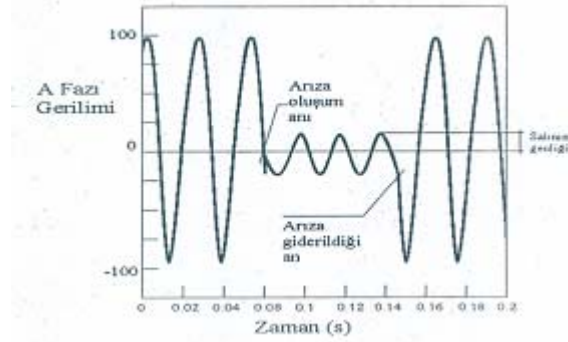
Şekil 2.3: Bir arıza ve tekrar kapama işleminden dolayı anlık kesintinin oluşumu (Atasal,M.,2000)

Tekrar enerjilendirme aygıtı kapama yapana kadar geçen 1.8s içerisinde sifıra düşer. Salınım dalga biçimi bir ark oluşumu hatasının benzeridir.

- Azalmalar – salınımlar: Bir azalma veya salınım olayı rms geriliminin 0.1 ve 0.9 p.u. değerler arasında veya güç frekansında 0.5 çevrimden 1 dakikaya kadar varan

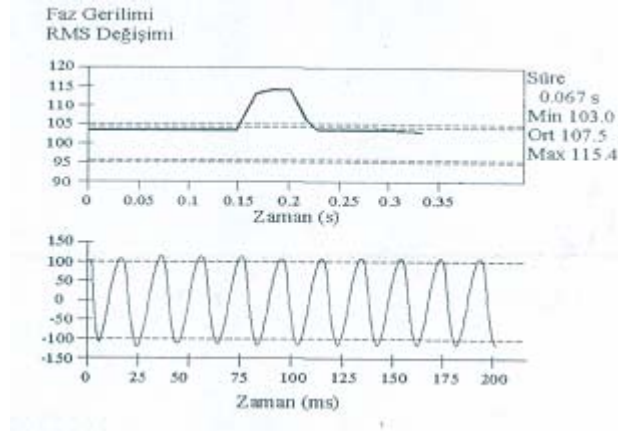


sürelerde oluşan azalışıdır . Bir “yüzde 20 azalma” ifadesi gerilimin 0.8 p.u. veya 0.2 p.u. olarak sonuçlanması şeklinde ifade edilebilir (Atasal,M.,2000). Bir arıza tüketicinin yerleşim noktasından uzağında oluşsa bile gerilim azalmaları meydana gelir. 4-5 çevrim içerisinde sonlansa da, çok hassas tüketici ekipmanlarının geniş bir kısmında açmaya neden olur. Gerilim azalmaları genellikle sistem arızaları ile bütünleşiktir fakat aynı zamanda büyük güçlü yüklerin veya büyük motorların çalışmaya başlamasıyla oluşabilir. Örneğin bir indüksiyon motoru kalkış anında tam yük akımının 6-10 katı bir değere ulaşır. Bu kalkış anında çekilen akım sistemdeki o noktada olağan arıza akımına yakın bir değerde olduğundan, oluşan gerilim azalması önemli derecede olabilir.( Atasal,M.,2000).



Şekil 2.4 : Tipik bir gerilim azalması-salınımı (Atasal,M.,2000).

- Gerilim veya akım artmaları: Nominal kaynak gerilimindeki kısa süreli artışın birkaç değişik biçimi vardır (%106'dan büyük değerlerde). Gerilim artmaları, milisaniyeden saniye aralığında sonlanan bir artışı ifade eder (Şahin,Ö.,2003). Bir artma olayı efektif değer olarak akım veya gerilimde, güç frekansında 0.5 çevrimden 1 dakikaya kadar olan süreçler içerisinde 1.1 ve 1.8 p.u. aralığında bir artıştır (Atasal,M.,2000). Şekil 2.5.'de görüldüğü gibi bir tek faz-tporak arızası süresince hata görmemiş fazlar üzerinde geçici gerilim yükselmesi, gerilim artmasının nedenidir.



Şekil 2.5: Bir tek faz toprak hatasından kaynaklanan ani gerilim artışı (Atasal,M.,2000).

Gerilim artmaları, kaynak sisteminde oluşan ani yük artması ve dağıtım gerilim düzenleme ekipmanlarının yanlış ayarlanmasını içeren olayların çeşitliliğidir. Büyük bir kapasitör bankasının enerjilendirilmesi buna neden olabilir.(Şahin,Ö.,2003)

## 2.6.Gerilim Dengesizliği

Gerilim dengesizliği olayının derecesini belirlemek için bir sistemin ifade edebileceği yaygın olarak kullanılan bir tanım mevcuttur. Bu tanım, Avrupa standartlarında geniş olarak kullanılan matematiksel olarak bir dengesiz sistemin üç dengeli sisteme indirildiği Simetrik Bileşenler Teorisi'dir. Bu üçlü pozitif , negatif ve sıfır bileşenlerdir.

Kusursuz dengeli bir sistemde, negatif ve sıfır bileşenler bulunmamaktadır. Gerilim dengesizliği her fazda, üç faz ortalama gerilim değerinden bir sapmanın olmasıdır. Ekipmanların çoğu, özellikle motorlar, gerilim dengesizliğinde %2'lik bir değişime elverişler. %2'den daha büyük bir gerilim dengesizliği motorlarda ve transformatörlerde aşırı ısınmaya neden olacaktır (Atasal,M.,2000).

Şekil 2.6'da kaynak sistemi dengesizken üç faz diyot doğrultucuların hat akımı, dalga biçimleri, gerilim dengesizliğinin %5 ve %15 olduğu durumlar için ayrı ayrı görülmektedir.



Şekil 2.6: Kaynak sistemi dengesizken üç faz diyot doğrultucuların hat akım dalga biçimleri (Atasal,M.,2000)

## 2.7.Dalga Şekli Bozulması

Dalga şekli bozulması, sapmanın spektral içeriği tarafından karakterize edilen güç frekansının ideal bir sinüs dalga biçiminden sürekli hal sapmasıdır. Dalga biçimi bozulmalarının beş esas biçimi mevcuttur: DC ofset, harmonikler, araharmonikler, çentikler,gürültü.

- DC ofset: Bir AC güç sisteminin içerisinde bir DC akım veya gerilimin bulunması DC ofset olarak tanımlanmıştır. Bu durum magnetik bir karışıklığın sonucu veya yarım dalga doğrultucuların etkisiyle ortaya çıkabilir. Alternatif akım şebekelerinde doğru akım transformatör çekirdeklerinde Zaralı bir etkiye sahip olabilir ve normal çalışmada doyuma ulaşabilirler. Bu durum ilave ısınmaya ve transformatör ömrünün azalmasına neden olur.

- Harmonikler: Harmonikler bozulmuş bir güç frekansı dalga biçiminin esas frekansta olmayan bileşenleridir. Ana frekansın tam sayı katları şeklinde frekanslara sahiptirler. Harmonik bozulma bir sinüsoidal gerilim ve akımda oluşan bir bozulmadır. Harmoniklerin spektrumu yüklerin yapısına bağlıdır. Harmonik gerilimler aynı kaynaktan beslenen diğer tüketicilerin işletmesini de rahatsız edebilecek bozulmuş gerilimler olarak işletme emepedansları vasıtasıyla oluşur. Bozulmuş dalga biçimleri, esas frekansın ve harmoniklerin bir toplamı şeklinde ayrıştırılabilir. Harmonik bozulma, güç sistemindeki aygıtların ve yüklerin doğrusal olmayan karakteristiklerinden kaynaklanmaktadır. Harmonik bozulma kademeleri,

her bir harmonik elemanın faz açıları ve genlikleri ile harmonik spektrumları tarafından tamamlanmıştır.

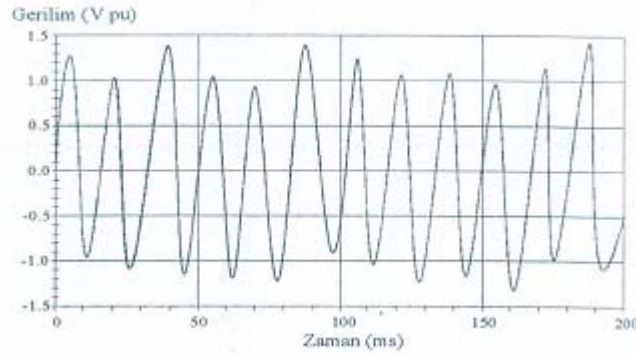
- Araharmonikler: Araharmonikler kaynak esas frekansının tamsayı katları olmayan spektral bileşenleridir. Bir gerilim dalga biçimi araharmonikleri içerdiğinde, dalga biçiminin efektif ve tepe genlik değerlerinde yükselip alçalma gözlenir. Bunun nedeni araharmonik bileşen periyotlarının esas frekans çevrimiyle senkron olmamasıdır. Bu yükselen alçalan genlik gerilim titreşimi biçimidir. (Atasal,M.,2000). Araharmoniklerin oluşmasında iki esas mekanizma söz konusudur. İlki kaynak gerilim frekansının kenar bandı içerisinde bileşenlerin üretilmesi ve genlikleri ile faz açılarındaki değişimlerin bir sonucu olarak harmoniklerin oluşmasıdır. İkinci mekanizma ise statik konverterlerdeki yarı iletken aygıtların oluşturduğu güç sistemindeki asenkron anahtarlama.

- Çentikler : Çentik, akım bir fazdan diğerine yönlendirildiğinde güç elektroniği aygıtlarının normal işletmesinin neden olduğu periyodik bir gerilim karışıklığıdır. Bu periyot esnasında, sistem empedansı tarafından gerilimin sifıra yakın bir yere çekildiği, iki faz arasında anlık bir kısa devre mevcuttur. Çünkü çentik sürekli olarak oluşan bir olaydır, etkilediği gerilimin harmonik spektrumu ile karakterize edilir.

- Gürültü: Gürültü, faz iletkenlerindeki güç sistemi akım veya gerilimin üzerine eklenen veya nötr iletkenlerinde bulunan, 200kHz'den daha düşük geniş bantlı spektral içerikli, istenmeyen elektriksel işaretler olarak tanımlanmaktadır. Güç sistemindeki gürültü, güç elektroniği aygıtları, kontrol devreleri, katı-hal doğrultucular ve anahtarlama güç kaynakları ile oluşturulabilir. Gürültü problemleri, güç sisteminden gürültüyü uzaklaştırmada uygunsuz topraklamayla başarısız kalarak daha yoğun bir hal alır. Gürültü programlanabilir kontrol aygıtları ve mikrodevrelerde karışıklık yaratır. Bu problem filtreler, izolasyon transformatörleri ve hat düzenleyicileri kullanılarak azaltılabilir.

## 2.8.Gerilim Dalgalanmaları

Gerilim dalgalanmaları, nominal gerilimin izin verilen 0.95-1.05 genlik değerleri içerisinde gerilimde oluşan hızlı değişimlerdir. Ark fırınları ve kaynak makineleri gibi yük akımında ani değişimler gerilim dalgalanmalarına neden olmaktadır. Gerilim değişimleri, frekans değişimi veya genlik ile karakterize edilen gerilim zarfı içerisinde çevrimsel veya gelişigüzel değişimlerdir. Yavaş gerilim değişimleri, şebekeye bağlı yüklerdeki yavaş değişimlerden kaynaklanır (Atasal,M.,2000). Yükler, daha çok titreşim olarak bahsedilen yük akımı genliğinde sürekli, hızlı değişimleri oluşturarak gerilim dalgalanmalarına neden olurlar. Titreşim terimi, insan gözü tarafından lambalardaki gerilim dalgalanmalarının etkisinin bir titreşim olarak algılanması şeklinde elde edilmiştir. Yaygın kullanılan bir terim olarak gerilim titreşimi terimini aynı zamanda gerilim dalgalanmaları için de kullanmak mümkündür. Şekil 2.7’de titreşimin olduğu bir gerilim dalga şeklinin örneği görülmektedir.



Şekil 2.7 : Ark fırınının çalışmasıyla oluşan bir gerilim titreşimi örneği (Atasal,M.,2000)

## 2.9.Güç Frekansı Değişimi

Frekans değişimleri güç sistemi esas frekansının, belirlenmiş nominal değerinden sapma olarak tanımlanır. Güç sistem frekansı, sistemi besleyen jeneratörlerin devir hızıyla doğrudan ilişkilidir. Üretim ve yük değişimleri arasında dinamik bir denge olarak frekansta yavaş değişimler mevcuttur. Frekans kaymasının genişliği ve süresi yük karakteristiklerine ve üretim kontrol sisteminin yük değişimlerine tepkisine bağlıdır. Güç sisteminde normal kararlı çalışma için frekans değişimlerinin limitlerin

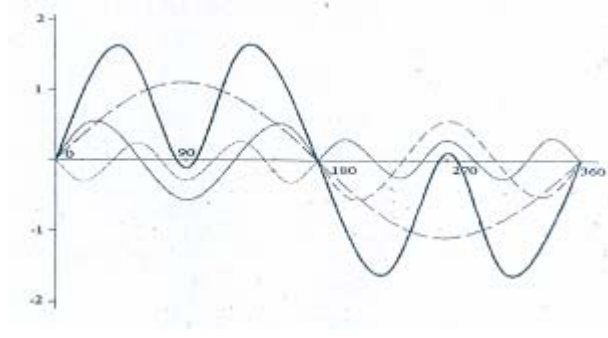
dışına çıkması, yüklü güç iletim sistemlerindeki hataların oluşmasından, büyük bir yük bloğunun ayrılmasından veya geniş bir üretim kaynağının sistem dışı kalmasından kaynaklanmaktadır (Şahin,Ö.2003).

## **2.10.Harmonikler**

AC güç devrelerinde gerilim ve akım dalga biçimlerinin, sabit genlik ve frekansla birlikte sinüsoidal olması beklenir. Bütün güç tesisi elemanları, AC güç devrelerinde gerilim ve akım dalga biçimlerinin bir sinüsoidal değer sapmasına neden olan distorsiyonun, istenmeyen bir olay olarak etkisine girerler.Düzgün bir dalga biçimi bozulmasında, gerilimler ve akımlar, esas frekansın tam sayı katları olan frekans değerleriyle, genliği ve faz çeşitliliği gösteren sinüsoidal dalga biçimlerinin bir kümesi olarak gösterilebilir (Atasal,M.,2000).

Güç sistemi içerisinde, güç elektroniği aygıtlarının bir çeşitliliği ve geniş alanlı kullanımı, onların çeşitli ve çok sayıdaki fonksiyonlarından kaynaklanmaktadır: i.Kompanzasyon, ii.Koruma, iii.Generatörler için arayüzler. Karşılaşılan durumların çoğu için bu aygıtlar, rezonansa ve kararlılık problemlerine neden olabilecek akım harmonikleri üretirler (Atasal,M.,2000)

Uygulamalarda karşılaşılan bozulmuş akım dalga şekilleri Şekil 2.8’da gösterilenden çok daha karmaşıktır ve daha çok sayıda harmonik ile daha karışık faz ilişkileri içerir. Açıkça görüldüğü gibi bu dalga şekli bir sinüs eğrisi değildir ve dolayısıyla etkin değer, kalibreli multimetreler gibi normal ölçü aletleri ile yapılan ortalama değeri gösteren ölçümler için yanlış olmaktadır. Her bir devirde iki yerine altı adet sıfır noktası bulunur, bu nedenle referans olarak sıfır noktasını alan cihazlarla yapılan ölçümler hatalı sonuç verecektir (Şahin,Ö.,2003).



Şekil 2.8 : Bozuk akım dalga şekli (Atasal,M.,2000)

## 2.11.Harmonik Analiz Yöntemlerine Genel Bir Bakış

Harmoniklerin analizinde, periyodik dalganın bir doğru bileşeni ile bir temel frekanslı sinüs dalgası ve frekansları temel bileşenden farklı saf sinüs dalgalarının toplamından oluştuğu gösterilebilir. Böylece nonsinüsoidal dalgaların “harmonik spektrumu” elde edilmeye çalışılır.(Adak,S.,2002)

- Analitik yöntem: Periyodik bir nonsinüsoidal dalganın değişik genlik ve faz açılarına sahip sinüsoidal dalgaların toplamı olarak yazılabileceği veya çeşitli genlik ve faz açılarına sahip sinüsoidal dalgaların toplamı ile nonsinüsoidal dalgaların meydana geldiği J.Fourier tarafından kanıtlanmıştır. Böyle bir fonksiyon,

$$F(t) = A_0 + A_1 \sin(2\pi f_1 t + \varphi_1) + A_2 \sin(2\pi f_2 t + \varphi_2) + \dots + A_n \sin(2\pi f_n t + \varphi_n) \quad (2.1)$$

şeklinde ifade edilir. Burada  $A_0$  “ortalama değeri”, 1 indisi ile gösterilen terim ise “temel bileşeni” ifade etmektedir. Temel bileşen dışındaki 2, 3, 4, ..., n indisleri ile gösterilen bileşenlere ise “harmonik bileşen” adı verilmektedir.  $A_2, A_3, A_n$  harmoniklerin genliklerini,  $f_1$  temel bileşen frekansını,  $f_2, \dots, f_n$  harmonik bileşenlerin frekanslarını ifade etmektedir.  $\varphi_1$  temel bileşen faz açısını,  $\varphi_2, \dots, \varphi_n$  harmonik bileşenlerin faz açılarını göstermektedir. Temel bileşen frekansı ile n.harmonik frekansı arasında,

$$f_n = n.f_1 \quad (2.2)$$

bağıntısı vardır. Denklem (2.1)'deki gibi ifade edilen seriye “Fourier Serisi”, bu seri elemanlarına da “Fourier Bileşenleri” adı verilir. Bir nonsinüsoidal dalga denklemi (2.1)'deki sinüsoidal bileşenlerle ifade edildiği gibi aşağıdaki şekilde de ifade edilebilir.

$$F(t) = A_0 + A_1 \sin(w_1 t) + \dots + A_n \sin(w_n t) + B_1 \cos(w_1 t) + \dots + B_n \cos(w_n t) \quad (2.3)$$

Bu şekildeki ifadelerin Fourier katsayıları aşağıdaki denklemler ile elde edilir.

$$\bullet A_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(wt) dt \quad (2.4)$$

$$\bullet A_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(wt) \sin(wt) dt \quad (2.5)$$

$$\bullet B_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(wt) \cos(wt) dt \quad (2.6)$$

Nonsinüsoidal dalganın özelliğine göre bu katsayılardan bazıları bulunacak ve bazıları ise sıfır olacaktır. Tablo 2.2'de bu durum özetlenmiş bulunmaktadır.

• Grafik yöntem: Grafik yöntemi fonksiyonun matematiksel olarak ifade edilemediği durumlarda kullanılır. Nonsinüsoidal dalganın Fourier katsayıları ile ifade edilmesi için osiloskoptan alınan veya deney yoluyla elde edilen dalga şekli bir periyot için “s” eşit parçaya bölünür. Formüller yardımıyla fourier katsayıları hesaplanabilir.

$$\bullet A_0 = \frac{2}{s} \sum_{k=1}^{\alpha} f_k \quad (2.7)$$

$$\bullet A_n = \frac{2}{s} \sum_{k=1}^{\alpha} f_k \sin(k \frac{2\pi \cdot t}{s}) \quad (2.8)$$

$$\bullet B_n = \frac{2}{s} \sum_{k=1}^{\alpha} f_k \cos(k \frac{2\pi \cdot t}{s}) \quad (2.9)$$



Bu eşitliklerdeki,  $f_k$  fonksiyonun her k değerine karşılık elde edilen değerdir. Bölme sayısı (s) ne kadar büyük olursa fonksiyonun ifadesi o oranda doğru olacaktır (Adak,2002).

Tablo 2.2: Çeşitli simetri durumlarında Fourier katsayıları (Adak,2002)

Fonksiyonun özelliği	Matematiksel ifadesi	Fourier katsayıları
Çift fonksiyon	$f(-t) = f(t)$	$A_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega t) \cos(n.\omega t) d\omega t$ $B_n = 0$
Tek fonksiyon	$f(-t) = -f(t)$	$A_n = 0$ $B_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega t) \sin(n.\omega t) d\omega t$
Yarım dalga simetrisi	$f(t) = -f(t + \frac{T}{2})$	$A_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega t) \cos(n.\omega t) d\omega t$ (n'in çift değerlerinde) $B_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega t) \sin(n.\omega t) d\omega t$ (n'in tek değerlerinde )

- Hızlı Fourier dönüşümü (FFT): Bilgisayar desteği ile yapılan Fourier analizidir. Hızlı transformu çözümü için matematiğe dayalı algoritmalar kullanılır. Bu algoritmalarda sıra önemlidir. Yapılan işlemlere “kelebek” adı verilir. Özel entegre devrelerde kullanılır.

- Ölçme yöntemi: Bu konuda üretilmiş olan ölçme aletleri ile bir akım yada gerilime ait harmonik bileşenler direkt olarak tespit edilir.”Harmonik Analizörü” olarak adlandırılan bu cihazlar ölçme kapasitelerine bağlı olarak yüksek dereceli harmonik bileşenlerini belirleyebilmektedir.(Adak,2002)

## 2.12. Harmonikler İle İlgili Genel Terimler

Aşağıda bahsedilen değerler enerji kalitesi ile ilgili değerlerdir. Bu değerler ne kadar küçük sayısal değerler alırsa enerji tesislerinden tüketiciler tarafından çekilen enerji o kadar saf ve sinüsoidal eğri değerlerine uygun olur. Sinüs eğrisi durumunda harmonikler bulunmayacağından, harmoniklerin değeri matematiksel olarak sıfır olur ve bu büyüklüklerin değeri de sıfır olmuş olur.

Distorsiyon (D): 50 veya 60 Hz sinüsoidal gerilim veya akım dalga biçiminde oluşan herhangi bir kötüleşme ve bozulmadır. (Atasal,M.,2000)

Spektrum: Spektrum çeşitli harmoniklerin genliklerinin harmonik numaralarının bir fonksiyonu olarak histogram biçiminde grafik edildiği dağılımdır. (Özen,N.,2004)

Toplam Harmonik Distorsiyonu (THD): Toplam harmonik distorsiyonu akım veya gerilim için harmonikli efektif değerlerin, esas bileşenin efektif değerine bölünmesiyle ortaya çıkan orandır. Toplam harmonik distorsiyonu harmoniklerin bütününe ait olan termal etkiyi nitelemektedir (Atasal,M.,2000). Harmonikli bileşenlerin temel bileşene göre seviyesini belirlemede dikkate alınan en önemli ölçüttür. Hem gerilim, hem de akım için verilebilir. Gerilim için toplam harmonik distorsiyonu,

$$\bullet \text{ THD}_v = \frac{1}{U_1} \left( \sum_{n=2}^{\infty} U_n^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2.10)$$

şeklinde ifade edilir. Akım için toplam harmonik distorsiyonu,

$$\bullet \text{ THD}_I = \frac{1}{I_1} \left( \sum_{n=2}^{\infty} I_n^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2.11)$$

şeklindedir.

Distorsiyon faktörü (DF): Akım değeri için distorsiyon faktörü,

$$\bullet DF_I = \frac{1}{I} \left( \sum_{n=2}^{\infty} I_n^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2.12)$$

şeklindedir.(Kocatepe,C.,Pr.Dr.,2005)

Gerilim değeri için distorsiyon faktörü denklemi,

$$\bullet DF_V = \frac{1}{I} \left( \sum_{n=2}^{\infty} V_n^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2.13)$$

şeklindedir.

Tepe faktörü (CF): Sinüsoidal olmayan dalgalar için tepe faktörü,

$$\bullet CF = \frac{\text{DALGANIN TEPE DEGERI}}{\text{DALGANIN EFEKTIF DEGERI}} \quad (2.14)$$

ifadesi ile belirtilir. (Kocatepe,C.,Pr.Dr.,2005)

K faktörü : Kuru tip transformatörlerin K faktörü, nonlinear yüklenen ve genellikle 500kVA'nın altındaki transformatörlerde yüklenmenin bir ölçütüdür. Bu faktör imalatçılar tarafından ifade edilen bir büyüklük olup,

$$\bullet K_{\text{FAKTORU}} = \sum_{n=1}^{\infty} I_n^2 (p.u.)n^2 \quad (2.15)$$

olarak ifade edilir. Burada  $I_n$  per-unit olarak transformatörün akım bileşeninin ifadesidir. (Kocatepe,C.,Pr.Dr.,2005)

Harmonik faktörü (HF): Her bir harmonik bileşenin seviyesini belirlemede kullanılır. Örneğin gerilim için,

$$\bullet HF_n = \frac{V_n}{V_1} \quad (2.16)$$

$V_n$  = n.harmonik gerilimine ait efektif değeri,  $V_1$  geriliminin temel bileşenin efektif değerini göstermektedir. (Kocatepe,C.,Pr.Dr.,2005)

Toplam talep distorsiyonu (TTD): Toplam talep distorsiyonu, bir yüke ait değer olup toplam harmonik akım distorsiyonu olarak aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$\bullet TTD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_L} \quad (2.17)$$

Burada  $I_L$  yük tarafından, besleme sisteminin ortak bağlantı noktasından çekilen, temel frekanslı maksimum akımdır. On iki ay öncesinden başlanarak hesaplamanın yapılacağı ana kadar olan süre zarfında yük tarafından talep edilen maksimum akımların ortalaması olarak hesaplanır. TTD kavramı IEEE “Standart 519” uygulamasında özellikle belirtilmiştir. (Kocatepe,C.,Pr.Dr.,2005)

Şekil (Form) faktörü : Şekil faktörü nonsinüsoidal bir dalga için,

$$\bullet k_f = \frac{\text{EFEKTIF DEGER}}{\text{ORTALAMA DEGER}} \quad (2.18)$$

olarak tanımlanır. Bozulmuş sinüsoidal bir dalganın bozulma ölçütü verecek olan bu faktör sinüsoidal bir dalga için, 1.11 değerine eşittir. (Kocatepe,C.,Pr.Dr.,2005)

Telefon etkileşim faktörü (TEF) : Telefon etkileşim faktörü, elektrik enerji sistemindeki harmonik akım ve gerilimlerden kaynaklanan telefon gürültü değerinin tayin edilmesine yarayan bir büyüklüktür. TEF değeri telefon sisteminin ve insan kulağının değişik frekanslardaki gürültüye olan duyarlılığına dayalı olarak ayarlanır. Söz konusu bu büyüklük gerilim ve akım için matematiksel olarak.

Gerilim denklemi:

$$\bullet \text{TEF}_v = \frac{\sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} (w_n \cdot V_n)^2}}{V_{ef}} \quad (2.19)$$

şeklinde ifade edilir. (Kocatepe,C.,Pr.Dr.,2005)

Akım denklemi ise;

$$\bullet \text{TEF}_i = \frac{\sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} (w_n \cdot I_n)^2}}{I_{ef}} \quad (2.20)$$

şeklinde ifade edilir. (Kocatepe,C.,Pr.Dr.,2005)

Burada  $w_n$ , n'inci mertebeden harmonik frekansı için işitsel ve endüktif kuplaj etkisi hesaplara dahil eden bir katsayıdır.

Distorsiyon Güç Faktörü: (DGF) Gerilim ve akım, harmonikler içerdiğinde efektif değerleri aşağıdaki şekilde de ifade edilebilir.

Gerilim ifadesi

$$\bullet V = V_1 \sqrt{1 + \left( \frac{\text{THD}_v}{100} \right)^2} \quad (2.21)$$

şeklinde belirtilir.

Akım denklemi ise ;

$$\bullet I = I_1 \sqrt{1 + \left( \frac{\text{THD}_I}{100} \right)^2} \quad (2.21)$$

şeklinde belirtilir. (Kocatepe,C.,Pr.Dr.,2005)

Aynı biçimde toplam güç faktörü ifadesi aşağıda belirtilmiştir.

$$\bullet \text{pf}_{\text{toplam}} = \frac{P}{V_1 I_1 \sqrt{1 + \left( \frac{\text{THD}_v}{100} \right)^2} \sqrt{1 + \left( \frac{\text{THD}_I}{100} \right)^2}} \quad (2.22)$$

### 3. HARMONİK ANALİZİNE GİRİŞ

Günümüzde sınai ve ticari faaliyetlerin yürütülmesinde kaliteli enerji temini son derece büyük önem taşımaktadır. Yakın geçmişe kadar elektrik dağıtım şebekesi şirketlerinin kontrolünde kalan güç kalitesi, yaklaşık 90'lı yıllardan bu yana elektrik ve elektronik sektöründe meydana gelen hızlı gelişmeler paralelinde, sürücüler (değişken hızlı) ve anahtarlama modundaki güç kaynakları gibi doğrusal olmayan yük kullanımının yaygınlaşması sonucunda, son kullanıcının tesisatlarda kullanılan elektriğin kalitesini belirlemedeki önemli rolü ön plana çıkmıştır.

İdeal olarak güç, sabit frekans ve gerilimde kesintisiz, tam sinüsoidal ve üç faz durumunda da simetrik dalga şeklinde beslenmelidir. Genelde besleme güvenilirliği, bağımsız bir konu olarak ele alınmaktadır ve güç kalitesi başlığı altında incelenmez. Güç kalitesinin asıl amacı, gerilim değişimleri ve dalga şekli ile birlikte beslemenin saflığıdır.

Güç sistemi ve sürekli olarak değişen tüketici talepleri gerilim değişmelerine yol açar. Sinüsoidal gerilim beslemesinden sapma, geçici olaylar ya da doğrusal olmayan bileşenlerden ileri gelebilir.

Güç sistemlerinde harmonik akım ve gerilim seviyeleri gün geçtikçe artmaktadır. Bunun en önemli nedeni harmonik üreten güç sistemi elemanlarının kullanımının artmasıdır. Bu elemanlar doğrusal olmayan çalışma koşullarına sahip, yani çalışma karakteristikleri doğrusal olmayan elemanlardır. Yani gerilim-akım eğrisi doğrusal değildir.

Doğrusal olmayan bir elemana sinüs biçimli bir gerilim uygulandığında eleman akımı sinüs biçimli olarak değişmez ve harmonik bileşenler içerir. Ancak yine de bu elemanlar endüstride çeşitli güç seviyelerinde gerilim kontrolü, hız kontrolü, frekans

ve güç dönüşümü gibi bazı konularda kullanım alanı bulunmaktadır. Bu elemanların maliyetleri düşük ve verimleri yüksektir.

Harmonikler güç sistemlerinde zarara ve güç kesintilerine neden olmaktadır. Sistemin çalışma koşullarını düzeltmek amacıyla kondansatörlerin kullanımının artması da harmonik seviyelerini arttırmaktadır.

Güç şebekesi yalnızca enerji beslemesinin ana kaynağı değil, aynı zamanda tüketiciler arasındaki muhtemel etkileşimler için de iletim aracıdır. Bu da, elektromanyetik uyuma (EMC) genel başlığı altında ele alınan bir konudur.

EMC, elektrik ve elektronik eleman , teçhizat ve sistemlerin , bu elektromanyetik radyasyondan kaynaklanan etkileşim olarak algılanır. Bununla birlikte, EMC'nin kapsamı daha genişdir ve aynı zamanda tüm frekans spektrumunu saran kapasitans, endüktans tarafından birleşmeyi de içerir.

Bir güç kalitesi sorunu; teçhizat arıza yada yanlış işleme yol açan, gerilim, akım veya frekansta ortaya çıkan sapmadır. Terimin yeni oluşu kaygının da yeni oluşunu yansıtır. On yıllar önce güç kalitesi sorun değildi, çünkü elektrik dağıtım sistemlerine bağlı olan yüklerin çoğuna etkisi yoktu.

Bu yüzden, güç kalitesi; elektrik güç sisteminin elektrik enerjisini tüketicilere EMC standartlarının belirlediği sınırlar içinde iletme ve dağıtma yeteneği olarak tanımlanabilir.

Harmonikler, temel frekansın tam katları olan bir frekansa sahip bir periyodik dalganın sinüs şeklindeki bileşenleri olarak tanımlanabilirler. Fourier analizi teorisine göre, sabit genlikteki sinüs biçiminde bir dalga şeklinden ayrılan herhangi bir periyodik dalga şekli, temel frekansın tam katlarındaki harmonikleri içerir. Bozulmuş periyodik bir dalga şeklinin harmoniği bir Fourier serisi ile açıklanabilir.



### 3.1. Fourier Analizi

#### 3.1.1 Fourier analizi ve katsayıları

Periyodik bir  $x(t)$  fonksiyonunun Fourier Serilerine denklem (3.1) ifadesiyle verilir.

$$\bullet x(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left[ a_n \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot t}{T}\right) + b_n \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot t}{T}\right) \right] \quad (3.1)$$

Denklem (4.1) ifadesi, periyodik bir fonksiyonun frekans domenindeki gösterilişini verir. Burada  $a_0$ ,  $x(t)$  fonksiyonunun ortalama değeridir,  $a_n$  ve  $b_n$  serisinin katsayıları iken,  $n$ .harmoniğin bileşenleri dikdörtgendir,  $n$ .harmoniğin vektörüne karşılık gelen ;

$$\bullet A_n \angle \varphi_n = a_n + b_n \quad (3.2)$$

Genlik değeri;

$$\bullet A_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2} \quad (3.3)$$

İle faz açısı ise;

$$\bullet \varphi_n = \arctan \frac{b_n}{a_n} \quad (3.4)$$

ile verilir. Verilen bir  $x(t)$  fonksiyonu için,  $a_0$  sabit katsayısı (bir  $T$  periyodu üzerinde)  $-T/2$  'den  $T/2$  'ye kadar (3.1) denkleminin her iki yanının integralinin alınmasıyla elde edilir. Sağ taraftaki ifadeler integral sonucunda sıfıra eşit olduğundan, Fourier serisinin sabit terimi  $a_0$ , denklem (3.5) ile verilir.

$$\bullet A_0 = \frac{1}{2T} \int_0^{2T} x(t) dt \quad (3.5)$$

Bu dalga şeklinin T periyotları ile bölünmüş, -T/2'den T/2'ye kadar olan x(t) eğrisinin altındaki alandır.  $A_n$  katsayısı,  $\cos\left(\frac{2\pi \cdot n \cdot t}{T}\right)$  ifadesi ile (3.5) denklemin çarpılması sonucu elde edilir. Bu ifade, integral işlemleri yapıldıktan sonra denklem (3.6)'ya dönüşür.

$$\bullet A_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t) \cos\left(\frac{2\pi \cdot n \cdot t}{T}\right) dt \quad (3.6)$$

Benzer şekilde  $B_n$  katsayısını bulmak için de, (3.1) denklemini  $\sin\left(\frac{2\pi \cdot n \cdot t}{T}\right)$  ifadesi ile çarpılır.  $n=1 \rightarrow$  sonsuz için (3.7) denklemini elde edilir.

$$\bullet B_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t) \sin\left(\frac{2\pi \cdot n \cdot t}{T}\right) dt \quad (3.7)$$

(3.5), (3.6), (3.7) denklemleri , açısal frekansa göre denklem (2.4) ,(2.5) ,(2.6) şeklinde ifade edilir.

$$\bullet A_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega t) d\omega t \quad (2.4)$$

$$\bullet A_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega t) \sin(\omega t) d\omega t \quad (2.5)$$

$$\bullet B_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega t) \cos(\omega t) d\omega t \quad (2.6)$$

### 3.1.2 Tek simetri

$x(t) = -x(-t)$  olursa , dalga şekli tek simetriye sahiptir. Bu durumda ;

$$\bullet B_n = \frac{4}{T} \int_0^{T/2} x(t) \sin\left(\frac{2\pi \cdot n \cdot t}{T}\right) dt \quad (3.8)$$

olduğunda,  $A_n$  terimleri tüm  $n$  değerleri için sıfıra eşit olur. Bir tek fonksiyon için Fourier serileri, sadece sinüslü terimleri içerir.(Özen,N.,2004)

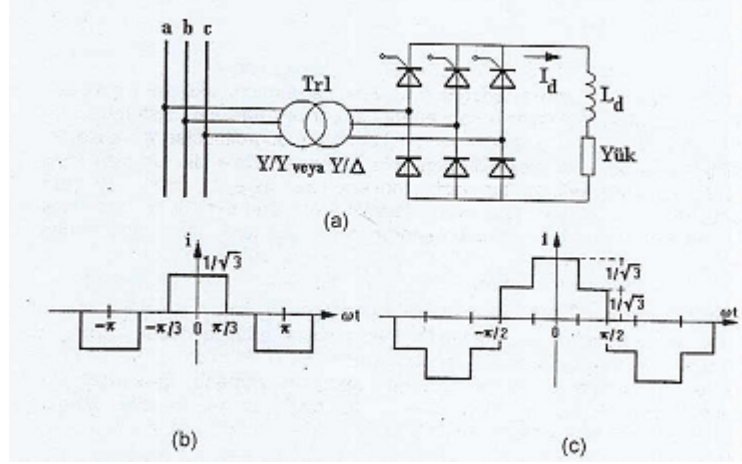
### 3.1.3 Çift simetri

$x(t) = x(-t)$  olursa, dalga şekli çift simetriye sahiptir. Bu durumda tüm  $n$  değerleri için  $B_n = 0$  ve,

$$\bullet A_n = \frac{4}{T} \int_0^{T/2} x(t) \cos\left(\frac{2\pi \cdot n \cdot t}{T}\right) dt \quad (3.9)$$

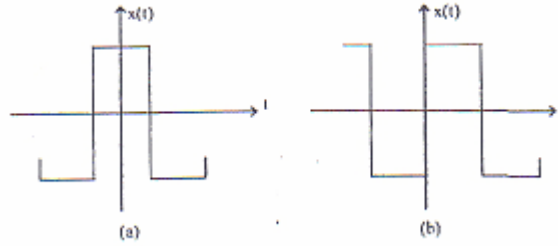
Olur.Bir çift fonksiyon için Fourier serileri sadece cosinüslü terimler içerir. Belirli dalga şekilleri, seçilen zaman referans alınarak tek veya çift olabilir. Örneğin şekil(2.9)'da kare dalga tek fonksiyon olarak çizilmiş ve  $T/2$  ile(dikey eksen) orijin yer değiştirilerek basit bir çift fonksiyona dönüştürülmüştür (Özen,N.,2004).

Bu şekilde noktalardan başka yerlere yerleştirilen dikey eksen ise kare dalgayı ne tek ne de çift fonksiyon yapar. Seri, hem sinüslü hem de cosinüslü terimler içerir. Bu nedenle dalga şeklinin elverdiği durumlarda, periyodik fonksiyonların çözümlenmesi yapılırken dikey eksenin yeri, tek ya da çift bir fonksiyon oluşturacak şekilde seçilmelidir. Bazen yatay eksenin kaydırılması da fonksiyonun seri açılımını basitleştirebilir. (Özen,N.,2004)



Şekil 3.1.: a)kare dalga fonksiyonu, b)Çift fonksiyon c)Tek fonksiyon(Özen,N.,2004)

Şekil (3.1) a'daki fonksiyon tek fonksiyon koşulunu sağlamaz. Ancak Şekil (3.1) b'deki ortalama değer çıkarılırsa bu koşulu sağlar. Böylece seri sadece sinüslü terim içerir.



Şekil 3.2.: testere dişi dalga fonksiyonu a.)Sin. ve cos. Terimleri içeren testere dişi dalga b.)Sadece sin. terimleri içeren testere dişi dalga (Özen,N.,2004)

### 3.1.4 Yarı dalga simetrisi

$x(t)=-x(t+T/2)$ 'ye eşit olursa, bir  $x(t)$  fonksiyonu yarı dalga simetrisine sahiptir. Örneğin  $-(t+T/2)$ 'den  $(t+T/2)$ 'ye kadar olan periyot üzerindeki dalga şeklinin durumu,  $t$ 'den  $(t+T/2)$ 'ye kadar olan periyot üzerindeki dalga şeklinin negatiftir. Bundan dolayı Şekil (4.1.b)'nin kare dalga fonksiyonu  $t=-T/2$  ile yarı dalga simetrisine sahiptir. (Özen,N.,2004)

Denklem (3.6) kullanılarak ve  $(-T/2,0)$  aralığında  $(t)$  ile  $(t+T/2)$  yer değiştirerek ve  $x(t) = -x(t+T/2)$  tanımından yararlanılarak,  $A_n$  ifadesi (3.10) denklemindeki gibi bulunur.

$n$  tek bir tamsayı ise;

$$\bullet A_n = \frac{4}{T} \int_0^{T/2} x(t) \cos\left(\frac{2\pi \cdot n \cdot t}{T}\right) dt \quad (3.10)$$

denkleminde eşit olur. Bununla beraber,  $n$  çift tamsayı ise, bu durumda  $A_n = 0$  olur.

Benzer şekilde;

$N$  tek bir tam sayı ise,

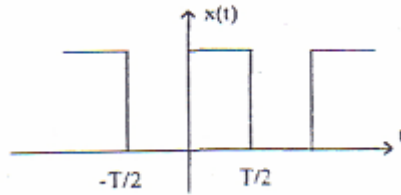
$$\bullet B_n = \frac{4}{T} \int_0^{T/2} x(t) \sin\left(\frac{2\pi \cdot n \cdot t}{T}\right) dt \quad (3.11)$$

denkleminde eşit olur. Bununla beraber,  $n$  çift tamsayı ise, bu durumda  $B_n = 0$  olur

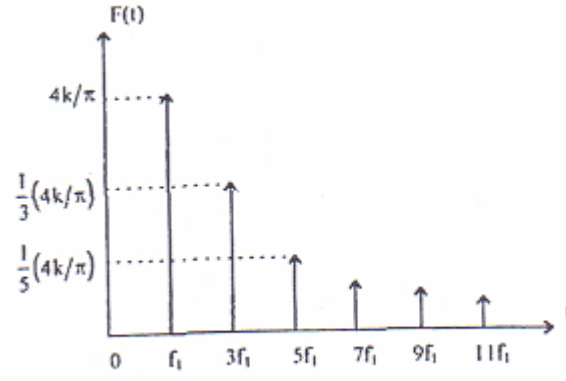
Böylece yarı dalga simetrisine sahip olan dalga şekilleri, sadece tek sıralı harmonikler içerir. Şekil (3.1) kare dalga simetrik bir tek fonksiyondur. Bu koşullar göz önüne alınarak, katsayılar için ifade;

$$\bullet B_n = \frac{8}{T} \int_0^{T/4} x(t) \sin\left(\frac{2\pi \cdot n \cdot t}{T}\right) dt \quad (3.12)$$

şeklinde olur. Şekil (3.1)'da görüldüğü gibi, hat spektrumu büyüklükleri harmonik derecesi ile ters orantılıdır (Edminister,1972).



Şekil 3.3.: Tek fonksiyonlu kare dalga'nın sabit terimi (Özen, N., 2004)



Şekil 3.4.: Bir kare dalganın hat spektrumu gösterilişi(Özen,N.,2004)

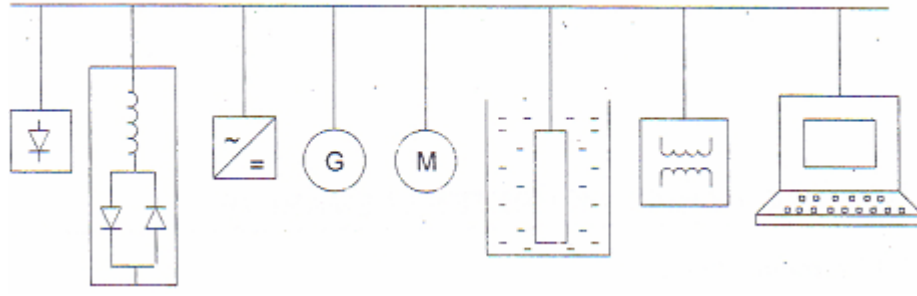
## 4. HARMONİK ÜRETEN ELEMANLAR

### 4.1. Harmonik Kaynakları

Bilindiği gibi elektrik güç sistemlerinde gerilim ve akımın dalga şeklinin sinüs biçiminden sapmasına neden olan harmonik bileşenleri, harmonik kaynağı olarak nitelendirilen ve akım-gerilim karakteristiği lineer olmayan elemanlar tarafından üretilmektedir. Harmonikleri meydana getiren elemanlar genel olarak şu şekilde verilebilir: (Arrilaga,j.,1985)

- Konverterler,
- Yarı iletken elemanların kullanıldığı cihazlar,
- Jeneratörler,
- Motorlar,
- Senkron makinelerin uyarılması için kullanılan diyot ve tristörlü dönüştürücüler,
- Transformatörler,
- Gaz deşarj prensibi ile çalışan aydınlatma elemanları,
- Fotovoltaik sistemler,
- Bilgisayarlar,
- Elektronik balastlar
- Kesintisiz güç kaynakları,
- Kaynak makineleri,
- Kontrol devreleri,
- Frekans dönüştürücüler,
- Statik VAr kompanzatörleri,
- Yüksek gerilim ile enerji iletim (HVDC) sistemleri,
- Elektrikli ulaşım sistemleri.

Şüphesiz enerji sisteminde harmoniklerin etkinliğinin belirlenmesi ve olumsuzlukların giderilmesi bakımından tüm harmonik üreten elemanların harmonik kaynağı olarak ayrı ayrı incelenmesi gerekmektedir.



Şekil 4.1:Harmonik üreten elemanlar

Bir güç sisteminin harmonik bileşenlerinin ortaya konması ve harmonik simülasyonunun gerçekleştirilmesi bakımından sistemdeki harmonik kaynakları üç gruba ayrılabilir. (Kocatepe,C.,Pr.Dr.,2005)

1. Sistem içerisine dağılmış çok sayıdaki küçük güçlü nonlinear elemanlar,
2. Büyük güçlü, karakteristiği sürekli ancak rastgele değişen nonlinear yükler,
3. Büyük güçlü statik konverterler ve iletim sistemlerindeki güç elektroniği düzenleri.

Birinci gruptaki harmonik kaynakları, çoğu alçak gerilim cihazının (TV,bilgisayar vb.) besleme kaynağı durumundaki bir fazlı köprü diyotlu doğrultuculardır. Gaz deşarjı prensibine göre çalışan lambalarda bir fazlı alçak gerilim ile çalışmaları ve düşük güçlü olmaları sebebiyle bu gruba dahil edilebilir. Tek tek ele alındığı zaman her birinin gücünün düşük olmasına rağmen bu tip elemanların bir fazlı olması ve sistemde çok sayıda olmaları göz önüne alındığında tümünün harmonik etkisi önemli olabilmekte ve harmonik distorsiyonun artmasına neden olmaktadır. İkinci gruptaki harmonik kaynaklarının başlıca örneği; yüksek gerilim iletim şebekesine direkt olarak bağlanan, ancak gücü MW mertebelerinde olan genellikle yeterli bir filtre sistemiyle donatılmamış bulunan ark fırınlarıdır. Bu fırınların empedansı dengesiz olup, zamana göre rasgele değişim gösterir. Bu durum sisteme enjekte edilen harmonik akımlarının da rasgele değişimine sebep olmakta ve modellemenin zorluğu nedeniyle simülasyonu güçleştirmektedir. Üçüncü gruptaki büyük güçlü konverterlerin ve güç elektroniği düzenlerinin gerek kontrol sistemlerinin çok karmaşık olması ve gerekse güçlerinin büyük olması nedeniyle simülasyonu zordur. Ayrıca konverterin çalışması sırasında üretilen harmonik bileşenleri güç kaynağına olumsuz etki yapmaktadır. Bu nedenle konverterin problemsiz çalışması için güç sisteminin harmonik simülasyonuna önem verilir.



Yukarıda sayılan harmonik kaynaklarından bazılarını inceleyelim:

#### 4.1.1 Konverterler

Enerji sistemlerindeki başlıca harmonik kaynaklarından biri, üç ve tek fazlı hat kömütasyonlu konverterlerdir. DC iletim sistemleri, akü ve fotovoltaik sistemler, hat kömütasyonlu konverterler üzerinden beslenir. Sistemdeki bir fazlı büyük güçlü konverterlerin (kontrollü doğrultucuların ) kullanım alanlarından birisi de elektrikli demiryolu ulaşım sistemleridir. Üç fazlı ideal (dengeli) konverterlerin bir fazlı konverterlere göre avantajı, üç fazlı konverterlerin üç ve üçün katın harmonikleri üretmemesidir. Üç fazlı konverterler, konverter transformatörünün primer tarafından, şebekeden çekilen AC akımının dalga şeklinin içerdiği darbe sayısı ile tanınır. Genel olarak konverterlerin ürettikleri harmonik bileşenler  $n = k.p \pm 1$  ile ifade edilir. Burada  $k=1,2,3,\dots$  değerlerinde olup tamsayıları,  $p=6,12,\dots$  olmak üzere darbe sayısını belirtmektedir. Darbe sayısı arttıkça düşük harmonik bileşenlerin ortaya çıkması önlenmektedir. Şekil 4.2a 'da altı darbeleri bir konverterin bağlantı şeması ve hat akımının zamana göre değişimi gösterilmiştir. Transformatörün yıldız/yıldız bağlı olması halinde dengeli olarak çalışan konverterin Şekil 4.2b ile verilen a-fazı hat akımının ani değeri,

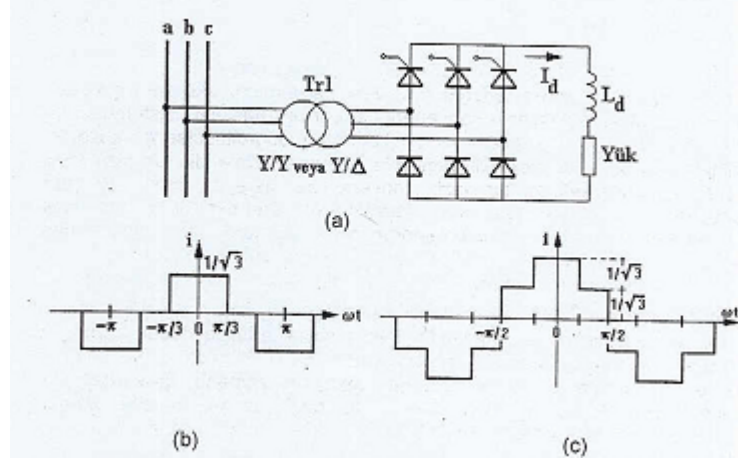
$$\bullet i_a(wt) = \frac{2\sqrt{3}}{\pi} I_d (\cos wt - \frac{1}{5} \cos 5wt + \frac{1}{7} \cos 7wt - \frac{1}{11} \cos 11wt + \dots) \quad (4.1)$$

olarak ifade edilebilir. Burada  $I_d$ , doğrultucu tarafındaki akımı ifade etmektedir. Transformatörün yıldız/üçgen bağlı olması halinde, şekil 4.2c ile gösterilen a-fazı hat akımı ani değeri,

$$\bullet i_a(wt) = \frac{2\sqrt{3}}{\pi} I_d (\cos wt + \frac{1}{5} \cos 5wt - \frac{1}{7} \cos 7wt + \frac{1}{11} \cos 11wt - \dots) \quad (4.2)$$

olarak ifade edilebilir. Görüldüğü gibi 6 darbeleri konverterde 5., 7., 11., 13., 17., 19., ... harmonik bileşenleri ortaya çıkmaktadır. Harmonik mertebesi arttıkça her bir

harmonik bileşeni genliği azalmaktadır. Yine görüldüğü gibi bu durumda 5.,7.,17,19., ... mertebesindeki harmonikler yıldız/yıldız bağlı transformatörlü konverterin ürettiği harmoniklerin ters işaretlisi olmaktadır. (Ters işaretli olan harmonik bileşenler  $k=1,3,5$  olmak üzere  $6.k \pm 1$  ile belirlenir.) (Kocatepe,C.,Pr.Dr.,2005)

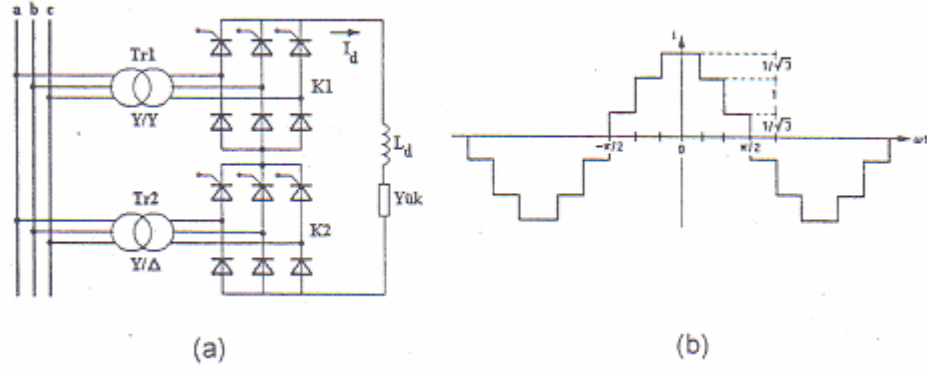


Şekil 4.2: Üç fazlı 6-darbeli konverter (Yarı kontrollü doğrultucu) (Kocatepe,C.,Pr.Dr.,2005)  
a)Bağlantı şeması  
b)Transformatörün yıldız/yıldız bağlı olması hali için hat akımı dalga şekli  
c)Transformatörün yıldız/üçgen bağlı olması hali için hat akımı dalga şekli

Yukarıda akım ifadeleri verilen her iki tip altı darbeli konverterin DC çıkışları seri bağlanarak elde edilen 12 darbneli konverter şebekeye  $k=1,2,3,\dots$  olmak üzere  $12.k \pm 1$  mertebesindeki harmonikler (11.,13.,23.,25.,...) enjekte edilir. 12 darbeli konverter kullanılarak (5.,7.,17.,19.,...) mertebesindeki harmoniklerin AC şebekeye geçmesi önlenir. Geçmesi engellenen harmonik bileşenler  $k=1,3,5,\dots$  olmak üzere  $6.k \pm 1$  ile belirlenir. Şekil 4.3'de 12 darbeli konverterin bağlantı şeması ve a-fazı hat akımının zamana göre değişimi gösterilmiştir. Burada hat akımının ani değeri,

$$i_a(\omega t) = \frac{4\sqrt{3}}{\pi} I_d \left( \cos \omega t - \frac{1}{11} \cos 11\omega t + \frac{1}{13} \cos 13\omega t - \frac{1}{23} \cos 23\omega t + \dots \right) \quad (4.3)$$

olarak ifade edilir. (Bu kısımda verilen konverter devrelerinde ve eşitliklerinde transformatörlerin çevirme oranı 1:1 olarak alınmıştır.)



Şekil 4.3: Üç fazlı 12 darbeli konverter (Yarı kontrollü) a)Bağlantı şeması b)Hat akımı dalga şekli (Kocatepe,C.,Pr.Dr.,2005)

#### 4.1.2. Transformatörler

Enerji sistemine bağlanan ve en önemli elemanlardan birisi olan transformatörler harmoniklere neden olurlar. Harmonikler, transformatörlere iki şekilde etki ederler. Akım harmonikleri bakır sargı kayıplarında ( $I^2 R$ ) ve kaçak kayıplarında artışa, gerilim harmonikleri ise histerezis akımlarından dolayı demir kayıplarında artışa ve mekanik yalıtım zorlanmasına (sargı ve nüve sacında) neden olur. Her iki durumda da transformatörlerde ek ısınmalar oluşur ve transformatör sargılarının aşırı ısınmaları işletme ömürlerini düşürür.

Başlıca kayıp bileşenleri,  $I^2 R$  sargı kayıpları, sargı eddy-akım kayıpları ve sargılar, nüve, bağlantı noktaları gibi alanlardaki manyetik akıdan dolayı oluşan kaçak akı kayıplarıdır.  $I^2 R$  bileşeninden kaynaklanan kayıplar, deri etkisi ve iletken ısınmasından dolayıdır. Sargı akım kayıpları, yük akımının ve frekansın karesiyle artar. Yani frekans arttıkça transformatör kayıpları artar. Bu yüzden transformatörün ısınmasında yüksek frekanslı harmonik bileşenler düşük frekanslı harmonik bileşenlerden daha önemlidir.

Standartlar, transformatör aşırı gerilim değerlerini belirlemiştir. Buna göre maksimum aşırı gerilim nominal yükte %5, yüksüz halde %10'dur bu sınırlar harmonik dalga şeklinin bozulması durumunu da içine alır.

Diğer bir sorun ise transformatör endüktansı ile transformatörlere bağlı bir tüketicinin kapasitesi arasında rezonans meydana gelebilir. Transformatörün dengesiz bir yükü beslemesi de bir sorun olarak düşünülebilir. Yük akımı, d.a.(doğru akım) bileşeni içeriyorsa, transformatör manyetik devresinin doyması sonucu a.a.(alternatif akım) uyarma akımına ait tüm harmonik bileşenlerin seviyesi önemli ölçüde artacaktır. Harmoniklerin güç transformatörlerindeki etkilerinden biri de üçgen bağlı sargılarda sıfır bileşen akımların dolaşmasıdır. Tasarım sırasında bu akımlara gerekli önem verilmediği zaman sargılardan aşırı akımlar geçebilir.

Transformatörlerin mıknatıslanma özelliğinden kaynaklanan harmonik bileşenler transformatörün bağlantı grubuna, yıldız noktasının topraklanıp topraklanmamasına bağlı olarak değişmektedir. Transformatörlerin yük durmuna göre de harmonik genliklerinin değişimi söz konusu olmaktadır. Sürekli enerji altında bulunan bu elemanlar harmonik kaynağı olarak sistemde harmonik akımları dolaştırarak harmonik distorsiyonuna yol açarlar. Bu nedenle transformatörlerin harmonik özelliklerinin irdelenmesi, harmoniklerin etkileri bakımından önem kazanmaktadır. Transformatörlerin hem harmonik kaynağı olması hemde harmoniklerden etkilenmesi bakımından ayrıntılı olarak incelenmesi gereken elemanların başında gelmektedir. (Kocatepe,C.,Pr.Dr.,2005)

#### **4.1.3 Jeneratörler**

En doğal harmonik üreticileri jeneratörlerdir. Senkron jeneratörlerin harmonik üretme özelliği çıkık kutbun alan şeklinden, magnetik direncin oluklara bağlı olmasından, ana devrenin doyuma ulaşması ve kaçak akımlar ile sık aralıklarla ve simetrik olmayan boşluklarla yerleştirilen sönüm sarılarından kaynaklanmaktadır. Dönen makineler, makine hızının ve endüvi oluk sayısının fonksiyonu olan harmonikler üretir. Bunu önlemek için oluk şekli, sargı yapısı, uyarma sargısı ve kutuplar gibi kısımlarda uygun yapısal tedbirler alınarak ve jeneratörü amortisman sargısı ile donatarak gerilim eğrisinin sinüsoidal olması sağlanır. Senkron jeneratörlerin oluşturduğu harmonikler jeneratör gücü 1000kVA 'dan büyük olmadığı sürece dikkate alınmazlar.

Jeneratör bağlantı şekilleri de harmonik frekansında belirleyici özellik taşırlar:

- Eğer statorun sargısı yıldız bağlanmışsa, 3 ve 3'ün katı frekanslı harmonikler sadece faz gerilimlerinde bulunmakta olup fazlar arası gerilimlerde ise bulunmazlar.
- Eğer yıldız bağlı generatöre üç fazlı dengeli bir tüketici bağlanırsa ve yıldız noktası generatörün yıldız noktasına bağlanmazsa, 3 ve 3'ün katı harmonikli akımlar geçmezler. Yıldız noktası nötr'e bağlı bir yükte ise faz iletkenlerinden 3 ve 3'ün katı frekanslı  $I_0$  akımı, nötr üzerinden de bunların toplamı olan  $3I_0$  değerinde bir akım geçer. Bu akımlar, aynı şekilde 3 ve 3'ün katlarına eşit frekanslı bir gerilim düşümü meydana getirirler.(Şahin,Ö.,2003)
- Eğer jeneratör sargıları üçgen bağlı ise, bu sargılarda 3'ün katları frekanslı bir sirkülasyon akımı geçer. Bu akım, yüke bağlı olmayıp sargılarda büyük kayıplara neden olur.

Bu sebeplerden dolayı, jeneratör sargılarının yıldız bağlanması ve yıldız noktasının yalıtılması tercih edilir, jeneratörün dört iletkenli bir şebekeyi beslemesi gerekiyorsa, zigzag bağlı bir bobinde oluşturulan suni yıldız noktasına bağlanır. Jeneratörlerin sebep olduğu 3 ve 3'ün katları harmonik akımları, jeneratör veya blok transformatörün birinde üçgen bağlama kullanılmak suretiyle bloke edilir. Kutular ve endüvi olukları uygun tasarlanarak 5. ve 7. harmonik gerilimlerini sınırlamak mümkündür. Burada dikkate değer en düşük harmonik 11. harmoniktir.

#### 4.1.4 Ark fırınları

Ark fırınları geniş harmonik spektrumları ile enerji sistemine bağlanan büyük güçlü harmonik kaynaklarından biri olarak önemli bir yer tutar. Bunlar, yüksek gerilim iletim şebekesine direkt olarak bağlanan, anma gücü MW mertebesinde olan ve elektriksel arkı oluşumu esasına dayanan fırınlardır. Ark fırınları, elektrik arkının akım-gerilim karakteristiğinin lineer olmaması nedeniyle harmonik üretirler. Ark

olayının başlamasının ardından ark gerilimi azalırken sadece güç sistemi eşdeğer empedansı ile sınırlandırılan ark akımı artar. Bu anda ark olayında negatif direnç etkisi görülür. Ark fırınlarının empedansı dengesiz olup, zamana göre rasgele değişim gösterir. Ayrıca ark olayında akım ile gerilim, ark ocağının gücüne ve çalışma safhasına bağlı olarak değişir. Buna ait değişimler osilogram ile kaydedildikten sonra harmonik analizörleri yardımıyla spektrumunu elde edilebilir.

Zaman zaman ark tutuşması veya sönmesi de harmonik akımları oluşmasına yol açmaktadır. Harmonikler en üst düzeye, ergitme safhasında ulaşırlar. Arıtma safhasında ise tamamen erimiş, metal karşısında her yarım dalgada tutuşan ark her seferinde bir öncekine benzer bir durum gösterir. Bu nedenle, akım harmonikleri daha düşük düzeyde ve istikrarlıdır. Ark olayında akım ile gerilim, ark ocağının gücüne, çalışma safhasına, ocaktaki malzemeye ve elektrot mesafesine bağlı olarak değişir. (Kocatepe,C.,Pr.Dr.,2005)

Bu konuda yapılan deneysel çalışmalardan çeşitli değerler elde edilmiştir. Örneğin, tipik bir ark fırınında 2,3,...,9 mertebesinde akım harmonikleri bulunmuş ve maksimum harmonik bileşenin temel bileşenin %30'u kadar olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca 2,3,4 ve 5 mertebesindeki akım harmoniklerinin temel bileşen akımının yaklaşık %2'si ile %4'ü arasında 6,7,...,10 mertebesindeki akım harmoniklerinin ise temel bileşen akımının yaklaşık %0.4'ü ile %1.3'ü arasında dağılım gösterdiği de tespit edilmiştir. (Kocatepe,C.,Pr.Dr.,2005)

#### **4.1.5 Gaz deşarj prensibi ile çalışan aydınlatma elemanları**

Bir tüp içerisindeki gazın deşarjı prensibine dayanarak geliştirilen aydınlatma elemanları (civa buharlı lambalar, floresant lambalar, sodyum buharlı lambalar vb.) nonlineer akım-gerilim karakteristiğine sahip olduğu için harmonik üretirler. Bu tip lambalar iletim esnasında negatif direnç karakteristiği gösterirler. Bina ve çevre aydınlatmasında yaygın olarak kullanılan floresant lamba tesislerinde tek harmoniklerin seviyesi önemli oranda sistemi etkiler. Özellikle üçüncü harmonik ve üçüncü harmoniğin katları mertebesindeki harmonik akım bileşenleri, üç fazlı dört

iletkenli aydınlatma devrelerinde nötr iletkeninden geçerek yüklenen iletkenin ısınmasına yol açar. (Kocatepe,C.,Pr.Dr.,2005)

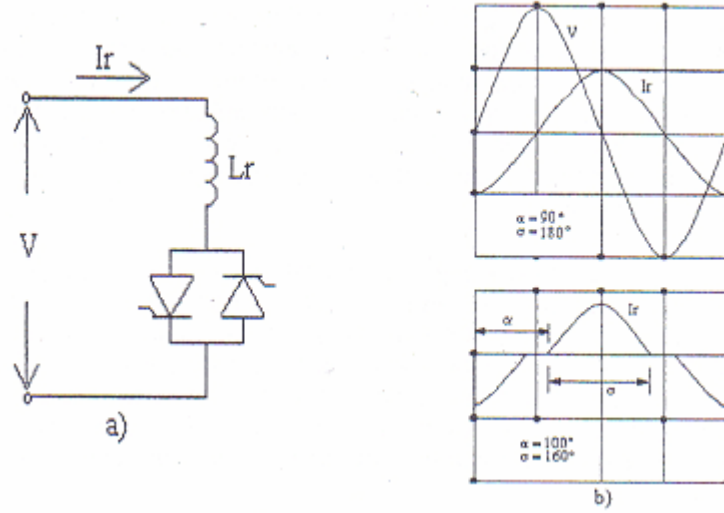
Ayrıca floresant lambalara bağlanan balastların da manyetik devreleri olması nedeniyle bu yardımcı elemanlar da harmonik üretirler. Son yıllarda manyetik balastların yerine kullanılmak üzere geliştirilen ve anahtarlamalı güç kaynağı prensibi ile çalışan elektronik balastlarda harmonik üretmekle beraber balast içerisine monte edilen filtre ile elektronik balastın ürettiği harmonik bileşenlerini gidermek mümkündür. Aşağıdaki çizelgede manyetik balastlı bir floresant ışık akımının harmonik spektrumu verilmiştir.

Tablo 4.1: Manyetik balastlı bir floresant lamba akımının harmonik spektrumu

	Harmonik meretebesi(n)										
	1.	3.	5.	7.	9.	11.	13.	15.	17.	19.	21.
$(\%) \frac{I_n}{I_1}$	100	19.9	7.4	3.2	2.4	1.8	0.8	0.4	0.1	0.2	0.1

#### 4.1.6 Statik VAR kompanzatörler

Tristör kontrollü reaktör (TKR) içeren statik Var kompanzatörleri, ilk olarak 1970’li yıllarda kullanılmaya başlanmış olup günümüzde de iletim hatlarında yaygın kullanıma sahiptirler. Sürekli ve hızlı bir reaktif güç ve gerilim kontrolü sağlama kabiliyetleri sebebiyle tristör kontrollü reaktörler, güç sisteminin performansını pek çok yönden geliştirebilirler. Bunlar, güç frekansında geçici aşırı gerilimlerin kontrolü, gerilim çökmesinin önlenmesi, geçici kararlılığın artırılması, iletim ve dağıtım sistemlerinde dengesiz yükleri besleyen üç fazlı sistemlerin dengelenmesi ve kesintili sürelerde çalışan yüklerin sebep olduğu gerilim salınımları önlenmesi olarak sıralanabilir. Güç sistemlerinde reaktif güç kontrolü amacıyla kullanılan tristör kontrollü reaktör içeren statik Var kompanzatörleri, içerdikleri nonlineer elemanlar sebebiyle lineer olmayan uç karakteristiğine sahiptirler. Statik VAR kompanzatörler bu sebeple bağlı oldukları güç sisteminde nonsinüsoidal büyüklüklere neden olurlar. Bu büyüklükler güç sisteminde bir takım olumsuz etkiler meydana getirdiklerinden, sistemin davranışı harmonik bileşenler göz önüne alınarak analiz edilmelidir.



Şekil 4.4:Tristör kontrollü reaktörün a)Temel elemanları b)Gerilim ve dalga akım şekli (Kocatepe,C.,Pr.Dr.,2005)

Bir tristör kontrollü reaktörün temel elemanları Şekil 4.4a'da görüldüğü gibi ters paralel bağlı iki tristör ile buna seri bağlı reaktörden oluşur. Bu iki ters paralel bağlı tristör simetrik bir biçimde tetiklenmektedir. Buradaki tristörler zamana bağlı olarak akımın temel bileşenini kontrol eder. Tristörlerin her biri uçlarındaki gerilimin sıfır geçiş anından itibaren ölçülen tetikleme açısına( $\alpha$ ) ya da iletim açısına ( $\sigma$ ) bağlı olup dönüşümlü olarak yarım periyotluk sürelerle iletimde olurlar. Tam iletim hali, tetikleme açısının 90 dereceye eşit olmasıyla elde edilir. Bu durumda akım, tam endüktif karakterde ve sinüsoidaldir. Şekil 4.4b'de görüldüğü gibi tetikleme açısının 90 derece ile 180 derece değerleri arasında kısmi iletim söz konusudur. Tetikleme açılarının 0 derece ile 90 derece değerleri arasında olması durumunda, doğru akım bileşenli asimetrik akımlar meydana geleceğinden, bu aralıklarda işletimine pratikte müsaade edilmez.

$$\bullet I_{r1}(\sigma) = \frac{V}{X_r} \left[ \frac{\sigma - \sin(\sigma)}{\pi} \right] \quad (4.4)$$

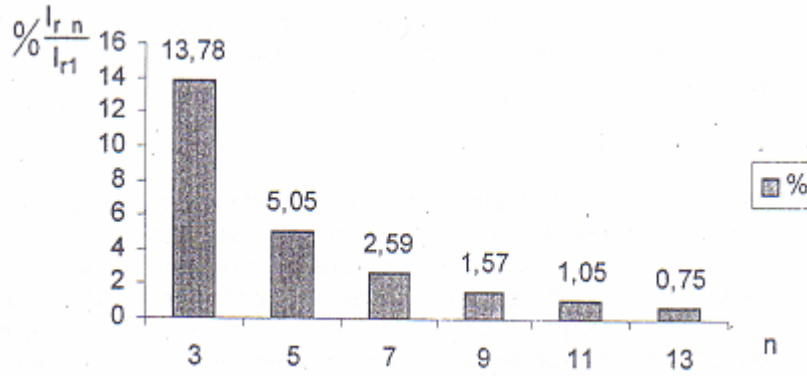
$$\bullet I_{rn} = \frac{4.V}{X_r \cdot \pi} \left[ \frac{\sin(n+1)\alpha}{2(n+1)} + \frac{\sin(n-1)\alpha}{2(n-1)} - \cos\alpha \cdot \frac{\sin n\alpha}{n} \right] \quad (4.5)$$



Olarak elde edilir.( $n=3,5,7,\dots$ ) Burada  $X_r$  temel frekanstaki reaktörün reaktansdır. Tetikleme açısı  $\alpha$  'nın artması ( $\sigma$  iletim açısının azalması) sonucu, temel bileşen akımının ( $I_{r1}$ ) değeri düşecektir. Tetikleme açısıyla iletim açısı arasında

$$\bullet \sigma = 2(\pi - \alpha) \quad (4.6)$$

eşitliği vardır. Akımın temel frekans bileşeni dikkate alındığında, tristör kontrollü reaktör, kontrol edilebilir bir süseptans elemanı olarak algılanabilir.



Şekil 4.5: TKR'de harmonik akımların maksimum genlikleri. (Kocatepe,C.,Pr.Dr.,2005)

Dengeli yüklenme koşulları altında TKR, tek dereceli harmonikler üretir. Eğer TKR'de üçgen bağlantı yapılırsa 3.harmonik ile 3'ün katları olan harmonikler şebekeye verilmez ve bağlantı içinde elimine edilir. Bir TKR'ye ait olan harmonik akımların ( $I_{rn}$ ) temel bileşen akımına ( $I_{r1}$ ) oranı yüzde olarak şekil 4.5'te verilmiştir.

Nonsinüsoidal büyüklüklerin içerdikleri harmonik bileşenlerden herhangi biri sistemi rezonansa sokabilir ve bu durumda, TKR içeren devrelerin rezonans sonucu etkin harmonik üretimine ve süresizliğe sebep olacak çalışma noktalarında işletilmemesine çok dikkat edilmelidir.

#### 4.1.7 Fotovoltaik sistemler

Fotovoltaik sistemler harmonik üretme bakımından genel olarak konverterlerden kaynaklanan harmonik etkinliğe sahiptirler. Bu sistemler elektrik enerjisini fotovoltaik yoldan elde eden sistemler olup, ürettikleri doğru akımı alternatif akıma dönüştürmek için konverterleri kullanırlar. Dolayısıyla dönüşüm esnasında yarı iletken elemanların sebep olduğu harmonikler söz konusu olmamaktadır.



Şekil 4.6: Fotovoltaik enerji üretimi blok şeması(Kocatepe,C.,Pr.Dr.,2005)

#### 4.1.8 Bilgisayarlar

Hassas yüklerden biri olan bilgisayar sistemleri, yalnızca bozucu etkilerden etkilenmekle kalmayıp aynı zamanda birer etki kaynağıdır. Bilgisayarların nonlineer yük karakteristikleri, güç sistemlerinde anormal gerilim düşümleri, nötr iletkenlerinin aşırı yüklenmesi ve hat geriliminin distorsiyonları gibi bozucu etkilere neden olabilmektedir.

#### 4.1.9 Elektronik balastlar

Gün geçtikçe hayatımızın her safhasında daha belirgin bir şekilde giren elektronik sanayi, şebekede harmonik etkinliğinin de artmasına sebep olmaktadır. Aydınlatmada kullanılan elemanlardan, elektronik balastlarda harmonik üreticisidirler. Filtreli veya filtresiz olarak imal edilen bu balastlar eğer filtreli ise harmonik etkinliği yok sayılır. Filtresiz olarak kullanılan yüksek frekanslı elektronik balastlarda en etkin harmonik bileşenler 3.,5.,7.,9. bileşenlerdir, 13.harmonikten sonra temel bileşenin 1/3'ünden daha küçük değerlerde harmonik bileşenlere sahiptir.

## 5.HARMONİKLERİN TEMEL ZARARLI ETKİLERİ

- Kondansatör gruplarının yalıtkanlıklarının bozulmasına veya kondansatörün aşırı yükten dolayı kötü çalışmasına,
- Taşıyıcı güç sistemleri ve dalga kontrolünde parazite, yük kontrolü, ölçme uzaktan anahtarlama yapan sistemlerin kötü çalışmasına,
- Asenkron ve senkron makinelerde aşırı ısınmaya ve bundan dolayı kayıplara,
- Rezonans nedeniyle sistemde aşırı gerilim ve aşırı akımlara,
- Sistemde oluşturduğu aşırı gerilimden dolayı, kullanılan iletkenlerin yalıtkanlıklarının bozulmasına,
- İletişim sistemlerinde parazite,
- Endüksiyon prensibine göre çalışan Ölçü aletlerinde hatalara,
- İşaret parazitlerine ve rölelerin kötü çalışmasına (özellikle mikroişlemci kontrollü sistemlerin kötü çalışmasına),
- Yaygın olarak kullanılan motor denetleyicilerinde ve güç istasyonu uyarım sistemlerinde parazite,
- Asenkron ve senkron makinelerde mekaniksel titreşime,
- Sıfır gerilim geçişine veya tetiklemeye dayanan ateşleme devrelerinin kararsız çalışmasına neden olur.”
- Motorlar ve diğer aparatlarda fazladan ses,
- Kompanzasyon kapasitörleri ve kablo kapasitansının varlığı, bozulmaya sebep olan yükten uzak bir noktada bile, şebekede gerilim artışlarına neden olan seri ve paralel rezonanslara yol açabilmektedir.

Yukarıdakiler kadar, ara-harmonikler de şebekeyi karıştırabilir, alt-harmonik düzeyleri titreşime yol açabilir.

Harmonik gerilim kapsamını tavsiye edilen düzeylerde tutmak için günümüzde kullanılan ana çözümler;

Yüksek darbeli doğrultma (süzgeç, konvertörler v.s.) kullanımı,  
Özel frekanslara ayarlanan yada band-geçiren tipi pasif filtreler,  
Aktif filtre ve koşullandırıcılar.(Arrilaga,J.,1985)

Doğal olarak bu etkiler, harmonik kaynaklara, bunların güç sistemlerinde yerleşimlerine ve harmoniklerin yayılımını yükselten şebeke karakteristiklerine bağlıdır.

### 5.1 Transformatörler Üzerindeki Etkiler

Transformatörlerde harmoniklerin etkileri iki kısımda incelenebilir.

Akım harmoniklerinin etkileri:

- Akım devresinde akan yüksek harmoniklerden dolayı ek joule ( $I^2 R$ ) kayıplarının oluşması,
- Çekirdek kaybının artması,
- Haberleşme devreleri ve emniyet araçları üzerine magnetik etkiler yapması.

Gerilim harmoniklerinin etkileri:

- Dielektrik zorlanmasının artması,
- Haberleşme devrelerine elektrostatik etkiler yapması,
- Transformatörün endüktansı ile transformatöre bağlı bir tüketicinin kapasitansı arasında rezonans meydana getirebilmesi (Kocatepe,C.,Pr.Dr.,2005).
- Harmonik frekanslarının karesiyle orantılı olan iletkenlerdeki girdap akımı kayıplarının toplamı;

$$\bullet W_E = \sum_{n=1}^{\infty} \left( \frac{n.I_n}{I_1} \right)^2 \quad (5.1)$$

şeklinde yazılabilir. Burada;

$W_E$  = Toplam girdap akımı kaybı

$W$  = Nominal temel akımda girdap akımı kaybı

$I_n$  = n. harmonik akımı

$I_n$  = Nominal temel akım

n = Harmonik derecesi

Sinüs şeklinde bir gerilimle beslenen bir transformatörün çekirdek kayıpları;

$$P_{\text{çekirdek}} = (k_1, f + k_2, f^2) V^2 \quad (5.2)$$

şeklinde yazılabilir. Burada ilk terim histerezis kaybı ve ikinci terim çekirdekteki girdap akımı kaybıdır.

Diğer bir etki de üçlü-N harmoniklerle ilgilidir. Üçlü-N harmonikleri üçgen sargıya geldiklerinde hepsi aynı fazda oldukları için sargı içinde dolanırlar, etkin bir şekilde absorbe olmuşlardır ve besleme devresine ulaşmazlar. Bu nedenle, üçgen sargılı transformatörler izole özellikli transformatörler olarak yararlıdır. Ancak üçlü-N özelliği taşımayan diğer tüm harmonikler için durum farklıdır, bunlar devreye yayılırlar. Transformatörlerin anma değerlerinin belirlenmesinde, sirkülasyon akımlarının dikkate alınması gerekir. (Kocatepe,C.,Pr.Dr.,2005)

IEEE standartları transformatör tarafından nakledilen yük akımındaki harmoniklerde bir sınırlama önermektedir. Bu standart da transformatörün kararlı durumda dayanabileceği maksimum aşın gerilimin etkin değerini vermektedir. Bu değer yüksüz durumda % 10 ve nominal yükte %5'tir.

Transformatör kayıplarına, frekansa bağlı harmonik gerilimlerin ve harmonik akımların her ikisinin neden olduğuna dikkat edilmelidir. Kayıplar artan frekansla artar ve bunun sonucunda yüksek frekanslı harmonik bileşenler, transformatörün ısınmasına neden olan daha düşük frekanslı harmonik bileşenlerden daha önemli olabilmektedir. Transformatör ve generatörler, aşın ısınmadan dolayı anma değerlerinin %70'ine ulaştıklarında devre dışı kalabilirler.

## 5.2. Döner Makineler Üzerindeki Etkiler

Harmonik akım ve gerilimlerin döner makinalar üzerindeki birincil etkisi, diğer elemanlarda olduğu gibi harmonik frekanslarındaki demir ve bakır kayıpları nedeniyle ısınmadaki artıştır. Ayrıca harmonik bileşenler, makina verimine ve momentine etki ederler.

Elektrik makinalarındaki kayıplar uygulanan gerilimin frekans içeriğine bağlıdır. Motor sıcaklığındaki artış motorun ömrünü kısaltmaktadır. Bundan en fazla tek fazlı motorlar etkilenmektedir (Özen,N.,2004).

## 5.3. Generatörler Ve Şebeke Gerilimi Üzerindeki Etkiler

Bilindiği gibi endüktif reaktans, frekansla orantılı olarak artar. Bu nedenle temel harmonikteki değeri  $X_L$  olan endüktif bir reaktans, harmonik derecesi  $n$  olan bir akım karşısında;

$$\bullet X_{Ln} = n.X_L \quad (5.3)$$

değerini alır. Yani akımın frekansı büyüdükçe endüktif reaktans değeri de büyür. Her ne kadar boşta çalışan generatörlerde sinüs şeklinde bir gerilim endüklenirse de şebekede üretilen harmonikler nedeniyle, yüklenen generatör sargılarından harmonikli akımlar geçtiğinde, bunlar, stator kaçak reaktanslarında kaçak alanlar ve yüksek harmonikli gerilim düşümü meydana getirirler, (jeneratörde endüklenen gerilim sinüs şeklinde olmasına rağmen, bu nedenle generatör uçlarındaki gerilimin ve şebeke geriliminin şekli bozulur (Özen,N.2004).

Tablo 5.1 Generatörler için negatif sıralı akün sınırlamaları(Özen,N.,2004)

Generatörün türü	İzin verilen %
Silindirik rotorlu	
Endirekt soğutma	10
Direkt soğutma	
960 MVA'e kadar	8
961-1200MVA	6
1201-1500 MVA	5

#### 5.4. Gerilim Düşümünün Artması Ve Fliker Olayı

Harmonik akımlarının frekansları, normal şebeke frekansı 50 Hz'in n katlarına eşit olduğundan, bu akımlar karşısında generatör, transformatör ve hat reaktansları üzerinde meydana gelen gerilim düşümleri de n ile orantılı olarak artar. Bu gerilim düşümlerinin frekansları n ile orantılı olduğundan, bunların normal gerilim ile birleşmesi sonucunda gerilim şekli bozulur.

Örneğin ark ocakları gibi, olayların hızlı değiştiği yerlerde, harmonik akımların yol açtıkları gerilim düşümleri de zamana bağlı olarak hızlı değiştiğinden, şebeke geriliminde 2-15 Hz mertebesinde titreşimler baş gösterir; buna fliker olayı denir. Bu olay yakında bulunan tesislerdeki cihazlara ve aydınlatma tüketicilerine olumsuz olarak etki yapar. Özellikle akkor telli lambalarda ışığın titreşimine yol açar; bu da gözleri çok rahatsız eder.(Atasal,M.,2000)

#### 5.5. Kondansatör Üniteleri Üzerindeki Etkiler

Harmonik seviyelerinde, gerilim ve güç katsayısının düzeltilmesinde kullanılan paralel kondansatörler, önemli bir etki yapmaktadır. Kondansatörler harmonik üretmezler, ancak şebekelerde rezonansa geçme olasılıkları vardır. Eğer bu kondansatörler, sistemde harmonik frekansı yakınında rezonansa geçiyorlarsa, yüksek akım veya gerilimlere neden olabilirler. Kondansatör grubu bulunan düşük gerilim sisteminin rezonans frekansı;

$$\bullet f_r = \sqrt{Q_s / Q_c} \quad (5.4)$$

sekinde bulunabilir. Burada;

$f_r$  = Rezonansın oluştuğu harmonik derecesi

$Q_s$  = Oluşan kısa devre gücü (kVA)

$Q_c$  = Kondansatör grubunun gücü (kVAr)

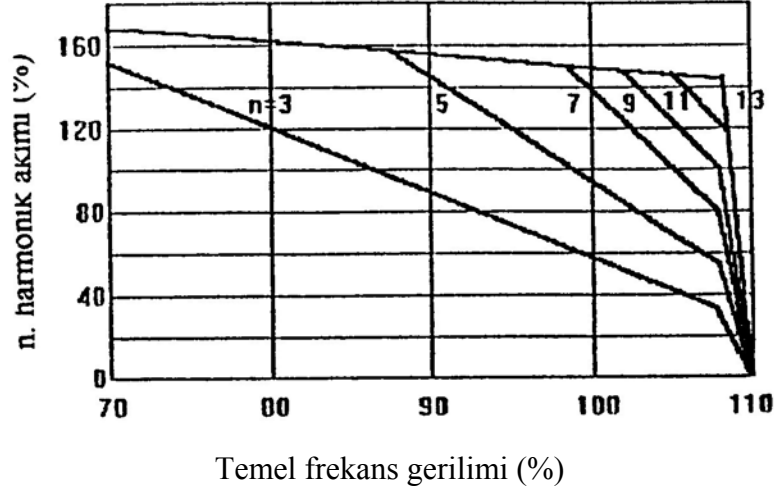
- Birçok düşük gerilim kuruluşlarında, aşağıdaki kurallar izlenmektedir;
- Eğer harmoniğin yük üzerine oluşturduğu kVA cinsinden etkisi, transformatörün gücünün (kVA) %10'undan küçükse, kondansatörler rezonanstan endişelenmeden kullanılabilir.
- Eğer harmoniğin yük üzerinde oluşturduğu kVA cinsinden etkisi, transformatörün gücünün (kVA) %30'undan küçükse ve kondansatör gücü (kVAr), transformatör gücünün %20'sinden küçükse kondansatörler rezonanstan endişelenmeden kullanılabilir.
- Eğer harmoniklerin yük üzerinde oluşturduğu kVA cinsinden etkisi, transformatörün gücünün (kVA) %30'undan büyükse, kondansatörler filtre olarak kullanılmalıdır.

Ayrıca harmonik bileşenler, kondansatörlerde ısınmaya ve yalıtım zorlanmalarına neden olmaktadır. ANSI/IEEE 18-1980 standardı, kondansatörlerde gerilim, akım ve reaktif güçlerin maksimum kabul edilebilir harmonik sınırlarını vermektedir. Bu standart gösterir ki, içerisinde harmonik bulunduğu durumda kondansatörler aşağıdaki sınırlarda sürekli çalışabilir.

- nominal etkin gerilimin %110'u
- nominal tepe geriliminin %120'si
- nominal etkin akımın % 180'i
- nominal reaktif gücün % 13 5'i



Bir harmonik oluştuğunda (sık sık karşılaşılan durumlara benzer) Şekil 5.1'de verilen ANSI/IEEE 18'de temel gerilimde verilen her sınırlama için, izin verilen maksimum harmonik akımı saptanmıştır.



Şekil 5.1. Temel frekans geriliminde, izin verilen maksimum harmonik akımı (Özen,N.,2004).

Kapasitif reaktans, frekansla ters orantılı olarak değişir. Bu nedenle temel harmonikteki değeri  $X_c$  olan kapasitif reaktans, harmonik derecesi  $n$  olan bir akımda;

$$\bullet X_m = X_c / n \quad (5.5)$$

değerini alır. Yani akımın frekansı büyüdükçe kapasitif reaktans küçülür. Bunun sonucu olarak büyük harmonik frekanslarında kondansatörler daha büyük akımlar çeker ve aşırı yüklenir,  $n$ . harmoniğin  $U_B$  gerilimi altında kondansatörün çektiği akım;

$$\bullet I_n = \omega_n \cdot C \cdot U_n = n \cdot \omega \cdot C \cdot U_n \quad (5.6)$$

ve gücü;

$$\bullet Q_n = n \cdot \omega \cdot C \cdot U_n^2 = I_n^2 / (N \cdot \omega \cdot C) \quad (5.7)$$

değerini alır. Burada  $w = w_1$  temel harmoniğin dairesel frekansıdır. Kondansatörün uçlarındaki gerilimin etkin değeri;

$$\bullet U_c = \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} U_n^2} \quad (5.8)$$

dir. Kondansatör uçlarındaki akımın etkin değerini de aynı şekilde harmonik akımlarının karesel ortalamasına eşittir.

$$\bullet I_c = \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} I_n^2} \quad (5.9)$$

Bu akım, harmonikli gerilimin etkin değerine eşit sinüs şeklinde bir gerilim altında kondansatörün çektiği akımdan büyüktür. Bu nedenle kondansatör tesislerinde besleme iletkeninin kesitinin, sigortaların ve anahtarların seçiminde, harmonikli akımın sinüs şeklinde nominal akımdan daha büyük olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

## 5.6. İletim Sistemlerinde Harmoniklerin Etkileri

Bir şebekede harmonik akımların akışı, iki ana etki meydana getirir. Bunlardan biri akım dalga şeklinin artırılmış etkin değerinin neden olduğu ilave iletim kaybıdır, örneğin bu (5.10) ifadesiyle gösterilebilir.

$$\bullet \sum_{n=2}^{\infty} I_n^2 \cdot R_n \quad (5.11)$$

Burada  $I_n$ , n.harmonik akımın  $R_n$  ise harmonik frekansındaki sistem direncini gösterir.

Harmonik akım akışının ikinci etkisi, farklı devre empedansları geçişlerinde harmonik gerilim düşümlerinin yaratılmasıdır. Kablo ile taşıma durumunda, harmonik gerilimler, kendi tepe gerilimlerine oranla dielektrik gerilmeleri artırır. Bu etki kablonun yararlı ömrünü kısalttığı gibi, arıza sayısındaki artışlara da neden olur ve bu yüzden onarım maliyetleri de artar.

Korona başlangıcındaki ve sönme seviyelerindeki harmoniklerin etkileri, tepeden tepeye gerilimin bir fonksiyonudur. Tepe gerilimi, temel bileşen ve harmonikler arasındaki faz ilişkisine bağlıdır.

### **5.7. İletkenler Üzerindeki Etkiler**

Harmonik akımlarının iletkenlerde ısınmaya neden olduğu iki durum söz konusudur. Birinci durum literatürde deri olayı(skin effect) ve yakınlık etkisi (proximity effect) olarak adlandırılan etkilerdir. Akım iletkenin dışına doğru yoğunlaştığında iletkenin direnci büyür. Bu olaya deri olayı denir ve frekansla birlikte artar. Yaklaşım etkisi ise iletkenin içindeki akım dağılımının komşu iletkenlerde akan akımın yarattığı magnetik alanlar tarafından etkilenmesi olayıdır. İkinci durum ise, harmonikler, tek fazlı yükleri besleyen üç fazlı dört telli sistemlerin nötr iletkenlerinde anormal ölçülerde büyük akımlara neden olmaktadır. Bazı güç kaynakları önemli oranda üçüncü harmonik üretir. Temel frekanstaki dengeli üç fazlı akımlar nötr iletkeninde akım yaratmazlar. Ancak üç fazlı sistemlerde üçüncü harmonikler nötr iletkeninde birbirlerini zayıflatmaz, tam tersine güçlendirir. Hatta nötr akımı faz akımının 1.7 katına kadar çıkabilir. Nötr iletkenleri faz iletkenleri ile aynı boyutlarda olduğundan, bu durumda nötr iletkeni aşırı yüklenebilir. Bu soruna en çok üç fazlı dağıtım sisteminin, tek fazlı büyük yükleri beslediği ticari binalarda rastlanmaktadır. Söz konusu soruna karşı alınan en yaygın önlem nötr iletkeninin, faz iletkenlerinin iki katı büyüklüğünde boyutlandırılmasıdır (Özen,N.,2004).

### **5.8. Yalıtıma Olan Etkiler**

Sinüs şeklindeki gerilim eğrisine eklenen gerilim harmoniklerinin meydana getirdiği iğne ucu şeklindeki sivri, çok kısa süreli ani gerilim yükselmeleri, örneğin gerilim rezonansı gibi hallerde makina ve transformatör sargılarının izolasyonu ve

kondansatörlerin dielektrik maddesi için büyük bir tehlike oluştururlar ve bazen izolasyonda delinmeye yol açabilirler. Buna karşılık mesnet, askı ve geçiş izolatörleri için bu gibi aşırı gerilimler hemen hemen hiçbir tehlike yaratmazlar. Ayrıca aşırı gerilimin, koronanın başlamasına, yalıtımın bozulmasına ve çalışma arızasına neden olduğu bilinmektedir. Bunlara ek olarak harmonikler güç hattı taşıma sistemlerinde kullanılan hat filtrelerinin kötü çalışmasına neden olmaktadır.

### **5.9. Anahtarlama Elemanları Üzerindeki Etkiler**

Akım dalgasındaki harmonik bileşenler, anahtarın akım kesme yeteneğini olumsuz yönde etkileyebilir. Harmonik bileşenlerin oluşturduğu bu problem, sıfır geçişlerde akımın yüksek  $di/dt$  genliklerinde olması nedeniyle kesme işleminin daha zor yapılmasıdır. Bu durum Şekil 4.3'deki akım şekliyle gösterilmiştir. Burada altı darbeli bir çevirici köprüsünün karakteristiği görülmektedir Şekil 4.3.a'da çevirici bağlantısı nedeniyle sıfır akım geçişi uzatılmıştır. Bununla birlikte Şekil 4.3.b'de sıfır akım geçişinde  $di/dt$ , çevirici bağlantısının kare dalga karakteristikleri nedeniyle çok yüksektir.

Devre kesicisinin başarısızlığı, aşırı harmonikler oluştuğunda, yeterli çalışması gereken söndürme bobinlerinin yetersizliğine bağlanmaktadır. Söndürme bobinleri, kesme işlemi olan yerde, ark oluşunun içerisinde arkın hareketine yardımcı olmaktadır Bu bobinlerin yetersiz çalışması arkın uzamasına neden olmakta ve kesme işlemi başarısızlıkla sonuçlanmaktadır. Benzer problemler devre kesicileri.

Yük kesme aygıtları gibi benzer akını kesme aygıtlarında oluşabilmektedir. Havalı kesiciler harmonik akımlara daha az duyarlıdır.

Kesme işlemi için anahtarlama aygıtlarına gereken harmonik akımların seviyelerinde endüstri tarafından belirlenmiş standartlar yoktur. Bütün kesme testleri nominal besleme frekansında denenmiştir (Kocatepe,C.,Pr.Dr.,2005).

### **5.10 Sigortalar Üzerindeki Etkiler**

Paralel bir kondansatör ünitesindeki sigortanın atması aşırı harmonik seviyelerinin ilk göstergesidir. Büyük harmonik akım seviyeleri, sigortaların zaman - akım karakteristiklerinde değişimlere ve dolayısıyla istenmeyen çalışma biçimlerine neden olabilir. Az miktardaki hatalarda harmonikler, minimum erime zamanlarını bilir.

### **5.11 Koruma Röleleri Üzerindeki Etkiler**

Sistem harmonikleri, rölelerin kötü çalışmasına neden olur. Çalışmaları tepe gerilimlerine ve/veya akımlarına, veya gerilimin sıfır geçişlerine bağlı röleler, dalgalı harmonik bozunumundan oldukça etkilenmektedir. Aşırı seviyedeki üçüncü harmonik akımı, toprak rölelerinin hata yapmasına neden olabilir. Rölelerin harmoniklerden başlıca etkileniş biçimleri şunlardır;

Daha büyük tepe değerleriyle yavaş çalışmak yerine daha küçük tepe değerleriyle hızlı çalışma eğilimi gösterirler.

Statik röle çalışma karakteristiklerinde önemli değişiklikler gözlenir.

Aşırı gerilim ve aşırı akım rölelerinin çalışma karakteristikleri değişir.

Harmonik bileşene bağlı olarak rölelerin çalışma momentlerinin yönü değişebilir.

Çalışma zamanları, ölçülen büyüklükteki frekansın bir fonksiyonu olarak oldukça büyük bir farklılık gösterebilir.

Dengeli empedans röleleri hem ayar ötesi hem de ayar gerisi çalışma gösterebilir.

Fark röleleri yüksek hızda çalışmayabilir.

Genelde rölelerin çalışmasını etkileyen harmonik seviyeleri, diğer elemanlar için kabul edilebilir maksimum harmonik seviyelerinden daha büyüktür. Olağandışı durumlar dışında röle çalışmasını etkileyen harmonik seviyeleri % 10-20 civarındaki seviyelerdir.

### **5.12 Ölçme Aygıtları Üzerindeki Etkileri**

Ölçme ve enstrümantasyon, harmonik akımlardan, özellikle, yüksek harmonik gerilimden dolayı rezonans oluştuğunda etkilenmektedir. Sayaçlar ve aşırı akım

röleleri gibi endüksiyon diskli aygıtlar sadece temel akımı görmek için tasarlanmıştır. Ancak doğrusal olmayan yükler, ve/veya harmonik bozunumu nedeniyle oluşan faz dengesizliklerinden dolayı meydana gelen harmonik akımlar bu aygıtların çalışmalarında hataya neden olabilmektedir.

Modern etkin değer voltmetreleri ve ampermetreleri dalga şeklindeki bozulmalardan nispeten etkilenmezler. Bu aletlerde, giriş gerilimi veya giriş akımı, elektronik bir çoklayıcı kullanılarak üretilmiştir. Bu teknikte gerilim veya akımın etkin değeri harmonik genliğinden veya fazından bağımsızdır.

Test sonuçları göstermektedir ki, modern voltmetre ve ampermetrelerin sinüs biçimli olmayan alanı ve gerilimlerden kaynaklı hataları %0.2'den az olmaktadır.

Tablo 5.2: Kıyılmış bir sinüs dalgasının farklı ateşleme açılarında bozunum ve tepe faktörleri (Özen,N.,2004).

Ateşleme Açısı	Bozunum Faktörü(DF)	Tepe Faktörü(CF)
0°	0	1.41
45°	0.26	1.48
90°	0.65	2.00
135°	1.31	4.69

Etkin değer ölçümü için kalibre edilmiş olan voltmetreler ve ampermetreler, harmoniklerin varlığında hatalı sonuç verir. Örneğin 45°'lik bir ateşleme açısıyla kıyılmış bir sinüs işaretinin etkin değerini, böyle bir alet %13 oranında düşük ölçmektedir. Eğer bu alet bir ampermetre ise, aşın yüklenmiş bir iletkenin fark edilmemesine neden olacaktır.

Akım ve gerilimin elektronik olarak çarpıldığı modem wattmetreler mükemmel bir performans göstermektedir. Test sonuçlarından, bu aletlerin, sinüs biçimli olmayan akım ve gerilimlerden kaynaklanan hataların %0.1'den az olduğu anlaşılmaktadır.

Endüksiyon diskli elektrik sayaçları en yaygın kullanılan enerji ölçerlerdir. Bu aletler, frekans karakteristiklerinden ve doğrusal olmayan davranışlarından dolayı hatalar üretirler. Akımın ve gerilimin her ikisinin de değişmiş olduğu bir testte, bu

sayaçlarda %20'lere kadar varan hatalar meydana gelmiştir. Sinüs biçimli olmayan akım ve gerilimlerin yoğun olarak bulunduğu ortamlarda endüksiyon diskli elektrikli sayaçların kullanımından kaçınmak gerekir. Çünkü, hatalı ölçümler yapmak dışında 400-1000 Hz aralığındaki mekanik rezonanstan kaynaklanan arızalar da olasıdır.

### **5.13 Kontrol Aygıtları Üzerindeki Etkileri**

Özellikle ateşleme anları, gerilimin sıfır geçişlerine göre ayarlanmış olan kontrol cihazları ve otomatik anahtarlar, harmonikler nedeni ile hatalı çalışırlar. Normal frekanslı gerilim üzerine bindirilmiş olan harmonik gerilimleri kısa süreli, iğne şeklinde ani yükselen uçları yarıiletkenlerin delinmesine neden olur.

### **5.14 İletişim Hatları Üzerindeki Etkiler**

Çok yüksek dereceli harmonikler, genliklerinin küçük olması nedeniyle kuvvetli akım tesislerinde zararsız oldukları halde, haberleşme tesislerine parazitler oluşturarak zarar verirler.

Harmonik akımları iletişim hatlarına endüksiyon veya doğrudan iletim yoluyla girerler. Hem endüksiyon yoluyla hem de doğrudan iletim yoluyla akım geçmesine neden olan, sistemin nötr hattı akımıdır.

### **5.15 Aydınlatma Aygıtları Üzerindeki Etkiler**

Akkor flamanlı lambalarda harmonikler, lambanın ömrünü kısaltır. Çünkü lambanın ömrü, çalışma gerilim seviyesine duyarlıdır. Eğer çalışma gerilimi, harmonik bozulma nedeniyle normal etkin gerilime oranla yüksekse, flamanın daha çok ısınmasına ve lamba ömrünün kısalmasına neden olacaktır. Koufman sürekli çalışmada, eğer etkin gerilim sürekli arttırılırsa, lamba ömrünün % 47 azalacağını açıklamıştır. Deşarjlı aydınlatmada, harmoniklerin, duyulabilir gürültüden başka bilinen bir etkisi yoktur.

## 6. ULUSAL VE YEREL STANDARTLAR

### 6.1. Giriş

Şebekede rastlanan akım ve gerilim harmonikleri tüm ülkelerde farklı değerlendirilmektedir. Güç sistemlerinde doğrusal ve doğrusal olmayan yüklerin değişiminde kabul edilmiş bir referans bulunmamaktadır. Ülkelerin kabul ettikleri standartlar tablo 6.2'de verilmiştir.

Tüketici yükü ve cihazları yanında iletim ve dağıtım sistemlerindeki donanımın harmoniklere karşı korunmasında, gerilim bozulmalarına getirilen sınırlamalar yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir.

Gerilim bozulmasının doğal bir sonucu olarak sinüs şeklinde olmayan akımlar, kısa devre gücünün yüksek (empedansın küçük) olduğu noktalarda yüksek genlikli harmonik akımlar üretirler.

Böyle durumlarda gerilim harmonikleri etkisiz olmasına karşın, akım harmonikleri haberleşme devrelerinde önemli problemler oluşturur. Bu nedenlerle, elektromagnetik girişimi ve sistem donanımındaki kayıpları izin verilebilir değerler içinde tutmak için akımı harmoniklerinin de sınırlandırılması gerekir.

Gerilim bozunumu verilen sınırlar içinde tutulabilirse, diğer elemanlar normal olarak çalışabilir.

Tablo 6.1. Gerilim için THD sınırları(Kocatepe,C.,Pr.Dr.,2005)

Gerilim Seviyesi	Özel Sistem İçin	Genel Sistem İçin
460 V	%10	%5
2.4 – 69 kV	%8	%5
69-161kV	%1.5	%2.5
161 kV ve üstü	%1.0	%1.5



Kaynak geriliminin sinüs şeklinde meydana gelen sapsmalarla belirginleşen harmoniklerin kabul edilebilir sınırları Tablo 6.2 ve Tablo 6.4'de verilmiştir.

Harmonik akım sınırlarını veren Tablo 6.3;

- Bağlantı noktasındaki sistem kısa devre akımının ( $I_k$ ), alıcıya ait toplam yük akımının temel bileşenine oranına,
- Bağlantı noktası gerilim seviyesine göre, her bir sıra numaralı harmonik akımının ( $I_n$ ), müşteriye ait toplam yük akımının temel bileşenine ( $I_1$ ) oranı (yüzde) olarak harmonik akım sınırlarını verecek şekilde düzenlenmiştir.

Gerilim harmonik sınırlarını veren Tablo 6.4;

Bağlantı noktası gerilim seviyelerine göre, harmonik geriliminin ( $U_n$ ) temel bileşen gerilimine ( $U_1$ ) oranı (yüzde) olarak düzenlenmiştir.

Bu değerlendirmeler rezonans koşulu dışında geçerlidir. Harmonikler için tanınan sınırlarla, üç saniye süreli ölçümler sonucunda elde edilen ortalama değerler karşılaştırılırken ölçülen büyüklüklerin en büyük %5 değeri atılarak, geri kalan % 95'i değerlendirmeye alınır. Elde edilen büyüklükler Tablo 6.3 ve Tablo 6.4'de verilen gerilim ve akım harmonik değerlerini aşmamalıdır.

## 6.2. Harmonik Bozulmaların Sınırlandırılma Amacı ve Ulusal Harmonik Standartlar

- Kullanıcıların uygun bir besleme gerilim dalga şekline sahip olmalarını sağlamak,
- Sistemdeki mevcut elemanların toleransları ölçüsünde bozulmaları sınırlandırmak,
- Güç sisteminin, diğer sistemlerin çalışmasıyla girişimine engel olmak.

Tablo 6.2. Bazı ülkelerin kabul ettiği harmonik sınırları (Özen,N.,2004)

Ülkeler		THD <sub>v</sub>	THD <sub>i</sub>	Un/U <sub>1</sub> Tek	Un/U <sub>1</sub> Çift	In/I <sub>1</sub>
Avustralya Dağıtım İletim	33 kV	5.0		4,0	2.0	
	33-66 kV	3.0		2.0	1.0	
	110 Kv	1.5		1.0	0.5	
Kanada	12 kV	7.0	12.0	3.0	1.0	8.0
	12-44 kV	6.0	10.0	1.5	1.0	6.0
	155 kV	4.0	8.0	1.0	1.0	4.0
USA Özel	2.4-66 kV	8.0				
	>115kV	1.5				
Genel	33-66 kV	5.0				
	132kV	1.5				
Almanya	Harmonik seviyesi <15kV	3.0			5.0	
Türkiye	Tüm gerilim sev. için	1,6		1.0	0.6	
İngiltere	0,415 kV	5.0		4.0	2.0	
	6.6-11 kV	4.0		3.0	1.75	
	33-66 kV	3.0		2.0	1.0	
	132 kV	1.5		1.0	0.5	

- Tablodaki tüm değerler % olarak verilmiştir.

Tablo 6.3. Bağlantı noktasındaki toplam yük akımı temel bileşeninin yüzdesi olarak maksimum harmonik akım sınırları (Özen,N.,2004)

Harmonik Sırası		OG $1 \leq U_n \leq 34.5 \text{ kV}$					YG $34.5 \leq U_n \leq 154 \text{ kV}$				
Grup	No	$I_n / I_1$					$I_k / I_1$				
		<20	20-50	50-100	100-1000	>1000	<20	20-50	50-100	100-1000	>1000
T E K  H A R M O N İ K L E R	3	4	7	10	12	15	2	3.5	5	6	7.5
	5	4	7	10	12	15	2	3.5	5	6	7.5
	7	4	7	10	12	15	2	3.5	5	6	7.5
	9	4	7	10	12	15	2	3.5	5	6	7.5
	11	2	3.5	4.5	5.5	7	1	1.8	2.3	2.8	3.5
	13	2	3.5	4.5	5.5	7	1	1.8	2.3	2.8	3.5
	15	2	3.5	4.5	5.5	7	1	1.8	2.3	2.8	3.5
	17	1.5	2.5	4	5	6	0.8	1.25	2	2.5	3
	19	1.5	2.5	4	5	6	0.8	1.25	2	2.5	3
	21	1.5	2.5	4	5	6	0.8	1.25	2	2.5	3
	23	0.6	1	1.5	2	2.5	0.3	0.5	0.75	1	1.25
	25	0.6	1	1.5	2	2.5	0.3	0.5	0.75	1	1.25
	27	0.6	1	1.5	2	2.5	0.3	0.5	0.75	1	1.25
	29	0.6	1	1.5	2	2.5	0.3	0.5	0.75	1	1.25
	31	0.6	1	1.5	2	2.5	0.3	0.5	0.75	1	1.25
	33	0.6	1	1.5	2	2.5	0.3	0.5	0.75	1	1.25
	n>35	0.3	0.5	0.7	1	1.4	0.15	0.25	0.35	0.5	0.7
	ÇİFT HARMONİKLER kendinden tek harmoniklerin % 25'i ile sınırlıdır.										
Toplam Akım Bozunumu		5	8	12	15	20	2.5	4	6	7.5	10
Bu değerler üç saniye süreli ortalama değerlerdir.											

- $I_k$  : Bağlantı noktasındaki maksimum kısa devre akımı
- $I_1$  : Bağlantı noktasındaki maksimum yük akımının temel bileşeni

Tablo 6.3. (Devam) Bağlantı noktasındaki toplam yük akımı yüzdesi olarak maksimum harmonik akım sınırları (Özen,N.,2004)

Harmonik Sırası		ÇYG $U_n \leq 154 \text{ kV}$				
Grup	No	$I_k / I_1$				
		<20	20-50	50-100	100-1000	>1000
T E K  H A R M O N İ K L E R	3	1	1.8	2.5	3	3.8
	5	1	1.8	2.5	3	3.8
	7	1	1.8	2.5	3	3.8
	9	1	1.8	2.5	3	3.8
	11	0.5	0.9	1.2	1.4	1.8
	13	0.5	0.9	1.2	1.4	1.8
	15	0.5	0.9	1.2	1.4	1.8
	17	0.4	0.6	1	1.25	1.5
	19	0.4	0.6	1	1.25	1.5
	21	0.4	0.6	1	1.25	1.5
	23	0.15	0.25	0.4	0.5	0.6
	25	0.15	0.25	0.4	0.5	0.6
	27	0.15	0.25	0.4	0.5	0.6
	29	0.15	0.25	0.4	0.5	0.6
	31	0.15	0.25	0.4	0.5	0.6
	33	0.15	0.25	0.4	0.5	0.6
	n>35	0.075	0.12	0.17	0.25	0.35
ÇİFT HARMONİKLER kendinden sonraki tek harmoniklerin % 25'i ile sınırlıdır.						
Toplam Akım Bozunumu		1.25	2	3	3.75	5
Bu değerler üç saniye süreli ortalama değerlerdir.						

- $I_k$ : Bağlantı noktasındaki maksimum kısa devre akımı
- $I_1$ : Bağlantı noktasındaki maksimum yük akımının temel bileşeni

Tablo 6.4. Kabul edilebilir gerilim harmonik sınırları (Özen,N.,2004)

Harmonik Sırası		AG(*)	OG(*)	YG(*)	ÇYG (*)
Grup	No	$U_n < 1$	$1 \leq U_n < 34.5$	$34.5 < U_n < 1$	$U_n > 154$
Üçün katı olmayan tek harmonikler	5	5	5	2	1
	7	4	4	2	1
	11	3	2.5	1.5	0.8
	13	2.1	2	1.5	0.8
	17	1.2	1	0.75	0.5
	19	0.95	0.8	0.75	0.5
	23	0.64	0.5	0.5	0.3
	25	0.54	0.5	0.5	0.3
	>25	$<(0.2+12.5)/$	$<0.2(1+25/n)$	$<0.1(1+25/n)$	$<(0.1+2.5/n)$
Üçün katı harmonikler	3	1.5	1.5	1.5	0.8
	9	0.8	0.8	0.75	0.5
	15	0.3	0.3	0.3	0.1
	21	0.2	0.2	0.2	0.1
	>21	0.2	0.2	0.2	2.1
Çift harmonikler	2	15	1.25	1.0	1
	4	0.76	0.75	0.7	0.7
	6	0.51	0.35	0.3	0.2
	8	0.39	0.2	0.2	0.1
	10	0.325	0.2	S.0.2	0.1
	12	0.2	0.2	0.2	0.1
	>12	0.2	0.2	S.0.2	0.1
Toplam Bozunum		7	5	3	1.5
Bu değerler üç saniye süreli ortalama değerlerdir.					

• (\*) Büyüklükler fazlar arası kV değerlerdir.

Tablo 6.5: 380kV iletim sisteminde kabul edilebilir harmonik gerilim seviyeleri(Kocatepe,C.,Pr.Dr.,2005)

Tek Harmonikler (3 'ün kati olmayan)		Tek Harmonikler (3'ün kati olan)		Çift Harmonikler	
Harmonik No.	Harmonik Gerilim (%)	Harmonik No.	Harmonik Gerilim (%)	Harmonik No.	Harmonik Gerilim (%)
5	1.25	3	1.0	2	0.75
7	1.00	9	0.4	4	0.6
11	0.7	15	0.2	6	0.4
13	0.7	21	0.2	8	0.4
17	0.4	>21	0.2	10	0.4
19	0.4			12	0.2
23	0.4			>12	0.2
25	0.4				
>25	0.2+0.2(25/h)				
Toplam harmonik bozulma seviyesi %2					

Tablo 6.6: 20-154kV arası iletim sisteminde kabul edilebilir harmonik gerilim seviyeleri(Kocatepe,C.,Pr.Dr.,2005)

Tek Harmonikler (3'ün kati olmayan)		Tek Harmonikler (3 'ün kati olan)		Çift Harmonikler	
Harmonik No.	Harmonik Gerilim(%)	Harmonik No.	Harmonik Gerilim(%)	Harmonik No.	Harmonik Gerilim(%)
5	1.5	3	1.75	2	1.0
7	1.5	9	0.75	4	0.8
11	1.0	15	0.3	6	0.5
13	1.0	21	0.2	8	0.4
17	0.75	>21	0.2	10	0.4
19	0.75			12	0.2
23	0.5			>12	0.2
25	0.5				
>25	0.2+0.3(25/h)				
Toplam harmonik bozulma seviyesi %3					

Tablo 6.7: izin verilen azami Fliker Şiddeti(Kocatepe,C.,Pr.Dr.,2005)

Gerilim Seviyesi (V)	Fliker Şiddeti			
	Ast	Pst	Aft	Pft
V>154kV	0.61	0.85	0.25	0.63
34.5kV<V<154kV	0.91	0.97	0.37	0.72
1kV<V<34.5kV	1.52	1.15	0.61	0.85
V<1kV	1.52	1.15	0.61	0.85

Tablo 6.8: Konutlarla ilgili gerilim şebekelerinde IEC 61000-2-2 gerilim harmonik distorsiyon limitleri(Kocatepe,C.,Pr.Dr.,2005)

Tek Harmonikler		Çift Harmonikler		3 ve 3'ün katı Harmonikler	
n	%v <sub>n</sub>	N	%v <sub>n</sub>	N	%v <sub>n</sub>
5	6	2	2	3	5
7	5	4	1	9	1,5
11	3,5	6	0,5	15	0,3
13	3	8	0,5	≥21	0,2
17	2	10	0,5		
19	1,5	≥12	0,2		
23	1,5				
25	1,5				
≥29	K				

$$(k=0,2+12,5/n)$$

Tablo 6.9: Endüstriyel santraller için IEC 61000-2-4 gerilim harmonik distorsiyon limitleri (2.sınıf elemanlar)(Kocatepe,C.,Pr.Dr.,2005)

Tek Harmonikler		Çift Harmonikler		3 ve 3'ün katı Harmonikler	
n	%v <sub>n</sub>	N	%v <sub>n</sub>	n	%v <sub>n</sub>
5	6	2	2	3	5
7	5	4	1	9	1,5
11	3,5	6	0,5	15	0,3
13	3	8	0,5	≥21	0,2
17	2	10	0,5		
19	1,5	≥12	0,2		
23	1,5				
25	1,5				
≥29	k				

$$(k=0,2+12,5/n)$$

IEC 61000-2-4, 3. sınıf olarak endüstriyel tesislere ait iç alan bağlantı noktalarındaki harmonik gerilim yüzdelerinin sınır değerleri Tablo 6.10'da verilmiştir.

Tablo 6.10: Endüstriyel santraller için IEC 61000-2-4 gerilim harmonik distorsiyon limitleri (3.sınıf elemanlar) (Kocatepe,C.,Pr.Dr.,2005)

Tek Harmonikler		Çift Harmonikler		3 ve 3'ün katı Harmonikler	
n	%v <sub>n</sub>	N	%v <sub>n</sub>	n	%v <sub>n</sub>
5	8	2	3	3	6
7	7	4	1,5	9	2,5
11	5	≥6	1	15	2
13	4,5			21	1,75
17	4			≥27	1
19	4				
23	3,5				
25	3,5				
≥29	m				

Avrupa standartları EN 50160'da alçak gerilim ve orta gerilime ait gerilim harmoniklerinin sınır değerleri verilmiştir, bu değerler alçak gerilim şebekesi için Tablo 6.11a'da, orta gerilim şebekesi için Tablo 6.11 b'de görülmektedir.



IEC tarafından cihaz giriş akımı faz başına 16A ve altında olan alçak gerilim dağıtım sistemine bağlanan özel bir dalga şekline sahip donanımlar için belirtilen D sınıfı cihazlar için kabul edilebilen en büyük harmonik akım değerleri IEC 61000-3-2 (1905-03)'de vermiştir (Tablo 6.12). Bu değerler 220V'un altındaki gerilimli sistemler için henüz uygulanmamaktadır. Ayrıca IEC/TS 61000-3-4 (1998-10)'daki teknik rapor, 16 A'in üstündeki akım değerlerine sahip alçak gerilim dağıtım sistemine bağlanacak şu donanımlarla ilgilidir:

- Nominal gerilimi 240 Va kadar, tek fazlı, iki veya üç telli
- Nominal gerilimi 600 Va kadar, üç fazlı, üç veya dört telli
- Nominal frekansı 50 Hz veya 60 Hz olan sistemler

Tablo 6.11 Konutlarla ilgili (a) alçak ve (b) orta gerilim şebekeleri için EN 50160 harmonik distorsiyon limitleri

(a)

Alçak Gerilim Şebekesi (< 1 kV)					
Tek Harmonikler		Çift Harmonikler		3 ve 3'ön katı Harmonikler	
n	%V <sub>n</sub>	N	%V <sub>n</sub>	n	%V <sub>n</sub>
5	6	2	2	3	5
7	5	4	1	9	1,5
11	3,5	6...24	0,5	15	0,5
13	3			21	0,5
17	2				
19	1,5				
23	1,5				
25	1,5				

(b)

Orta Gerilim Şebekesi (1kV<V<35kV)					
Tek Harmonikler		Çift Harmonikler		3 ve 3'ön katı Harmonikler	
n	%V <sub>n</sub>	N	%V <sub>n</sub>	n	%V <sub>n</sub>
5	6	2	2	3	5
7	5	4	1	9	1,5
11	3,5	6...24	0,5	15	0,5
13	3			21	0,5
17	2				
19	1,5				
23	1,5				
25	1,5				

Tablo 6.12 D sınıfı donanım için IEC 61000-3-2'e göre izin verilen maksimum harmonik akımları

n	3	5	7	9	11	13	15...39
Max I <sub>n</sub>	2,3	1,14	0,77	0,40	0,33	0,21	0,15...15/n
Faz başına donanım giriş akımı ≤ 16 A							

IEC-1000-2.2 ise alçak gerilim şebekeleriyle ilgilidir. Gerilimde bulunan harmonik bileşenlerinin temel bileşene oranları için sınır değerler oluşturulmuştur.

IEEE'nin harmonik sınır standartları Tablo 6.13-6.14'de verilmiştir. Bu tablolarda; I<sub>K</sub>, sistemin kısa devre akımını, I<sub>L</sub>, yüke ait maksimum talep akımını (ortalama 15 veya 30 dakikalık), TTD ise toplam . talep distorsiyonunun değerini göstermektedir (TTD değeri, temel bileşen akımının yerine I<sub>L</sub> akımının kullanılmış olması hali dışında THD değeri ile aynıdır). (Kocatepe,C.,Pr.Dr.,2005)

Tablo 6.13: IEEE'nin Gerilim için Harmonik Distorsiyon Sınırları

Bara gerilimi ( $V_n$ )	Tekil harmonik büyüklüğü (%)	(Toplam Harmonik Distorsiyonu) $THD_{V_n}$ (%)
$V_n \leq 69kV$	3.0	5.0
$69 < V_n \leq 161kV$	1.5	2.5
$V_n > 161kV$	1.0	1.5

Transformatör akımındaki harmonikler IEEE C 57.1200 – 1987 tarafından % 5 olarak sınırlandırılmıştır. (Kocatepe,C.,Pr.Dr.,2005)

Ülkemiz açısından harmonik standart değerlerine bakıldığında bu konuda sadece küçük ev aletleri için geliştirilmiş TS 9882 nolu “Ev tipi cihazlar ve benzeri elektrik donanımının elektrik besleme sistemlerinde yol açtığı bozulmalar” adlı harmonik standardı vardır. TS 9882 standardının kapsamına giren elektrikli donanımlar, pişirme ve ısıtma cihazları, motorla çalıştırılan veya manyetik olarak tahrik edilen cihazlar, taşınabilir (portatif) aletler, ışık kısıcılar ile radyo ve televizyon alıcılarıdır. TS 9882 standardı, ev ve benzeri yerlerdeki bu elektrik donanımının besleme sistemlerinde yol açtığı bozulmalara karşı öngörülen şartların belirlenmesi ile bu şartların pratik olarak uygulanma kurallarına ve bozulmalarla ilgili tip deneylerin uygulanma metotları ile ilgilidir.

Tablo 6.14: IEEE'nin genel dağıtım sistemlerine ait akım için harmonik distorsiyon sınırları

$V_n \leq 69\text{kV}$						
$I_K/I_L$	$n < 11$	$11 \leq n < 17$	$17 \leq n < 23$	$23 \leq n < 35$	$n \geq 35$	TTD (%)
<20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20-50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50-100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100-1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0
$69 < V_n \leq 161\text{ kV}$						
<20	2.0	1.0	0.75	0.3	0.15	2.5
20-50	3.5	1.75	1.25	0.5	0.25	4.0
50-100	5.0	2.25	2.0	0.75	0.35	6.0
100-1000	6.0	2.75	2.5	1.0	0.5	7.5
>1000	7.5	3.5	3.0	1.25	0.7	10.0
$V_n > 161\text{ kV}$						
<50	2.0	1.0	0.75	0.3	0.15	2.5
$\geq 50$	3.0	1.5	1.15	0.5	0.22	4.0

## 7.HARMONİKLERİN ÖLÇÜLMESİ VE MODELLENMESİ

Tüm Sektörlere ait ölçümler ana dağıtım panosunun girişindeki ana şalterin çıkış uçlarından alınmıştır. Kullanılan cihazın ismi KBR Multilog'tur ve sektörel incelemelerde tek hat şemaları içinde yerleşim şekli teker teker gösterilmiştir.

Cihazın Kayıt ettiği değerlere dair özellikleri :

3 fazlı olarak ölçülen ve kaydedilen büyüklükler şunlardır:

- Faz-Nötr ile Faz-arası gerilimler ve max-min ve ortalama değerleri,
- Hat akımı ve max-min ve ortalama değerleri
- Aktif, reaktif ve görünür güçler, max-min ve ortalama değerleri
- Güç faktörü değeri ve max-min değerleri,
- Faz başına şebeke frekansı ve max-min değerleri,
- Akım ve gerilim harmonikleri toplam distorsiyon oranları,
- Toplam harmonik akımları
- 3'den 19'a kadar akım ve gerilim harmonik değerleri,
- Ölçülen zaman aralığındaki aktif ve reaktif gücün ortalama değer değişimleridir.

Bu tezin hazırlanmasında kullanılan değerler ise her bir fazdan çekilen yük akımı ve bunlara kaşılık gelen toplam gerilim harmonik distorsiyonu , toplam akım harmonik distorsiyonu ve 3.,5.,7,9.,11.,13.,15.,17.,19., harmonik akım ve gerilim değerleridir .

## 7.1. Eğri Uydurma Yöntemlerinden En Küçük Kareler Metodu

Alınan verilerin değerlendirilmesinde kullanılan yöntemlerden biride eğri uydurma yöntemidir. Bu yöntemi kullanmadaki ana amacımız matlab 6.5. programında çizdirilen denklemlerin hangi metod ile çizdirildiğinin okuyucu tarafından özümsemesine yardımcı olmaktır.

Alan bilgilerine çoğunlukla gürültü değerleri eşlik eder. Bunun yanında tüm kontrol parametreleri sabit kalsa bile (bağımsız değişkenlerde buna dahil) , sonuç değerleri değişkenlik gösterir . Bu yüzden bir prosesin tüm niceliklerini tahmin etmek adına bulunmuş olan yola eğri saptama adı verilir.(efunda)

Eğri saptamaya dair proses sıralanmış alan verilerini yaklaşık olarak bir denklem sistemine uydurmaya çalışmaktır. Buna rağmen , verilen sıralı bir alan bilgisi için her zaman bir eğri uygun değildir. Burada istenilen alandan gelen bilgilerin hepsini bu denklemin sağlamasıdır ve bu yolun ismi "Least Squares Method" yani en küçük kareler metodudur.

### 7.1.1. En küçük kareler metodu

En küçük kareler yöntemi verilen alan bilgilerinin karelerinin toplamının sapma değerinin minimum olduğu durumda en uygun eğrinin bulunduğunu kabul eder.

Farzedelim ki , alan verileri  $(x_1, y_1)$  ,  $(x_2, y_2)$  , ... ,  $(x_n, y_n)$  , x bağımsız değişken ve y'de bağımlı değişken olsun . Saptanan eğri  $f(x)$  ve d'de bu eğrinin her değeri için sapma hatası(deviation) olsun. Buradan  $d_1 = y_1 - f(x_1)$  ,  $d_2 = y_2 - f(x_2)$  , ... ,  $d_n = y_n - f(x_n)$  olarak formülize edilsin. En küçük kareler yöntemine göre en uygun eğri aşağıdaki özelliği sağlamak zorundadır.

$$\bullet \prod = d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + \dots + d_n^2 = \sum_{i=1}^n d_i^2 = \sum_{i=1}^n [y_i - f(x_i)]^2 = \min \quad (7.1)$$

### 7.1.2. Polinomların en küçük kareler yöntemine uygulanması

Polinomlar denklem saptama yönteminin kullanımı sırasında karşımıza çokça çıkan eğrilerdir. Aşağıdaki bölümde en küçük kareler metodunun açıklamasını bulacaksınız.

Birinci olarak bahsetmek istediğim lineer denklem.

$$\bullet y = a + bx \quad (7.2)$$

Alan verilerini  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ , ...,  $(x_n, y_n)$ ,  $n \geq 2$  olarak kabul edelim. Bu durumda en uygun denklem hata değeri en az olandır.

$$\bullet \Pi = \sum_{i=1}^n [y_i - f(x_i)]^2 = \sum_{i=1}^n [y_i - (a + bx_i)]^2 = \min \quad (7.3)$$

Burada dikkat edilmesi gereken bir diğer hususta verilen  $x_i, y_i$  değerlerinin bilinen a ve b değerlerinin bilinmeyen katsayılar olduğudur. En küçük kareler yöntemi hatasını hesaplarken denklemlerin a ve b'ye göre türevlerinin sıfıra eşit olması gerektiğidir.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \Pi}{\partial a} = 2 \sum_{i=1}^n [y_i - (a + bx_i)] = 0 \\ \frac{\partial \Pi}{\partial b} = 2 \sum_{i=1}^n x_i [y_i - (a + bx_i)] = 0 \end{array} \right. \quad (7.4)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \Pi}{\partial a} = 2 \sum_{i=1}^n [y_i - (a + bx_i)] = 0 \\ \frac{\partial \Pi}{\partial b} = 2 \sum_{i=1}^n x_i [y_i - (a + bx_i)] = 0 \end{array} \right. \quad (7.5)$$

Yukarıdaki denklemleri genişletecek olursak, elimize aşağıdaki denklemler geçecektir.

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n y_i = a \sum_{i=1}^n 1 + b \sum_{i=1}^n x_i \\ \sum_{i=1}^n x_i y_i = a \sum_{i=1}^n x_i + b \sum_{i=1}^n x_i^2 \end{array} \right. \quad (7.6)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n y_i = a \sum_{i=1}^n 1 + b \sum_{i=1}^n x_i \\ \sum_{i=1}^n x_i y_i = a \sum_{i=1}^n x_i + b \sum_{i=1}^n x_i^2 \end{array} \right. \quad (7.7)$$

Ve buradan da bilinmeyen a ve b katsayıları aşağıdaki gibi bulunur.

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (7.8)$$

$$b = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (7.9)$$

### 7.1.3. (m.) Dereceden polinomlarda en küçük kareler yöntemi

$m^{\text{th}}$  dereceden bir polinom  $y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_mx^m$  olarak ifade edilir. Burada alan verileri  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ ,  $\dots$ ,  $(x_n, y_n)$  değerlerinin  $n \geq m+1$  değerini sağladığı noktalardır.

Burada  $y = f(x)$  fonksiyonun sağladığı en küçük kareler yöntemi hatasının formülü

$$\bullet \quad \Pi = \sum_{i=1}^n [y_i - f(x_i)]^2 = \sum_{i=1}^n [y_i - (a_0 + a_1x_i + a_2x_i^2 + \dots + a_mx_i^m)]^2 = \min \quad (7.10)$$

Bulunur.

Burada dikkat edilmesi gereken durum  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $\dots$ , ve  $a_m$  bilinmeyen katsayılar olması, alan verilerine karşılık değerlerin  $x_i, y_i$  olması ve bu değerlerin biliniyor olmasıdır. Denklemleri genişletecek ve  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $\dots$ , ve  $a_m$  sırasıyla kısmi türevlerini alacak olursak aşağıdaki denklemlere ulaşılmış oluruz.

$$\frac{\partial \Pi}{\partial a_0} = 2 \sum_{i=1}^n [y_i - (a_0 + a_1x_i + a_2x_i^2 + \dots + a_mx_i^m)] = 0 \quad (7.11)$$

$$\frac{\partial \Pi}{\partial a_1} = 2 \sum_{i=1}^n x_i [y_i - (a_0 + a_1x_i + a_2x_i^2 + \dots + a_mx_i^m)] = 0 \quad (7.12)$$

$$\frac{\partial \Pi}{\partial a_2} = 2 \sum_{i=1}^n x_i^2 [y_i - (a_0 + a_1x_i + a_2x_i^2 + \dots + a_mx_i^m)] = 0 \quad (7.13)$$



$$\frac{\partial \Pi}{\partial a_m} = 2 \sum_{i=1}^n x_i^m \left[ y_i - (a_0 + a_1 x_i + a_2 x_i^2 + \dots + a_m x_i^m) \right] = 0 \quad (7.14)$$

Yukarıdaki denklemleri genişletecek olursak aşağıdaki sonuçlara ulaşırız.

$$\sum_{i=1}^n y_i = a_0 \sum_{i=1}^n 1 + a_1 \sum_{i=1}^n x_i + a_2 \sum_{i=1}^n x_i^2 + \dots + a_m \sum_{i=1}^n x_i^m \quad (7.15)$$

$$\sum_{i=1}^n x_i y_i = a_0 \sum_{i=1}^n x_i + a_1 \sum_{i=1}^n x_i^2 + a_2 \sum_{i=1}^n x_i^3 + \dots + a_m \sum_{i=1}^n x_i^{m+1} \quad (7.16)$$

$$\sum_{i=1}^n x_i^2 y_i = a_0 \sum_{i=1}^n x_i^2 + a_1 \sum_{i=1}^n x_i^3 + a_2 \sum_{i=1}^n x_i^4 + \dots + a_m \sum_{i=1}^n x_i^{m+2} \quad (7.17)$$

$$\sum_{i=1}^n x_i^m y_i = a_0 \sum_{i=1}^n x_i^m + a_1 \sum_{i=1}^n x_i^{m+1} + a_2 \sum_{i=1}^n x_i^{m+2} + \dots + a_m \sum_{i=1}^n x_i^{2m} \quad (7.18)$$

Yukarıdaki denklemler çözülerek  $a_0$  ,  $a_1$  ,  $a_2$  , ... , ve  $a_m$  katsayılarına rahatlıkla ulaşılabilir.

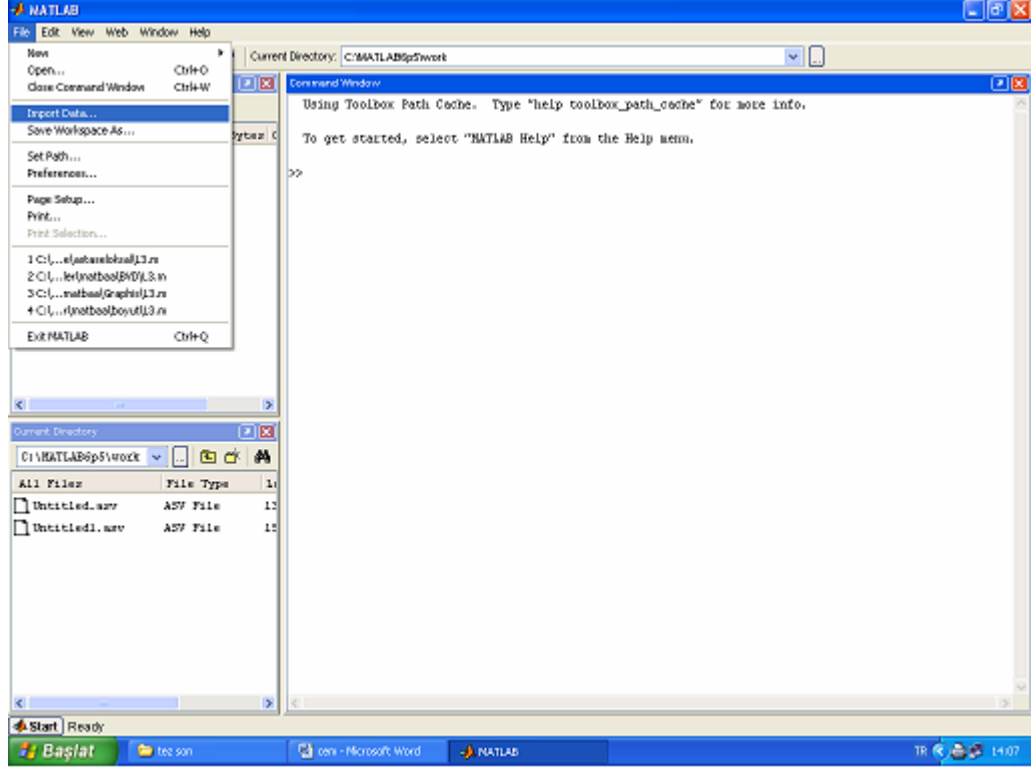
## 7.2.Elde Edilen Veriler Yardımıyla Matlab'te grafik oluşturulması

Bu kısımda işlenen veriler toplam gerilim ve akım harmonik distorsiyonu , 3.,5.,7.,9.,11.,13.,15.,17.,19. akım ve gerilim harmonikleridir. Fabrikalardan alınan verilerin hangi yolla işlendiği mathworks sitesinden alınan örnek bilgilerle ayrıntılarıyla 7.2.1 bölümünde açıklanmıştır.

### 7.2.1 Verilerin bilgisayara yüklenmesi ve grafik oluşturulması

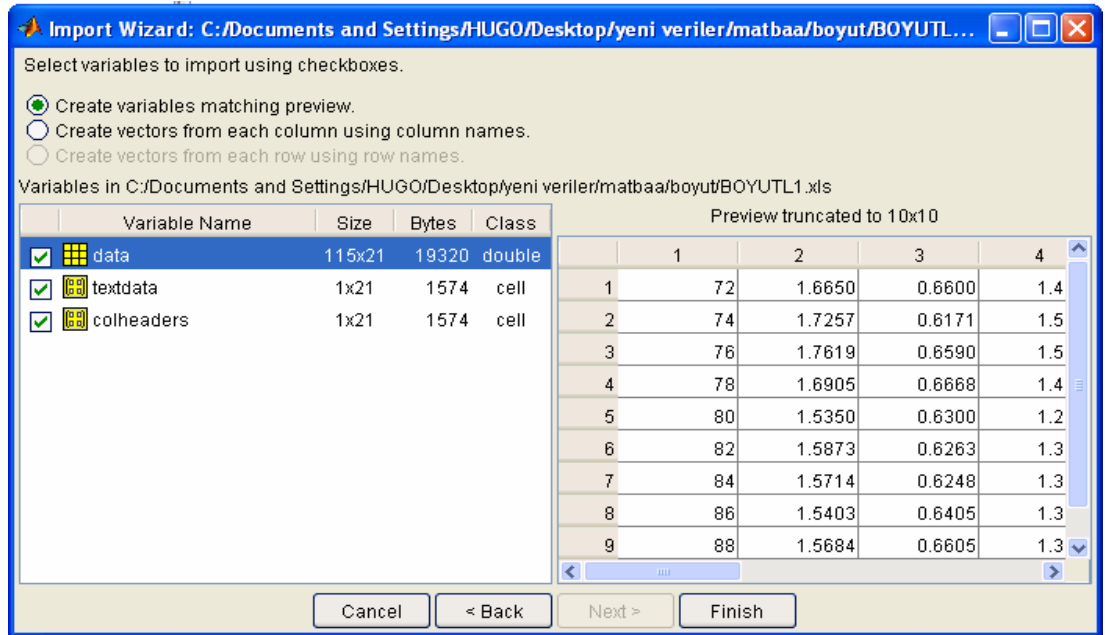
Burada kullanacağımız dosyanın adı OLUSURL1.mat dosyası olsun. Bu dosyanın içerdiği veriler Matbaa sektöründeki Oluşur Matbaa adlı baskı fabrikasının her bir fazdan çektiği akımlarına karşılık gelen harmonik değerleridir. Kullanılan Matlab programının sürümü Matlab R.6.5.

- Verilerin Matlab workspace'e yüklenmesi: Yüklenmek istenen Excel tabanlı bilgi file menüsü içerisinde import data komutuyla matlab workspace'e transfer edilir.



Şekil 7.1.: Import data komutunun kullanımı

- İstenen dosya bulunup aç komutuna basıldıktan sonra karşımıza aşağıdaki ekran ulaşacaktır.

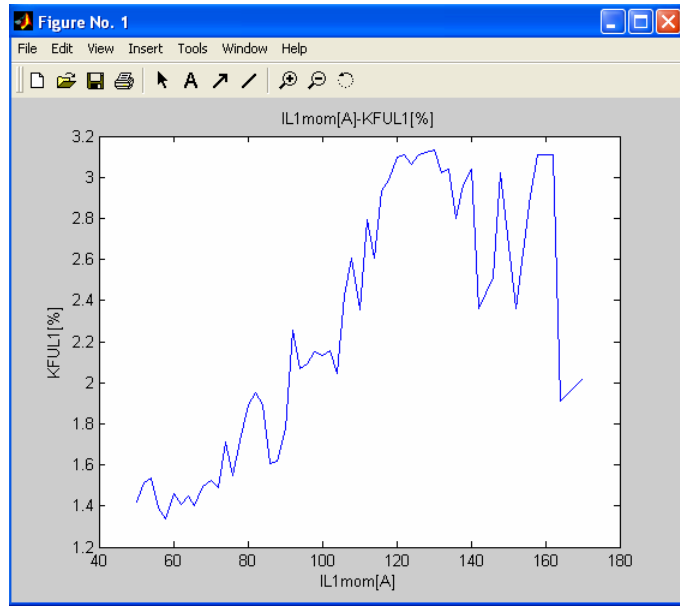


Şekil 7.2.: Import Wizard menü ekranı

- Buradan sağ alt köşedeki finish butonuna basıldığında veriler matlab workspace'e yüklenmiş olacaktır.
- Yine file menüsü içindeki daha önceden yazılmış olan aşağıdaki program kullanılarak grafikler ekrana yansıtılır.

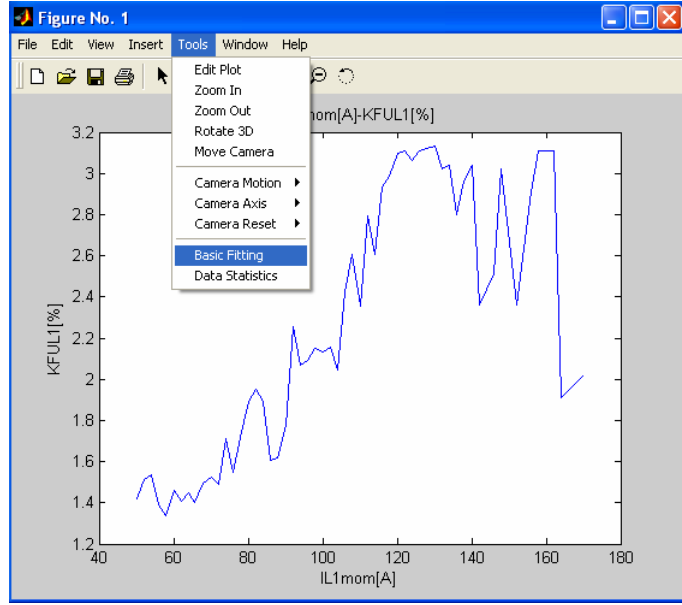
### 7.2.2. Oluşturulan grafiklere karşılık gelen denklemlerin belirlenmesi

Matlab Workspace'te oluşturulan grafikler aşağıdaki şekildedir.

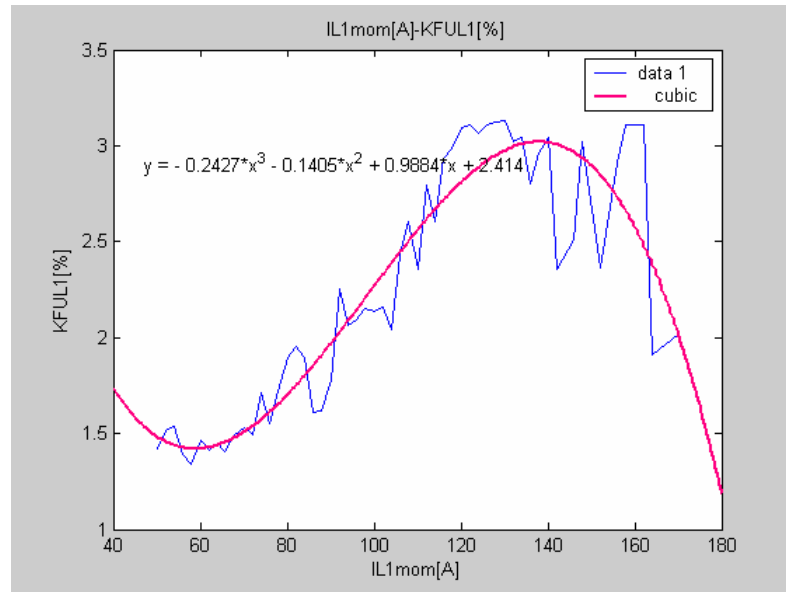


Şekil 7.3.: Oluşur Matbaa'ya ait IL1mom-KFUL1 grafiği

- Grafik oluşturulduktan sonra yine aynı grafik penceresi içinde yer alan Tools menüsü içerisinde Basic Fitting sekmesi açılır.

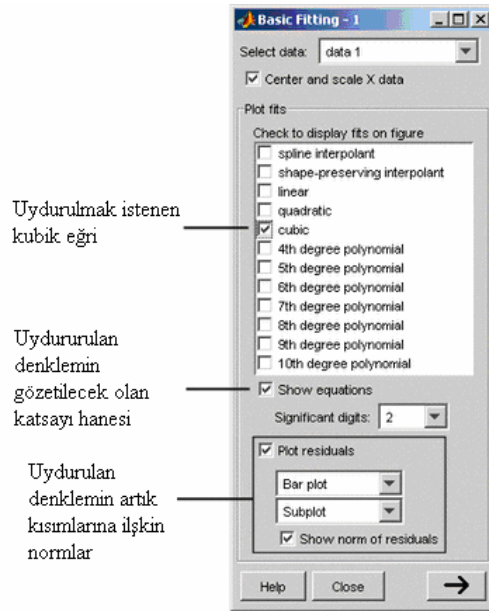


Şekil 7.4.: Yük akımına bağlı toplam gerilim harmonik distorsiyonu



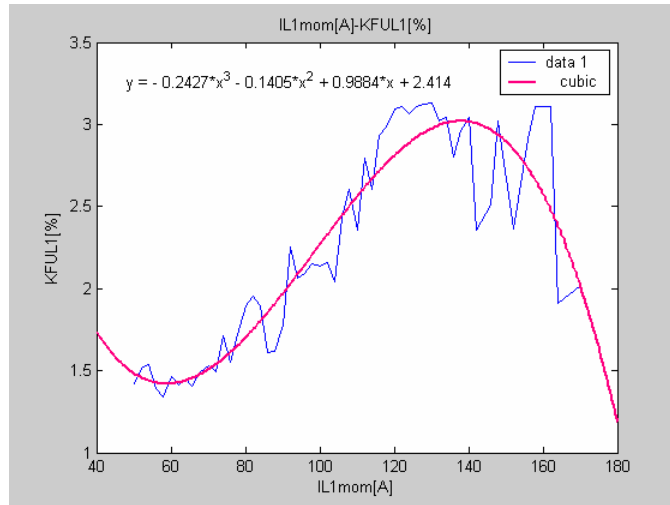
Şekil 7.5.: Basic fitting komutu

- Burada yapılan belirlenen denklemim modelinin tayini , denkleme uymayan noktaların tespit edilmesi ve artıkların gösterimidir.



Şekil 7.6.: Basic fitting ana menüsü

- Denklem saptanması için gereken seçimler yapıldıktan sonra bu grafiğe ait denklem, grafiğe ait verilerin görünüşü aşağıdadır.



Şekil 7.7.: Belirlenen denklem formu , denklem, katsayıları ve görünüşü

## **8.TÜRKİYE'DE FAALİYET GÖSTEREN 3 FARKLI SEKTÖRE İLİŞKİN HARMONİK SORUNLARI , SORUNLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE YAPILAN UYGULAMALAR**

### **8.1.Giriş**

Bu çalışmada Türkiye'deki üç sektörün enerji problemlerine ışık tutması ve bundan sonra kurulacak olan yeni fabrika ve imalathanelere enerji konusunda bir fikir vermesi amacıyla düzenlenmiştir. Bahsettiğim bu üç sektör matbaa-tasarım-baskı , tekstil , aliminyum ve metal işleme istifleme sektörleridir. Öncelikle ülkemizin lokomotif sektörlerinden biri olarak bilinen tekstil sektörü hakkında ufak bilgiler vermek istiyorum.

Cumhuriyetten sonraki dönemde pamuk üretilip ihraç eden, buna karşın iplik, kumaş ve giysi ithal eden Türkiye, 1950'den sonra iplik ve kumaş, 1970'lerin başından itibaren ise hazır giyim ürünleri ihraç eden ve bugün, dünyada önemli tekstil ve konfeksiyon üreticileri arasında yer alan bir ülke konumuna gelmiştir.

Türkiye'de hazır giyim sanayinin gelişimi tekstil sanayinin gelişimini de beraberinde getirmiştir. Bugün, tekstil sanayi, iç piyasanın ihtiyacını önemli oranda karşılamının yanı sıra, ihracatta da büyük gelişmeler kaydetmiştir.

Kumaş sanayi, bir taraftan sahip olduğu istihdam kapasitesi ve ihracat potansiyeli ile, diğer taraftan da, ihracatın lokomotifi durumundaki hazır giyim sanayinin taleplerine cevap vermesi ile tekstil sanayinin, önemli alt sektörlerinden biri durumundadır.

Türkiye'de kumaş üreten firma sayısı 7,744'tür ve bu firmalarda toplam 178,778 kişi istihdam edilmektedir. (Tekstil-iş)

Bir başka sektörde demir-çelik sektörüdür. Ülkemizde 1926'lardan itibaren bu sektörün oluşumuna yönelinmiş ve 1930'lar ile 1960'lar asıl hamlelerin yapıldığı,

temel tesislerin kurulduğu yıllar olmuştur. Diğer adımlarla birlikte, Türkiye böylece belirli bir gelişme çizgisine girebilmiştir. Bu süreçte entegre demir çelik tesislerimize bakım, yenileme ve kapasite artırımlarının yeterli oranda yapılamaması, bu tesislerin modern üretim yöntemlerini takip edememelerini ve dolayısıyla diğer ülke üreticilerinden geride kalmalarına yol açmıştır.

Yassı çelik mamul üretiminin toplam üretime oranı dünyada % 47 iken Türkiye'de % 18'dir. Plansız yatırım ve teşvik politikaları sonucu ülkemizin uzun ürün üretimi iç tüketimin iki katına ulaşmıştır. Kalkınmada sürekliliğin sağlanması ve dışa bağımlılığın azaltılması için demir cevheri ihtiyacının öncelikle ülke kaynaklarından karşılanması gerekliliği gözardı edilmiş, demir cevheri arama faaliyetlerinden vazgeçilmiştir.

İncelemiş olduğumuz bir diğer sektör ise matbaa ve baskı sektörüdür. Türkiye'de yurt dışına göre oldukça geri kalmış bir sektör olmasına rağmen son senelerde yapılan yatırımlarla bazı firmalar yurt dışı ile rekabet edecek duruma gelmişlerdir. Matbaa sektörü dolaylı yoldan kimya , kağıt , ambalaj , tasarım sektörlerine bağlı olarak iş görmektedir. Kullanılan makinelerin bir çoğu karmaşık elektronik devre düzenlerine sahip olduğu için enerji kalitesi bu tür fabrikalar için büyük önem taşımaktadır. Aynı zamanda enerji fiyatlarında bu sektörün yedi gün yirmidört saat çalışır olması yüzünden önem kazanmaktadır.

Dünya ile rekabetin artırılması ancak maliyetlerin düşürülmesi ile olacaktır. Ve bu yüzden elektrik enerjisinin firmalara olan maliyeti büyük önem kazanmıştır. Enerji maliyetlerinin pahalılığı, Türk sanayinin dünya ile rekabetinin önündeki en büyük engeldir. Ülkemizdeki enerji fiyatlarının rakip ülkelerin üstünde olması temel girdilerden biri olan enerji alanında tekstil firmalarının rakiplerine göre dezavantajlı olarak ihracat mücadelesine başlamasına sebep olmaktadır.

Bu çalışmada incelenen başlıca 3 sektör olan metal- işleme-istifleme , matbaa , tekstil sektörlerine ait fabrikalar , trafo güçleri ve çeşitleri şu şekildedir. Tekstil sektörüne ait fabrikalar olan İndigo Kilim Tekstil San.İth.İhr.Tic.Ltd.Şti'de (1600kVA-31.5/0.4kV) ABB marka yağlı tip güç dağıtım transformatörü , Tekboy

tekstil ve Boyama San. ve Tic.A.Ş.'de (1600kVA-31.5/0.4kV) ABB marka yağlı tip güç dağıtım transformatörü, Caan Tekstil San. ve Tic A.Ş.'de (1600kVA-34.5/0.4kV) ABB marka kuru tip güç dağıtım transformatörü, İnterçağla Tekstil San. Tic. Ltd.Şti'de (800kVA-34.5/0.4kV) ABB marka yağlı tip güç dağıtım transformatörü , CHT Kimya Tekstil A.Ş.'de (400kVA-34,5/0.4kV) ABB marka yağlı tip güç dağıtım transformatörü mevcuttur.

Metal istifleme-işleme sektörüne ait fabrikaların mevcut trafoları ise , Halex Ekstürsiyon Kalıp San. Tic.Ltd.Şti (630kVA-34.5/0.4kV) ABB marka yağlı tip güç dağıtım transformatörü Göktaş Yassı Hadde Mamulleri San. ve Tic A.Ş.(1000kVA-34.5/0.4kV) ABB marka yağlı tip güç dağıtım transformatörü , Yasan Yassı Metal San. Tic. A.Ş. (1000kVA-34.5/0.4kV) ABB marka yağlı tip güç dağıtım transformatörü , Astaş Aliminyum San.ve Tic A.Ş.'ye ait (eloksal kısmı için 1250kVA-34.5/0.4kV, profil kısmı için 1600kVA-34.5/0.4kV) ABB marka yağlı tip güç dağıtım transformatörü , Parsat Piston Dağıtım Tic.San.A.Ş.(2000kVA-34.5/0.4kV) ABB marka yağlı tip güç dağıtım transformatörü şeklindedir.

Matbaa sektörüne ilişkin elektrik kurumu sözleşme güçleri ise , Oluşur Grafik San.Tic.Ltd.Şti (300kW) , Boyut Matbaacılık Reklamcılık Dış.Tic.Ltd.Şti (300kW) , BVD Etiket Tic. Ltd. Şti. (300kW) , Sinangin Matbaacılık , Ambalaj San. ve Tic.Ltd.Şti (265kW) , Graphis Matbaacılık Ltd.Şti (200kW) şeklindedir.

Bölüm 7'de özellikleri belirtilen multilog cihazı fabrikaları besleyen trafoların çıkışındaki ana şalterin sekonder uçlarına bağlanarak ölçüm alınması sağlanmıştır. Cihaz alçak gerilimde görev görmektedir. Cihaz kendi bünyesinde toplam olarak her elektriksel büyüklük için 3000 değeri hafızasında barındırabilmektedir. Cihazın ölçüm aralık ayarları yapılırken birer dakika arayla ölçüm alacak şekilde ayarlanılmasına özen gösterilmiştir. Cihazın ölçüm aldığı konum fabrikalara ait tek hat şemalarında açıkça gösterilmiştir.



## **8.2. Tekstil Sektörü**

### **8.2.1.İndigo Kilim Tekstil Sanayi ve Ticaret LTd.Şti**

#### **8.2.1.1.Fabrika hakkında genel bilgi**

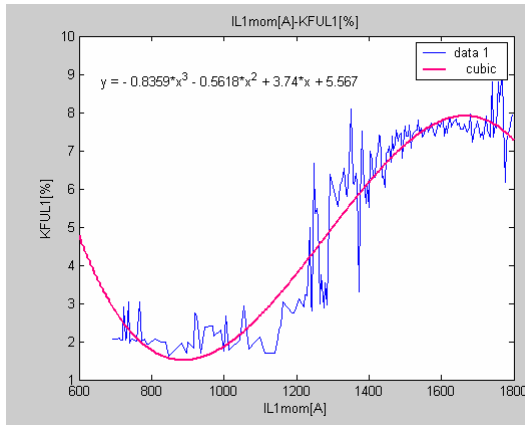
Kilim, 1953 yılında kurulmuş olan Kartaltepe Mensucat Fabrikaları T.A.Ş. ile elli yıllık başarılı sanayiciliğinde beş şirketi bünyesinde barındıran bir şirketler topluluğudur. Kilim Grubu'na ait firmalar sırasıyla şöyledir; Kartaltepe Mensucat Fabrikaları T.A.Ş. ,Kilim Dış Tic.ve Pazarlama A.Ş, Yeni Tekstil Mensucat Fabrikaları A.Ş.(Yeni Tekstil Konfeksiyon Fabrikası), Hamle Tekstil San. Ve Tic.A.Ş, Kilim Mensucat San.ve Tic.A.Ş. Edirne ve İstanbul'da yer alan tekstil fabrikalar birer entegre tesis olup türlerinin en büyüklerindedir. Kartaltepe Mensucat Fabrikası'nın günlük full kapasitesi yaklaşık olarak 30,000 iğ ve 300 adet dokuma tezgahı ile denim ve gabardinde 100,000 metredir. Üç vardiyalı üretim ağlarında pamuklu, pamuk polyester kaliteleri mevcuttur. Entegre tekstil fabrikasında ham kumaşlar kasar, merserize, boya ve baskı işlemleri görmektedir. Amerika ve Avrupa pazarlarında küçümsenemeyecek pazar paylarına sahip konfeksiyon firması Yeni Tekstil'in aylık kapasitesi 400,000 - 450,000 adettir. 90'ların sonunda fabrikalara yapılan yeni yatırımlarla, gerek tekstil fabrikasının gerekse konfeksiyon firmasının kalitesi ISO 9002 Kalite Güvence Sistemi ile kanıtlanmıştır. Denim ve bez üretimi yeni moda akımlarına uygun şekilde adapte edilmiş ve böylece ABD'de, güvenilir ve saygıdeğer müşterileri ile iç pazarda ve Türk Askeriye'sinde hatırı sayılır pazar payları elde etmesini sağlamıştır. Yüksek kaliteli denim ve gabardin üretimi yapılmaktadır.

Bu çalışmada ölçüm alınan fabrika İndigo Kilim Tekstil'in Edirne'deki fabrikasıdır. Ölçüm her faza ve faz-faz arası değerlere ait 3000 örnek içermektedir. Ölçüm aralıkları birer dakika olup , fabrikayı besleyen ana şalter çıkışından alınmıştır. Tek hat şemasında ayrıntılı olarak trafonun büyüklüğü , çeşidi , yüklerin gücü , ve multilog ölçüm cihazının bağlantı durumu gözükmektedir.

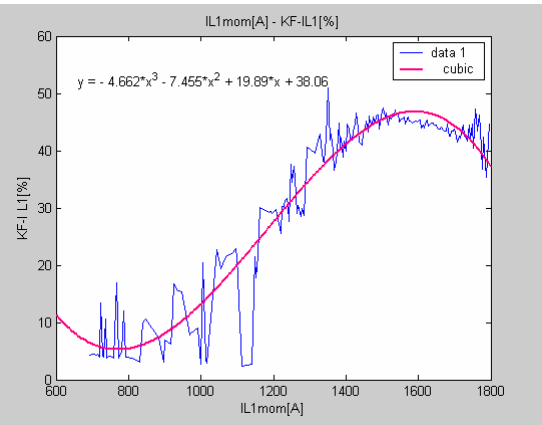


### 8.2.1.2.İndigo Kilim Tekstil Sanayi ve Tic.Ltd.Şti'ye ait grafikler

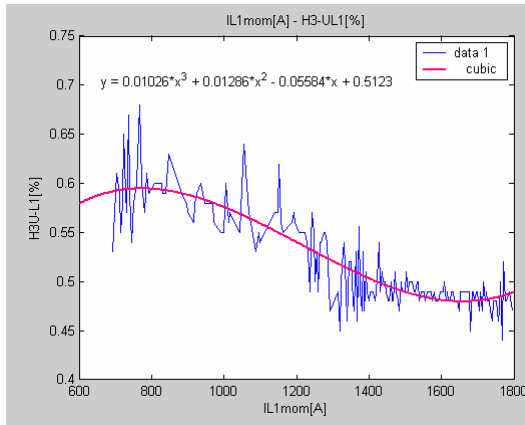
Bu bölümün içeriği L1 fazına ait faz akımına karşılık gelen sıralı harmonik değerlerin gösterilmesi içindir. Kullanılan değerler KFUL1(Toplam Harmonik Distorsiyon) , KFIL1(Toplam Akım Distorsiyonu) , akım ve gerilimin 3.,5.,7.,9.,11.,13.,15.,17.,19. harmonik değerleridir. L2 ve L3 fazlarına ait grafikler Ek-1 kısmında verilmiştir.



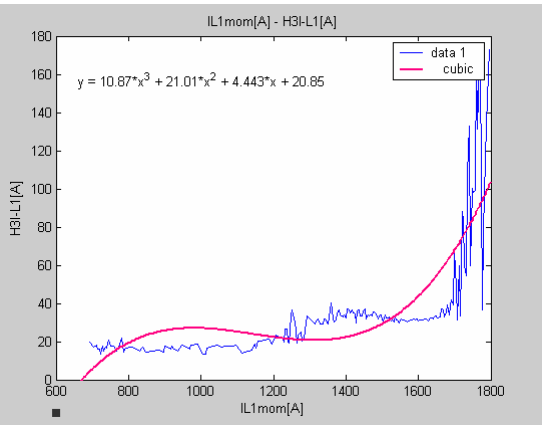
Şekil 8.2.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



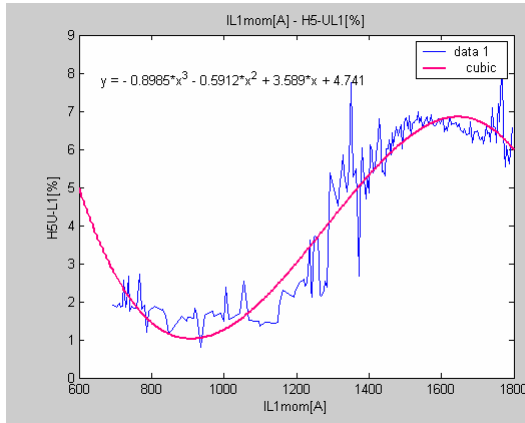
Şekil 8.3.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



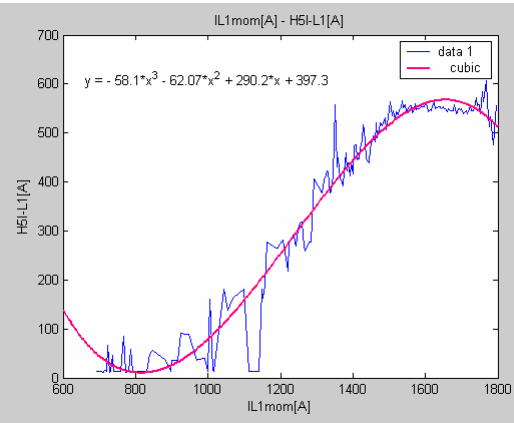
Şekil 8.4.: 3. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



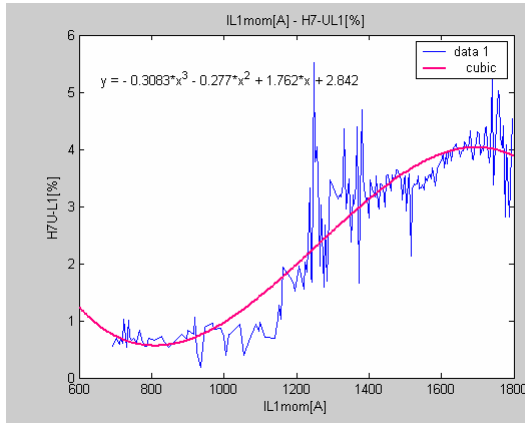
Şekil 8.5.: 3. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



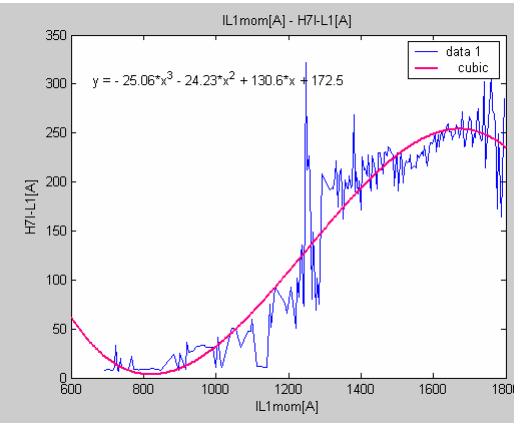
Şekil 8.6.: 5. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



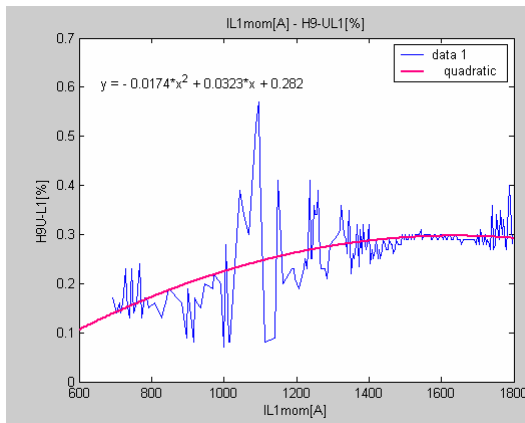
Şekil 8.7.: 5. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



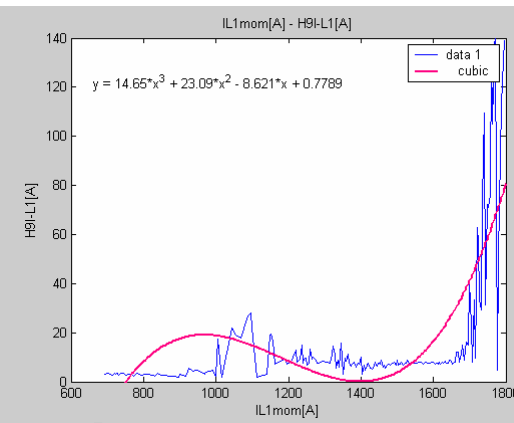
Şekil 8.8.: 7. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



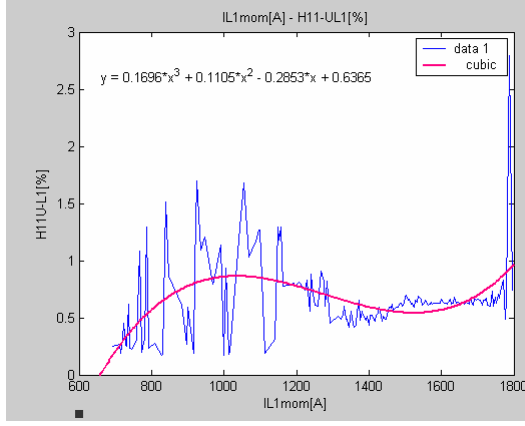
Şekil 8.9.: 7. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



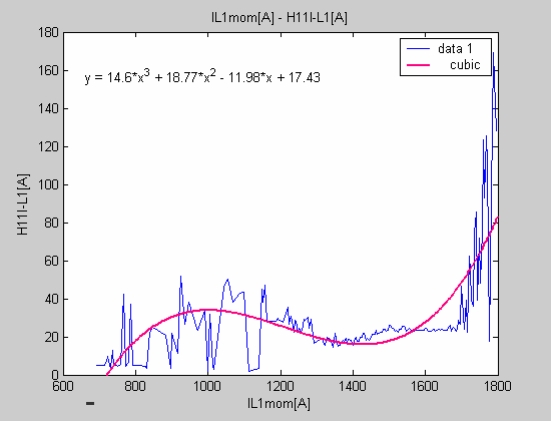
Şekil 8.10.: 9. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



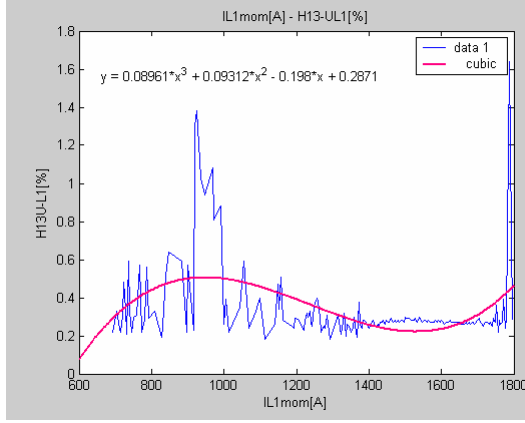
Şekil 8.11.: 9. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



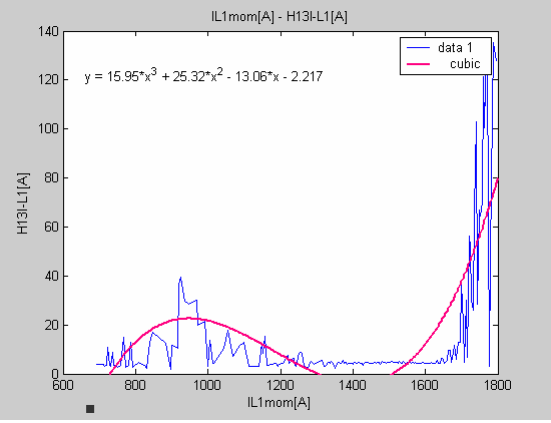
Şekil 8.12.: 11. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



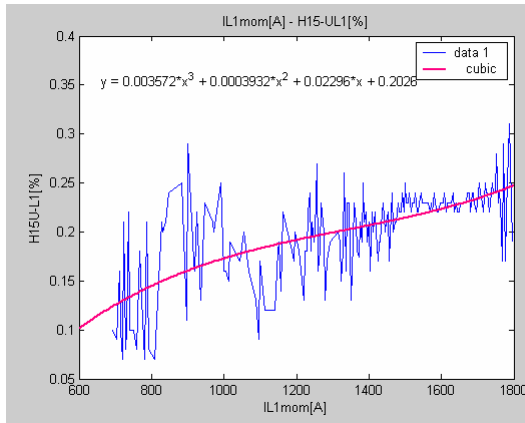
Şekil 8.13.: 11. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



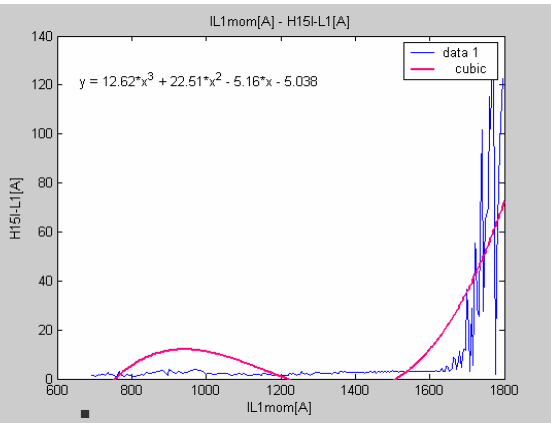
Şekil 8.14.: 13. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



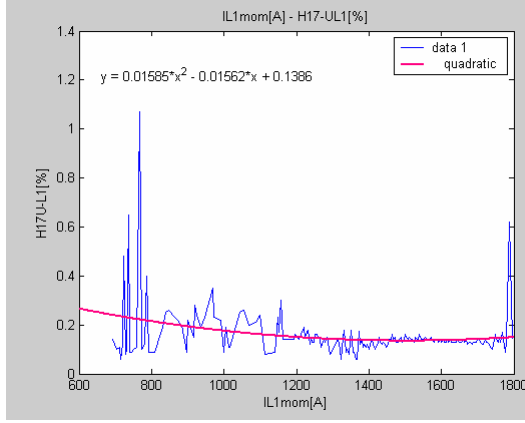
Şekil 8.15.: 13. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



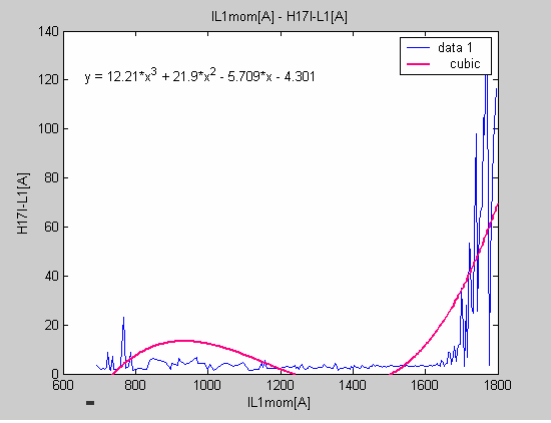
Şekil 8.16.: 15. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



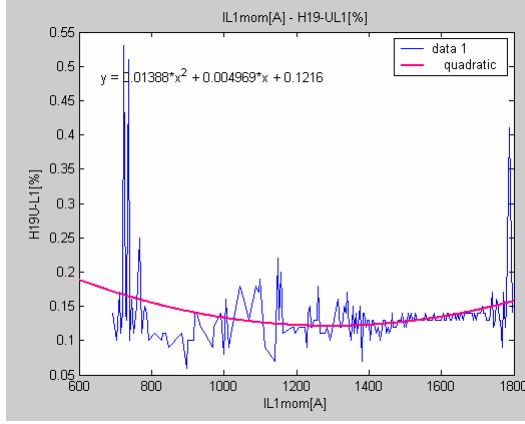
Şekil 8.17.: 15. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



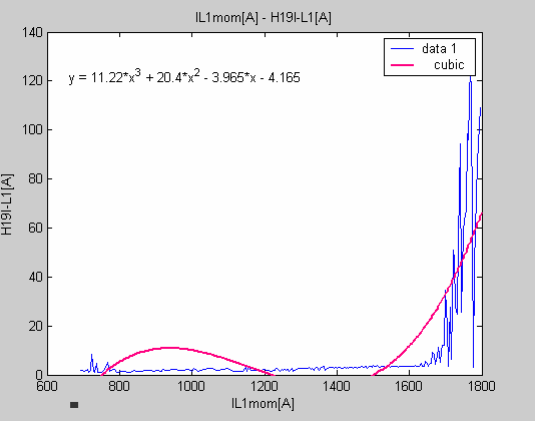
Şekil 8.18.: 17. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.19.: 17. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.20.: 19. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.21.: 19. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

### 8.2.1.3.L1 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde Kilim Tekstil'in Edirne'deki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L1 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 600A ile 1800A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL1(THD-UL1) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL1 %2 ile %8 arasında değişen değerler almıştır. KFUL1 denklem sistemi kübik bir yol izlemektedir. (L1 fazına ait Grafikler ayrıntılı olarak 8. bölümde ve L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL1

grafik sistemine karşılık gelen KFİL1(THD-IL1)'de aynı şekilde kübik bir değişim göstermektedir. KFİL1 değeri %10 ile %40 arasında değişmektedir. Ve bu akım harmoniklerinin yüzdesel gösterimi içinde büyük bir değerdir. 3. gerilim harmoniği %0.55 değerinden %0.5 değerine kadar azalan bir değişim göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. 3.harmonik gerilimi kübik şekilde değişmektedir. 3. akım harmoniği 20A ile 160A arası değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %2 seviyesinden %7 seviyesine kadar kübik bir artış göstermektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 10A seviyelerinden 550A seviyelerine kadar bir değişim içindedir ve bu değişim kübik bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %1 ile %5 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 10A ile 300A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.15 seviyelerinden %3 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkmakta ve aynı zamanda kuadratik bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte ve 5A ile 140A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Kilim tekstil'e ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.25 seviyesinden %1 seviyesine kübik bir artış göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 5A seviyelerinden 160A seviyesine kübik bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2.1 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.3 seviyesinden %1.6 seviyesine kadar kübik bir değişim içindedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 5A ile yaklaşık 140A seviyelerine kadar değişmekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği Kilim Tekstil'e ait grafiklerde %0.1 seviyesinden başlayıp %0.25 seviyesine kadar artan kübik bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 2A seviyesinden 125A seviyesine kadar kübik ve artan bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.1 seviyesinden %0.15 seviyesine kuadratik artan bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği ise 2A seviyelerinden 120A

seviyesine artan bir değişim göstermiş ve kübik olarak değişmiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.1 seviyesinden %0.15 seviyesine artan bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 2A seviyesinden 120A seviyesine artan kübik bir yol izlemiştir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.1.'deki gibi bulunacaktır..

Tablo 8.1: Kilim Tekstil L1 fazı yüklenme cetveli

Yüklenme	KF-U L1	H3-U L1	H5-U L1	H7-U L1	H9-U L1	H11-U L1	H13-U L1
MIN(%28)	2,07	0,53	1,91	0,55	0,17	0,25	0,22
%50	2,92	0,55	2,59	1,55	0,23	0,76	0,23
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%74)	6,03	0,49	5,12	3,41	0,29	0,59	0,23
Yüklenme	H15-U L1	H17-U L1	H19-U L1	KF-I L1	H3-I L1	H5-I L1	H7-I L1
MIN(%28)	0,10	0,14	0,14	4,23	19,60	12,40	8,00
%50	0,13	0,19	0,12	25,51	21,80	218,40	50,80
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%74)	0,20	0,11	0,14	37,47	33,20	507,60	186,00
Yüklenme	H9-I L1	H11-I L1	H13-I L1	H15-I L1	H17-I L1	H19-I L1	
MIN(%28)	3,20	5,20	4,00	1,60	3,60	2,00	
%50	13,00	35,40	7,40	1,40	3,00	1,60	
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
MAX(%74)	6,80	22,80	2,40	1,60	3,20	2,00	

#### 8.2.1.4.L2 fazına ait yorumlar

Bu bölümde Kilim Tekstil'in Edirne'deki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L2 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçümler 50 saatliktir. Bu süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Ölçüm aralıkları birer dakika olarak ayarlanmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 400A ile 1600A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL2(THD-UL2) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL2 %2 ile yaklaşık %8 arasında değişen değerler almıştır. KFUL2 denklem sistemi kübik biçimde değişim göstermektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL2 grafik sistemine karşılık gelen KFIL2(THD-IL2)'de aynı şekilde kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. KFIL2 değeri %5 ile yaklaşık %50 arasında değişmektedir. Ve bu



akım harmoniklerinin yüzdesel gösterimi içinde büyük bir değerdir. 3. gerilim harmoniği %0.48 ile %0.62 arasında değişen değerler almakla beraber kübik olarak değişen bir polinom özelliği göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. 3. akım harmoniği grafiği 8A ile yaklaşık 26A arası değişen noktasal değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik olarak değişen bir polinom şeklindedir. 5.gerilim harmoniği %1 seviyesinden yaklaşık %8 seviyesine kadar noktasal değerler alarak kübik bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 10A seviyelerinden 600A seviyelerine kadar noktasal değerler alan bir değişim içindedir ve bu değişim kübik bir polinom grafiği çizmektedir. Burada dikkat edilecek durum 5. gerilim harmoniğinin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.2 ile %3.5 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 10A ile 220A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.75 seviyelerinden %0.4 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkmaktadır ve aynı zamanda kübik bir polinom değişimi göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte , 2A ile yaklaşık 14A arası noktasal değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Kilim tekstil'e ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.2 seviyesinden yaklaşık %3 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve bir kübik polinom değişimi göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 5A seviyelerinden 95A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve grafik bir kübik polinom şeklini almaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2.1 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.2 seviyesinden %1.6 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kuadratik polinom değişimi göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 4A ile yaklaşık 45A seviyelerine kadar değişmekte olan noktasal değerler almakta ve kuadratik bir polinom değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği Kilim Tekstil'e ait grafiklerde %0.05 seviyesinden başlayıp %0.07 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve lineer artan bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 1.2A seviyesinden 5.5A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kuadratik bir polinom değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği

standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.1 seviyesinden %1.5 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kuadratik değişim gösteren bir polinom özelliğindedir. 17. akım harmoniği ise 2.5A seviyelerinden 30A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kuadratik azalan bir polinom şeklinde değişim göstermektedir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.05 seviyesinden %0.35 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve artan kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 1A seviyesinden 7A seviyesine kadar noktasal değerler almakta , artan ve kübik değişim gösteren bir polinom özelliği göstermektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.2.'deki gibi bulunacaktır..

Tablo 8.2: Kilim Tekstil L2 fazı yüklenme cetveli

Yüklenme	KF-U L2	H3-U L2	H5-U L2	H7-U L2	H9-U L2	H11-U L2	H13-U L2
%25	1,98	0,53	1,75	0,69	0,10	0,46	0,37
%50	5,44	0,51	5,15	1,86	0,11	0,62	0,25
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%74)	10,39	0,51	8,69	5,72	0,14	0,76	0,21
Yüklenme	H15-U L2	H17-U L2	H19-U L2	KF-I L2	H3-I L2	H5-I L2	H7-I L2
%25	0,11	0,12	0,10	3,73	14,00	10,00	8,80
%50	0,21	0,15	0,19	40,80	26,00	406,00	106,00
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%74)	0,17	0,15	0,19	49,72	320,40	618,00	199,20
Yüklenme	H9-I L2	H11-I L2	H13-I L2	H15-I L2	H17-I L2	H19-I L2	
%25	2,40	3,60	4,40	1,60	2,00	2,40	
%50	5,60	24,00	3,60	3,20	1,60	3,20	
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
MAX(%74)	266,40	228,00	232,00	201,60	177,20	148,80	

#### 8.2.1.5. L3 fazına ait yorumlar

Bu bölümde Kilim Tekstil'in Edirne'deki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L3 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçümler 50 saatliktir. Bu süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Ölçüm aralıkları birer dakika olarak ayarlanmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 600A ile 1800A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL3(THD-UL3) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik

sistemimizde KFUL3 %1.5 ile yaklaşık %7.5 arasında değişen değerler almıştır. KFUL3 denklem sistemi kübik biçimde değişim göstermektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL3 grafik sistemine karşılık gelen KFIL3(THD-IL3)'de aynı şekilde kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. KFIL3 değeri %3 ile yaklaşık %48 arasında değişmektedir. 3. gerilim harmoniği %0.55 ile %0.78 arasında değişen değerler almakla beraber kübik olarak değişen bir polinom özelliği göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. 3. akım harmoniği grafiği 10A ile yaklaşık 220A arası değişen noktasal değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik olarak değişen bir polinom şeklindedir. 5.gerilim harmoniği %0.8 seviyesinden yaklaşık %6 seviyesine kadar noktasal değerler alarak kübik bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 10A seviyelerinden 510A seviyelerine kadar noktasal değerler alan bir değişim içindedir ve bu değişim kübik bir polinom grafiği çizmektedir. Burada dikkat edilecek durum 5. gerilim harmoniğinin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.5 ile %6 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 10A ile 350A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.1 seviyelerinden %0.55 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkmaktadır ve aynı zamanda kübik bir polinom değişimi göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte , 5A ile yaklaşık 200A arası noktasal değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Kilim tekstil'e ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.2 seviyesinden yaklaşık %4.5 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve bir kübik polinom değişimi göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 5A seviyelerinden 160A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve grafik bir kübik polinom şeklini almaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2.1 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.2 seviyesinden %2.6 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik polinom değişimi göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 5A ile yaklaşık 170A seviyelerine kadar değişmekte olan noktasal değerler almakta ve kübik bir polinom değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği Kilim Tekstil'e ait

grafiklerde %0.1 seviyesinden başlayıp %0.3 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübikartan bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 5A seviyesinden 180 A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik bir polinom değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.1 seviyesinden %1.2 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik değişim gösteren bir polinom özelliğindedir. 17. akım harmoniği ise 5A seviyelerinden 160A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik değişim gösteren bir polinomolarak göze çarpmaktadır. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.1 seviyesinden %0.7 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve artan kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 5A seviyesinden 140A seviyesine kadar noktasal değerler almakta , artan ve kübik değişim gösteren bir polinom özelliği göstermektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.3.'deki gibi bulunacaktır..

Tablo 8.3: Kilim Tekstil L3 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L3	H3-U L3	H5-U L3	H7-U L3	H9-U L3	H11-U L3	H13-U L3
MIN(%26)	1,88	0,58	1,69	0,59	0,19	0,29	0,27
%50	3,79	0,75	2,74	2,45	0,21	0,64	0,24
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%73)	8,30	0,59	6,93	4,72	0,21	0,92	0,24
Yüklenme	H15-U L3	H17-U L3	H19-U L3	KF-I L3	H3-I L3	H5-I L3	H7-I L3
MIN(%26)	0,12	0,08	0,09	3,87	15,60	12,00	7,20
%50	0,15	0,14	0,10	31,15	18,40	292,40	135,20
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%73)	0,17	0,20	0,11	45,10	214,00	572,00	308,40
Yüklenme	H9-I L3	H11-I L3	H13-I L3	H15-I L3	H17-I L3	H19-I L3	
MIN(%26)	3,60	2,80	4,40	2,40	2,00	1,60	
%50	12,80	26,80	5,60	1,60	4,00	1,60	
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
MAX(%73)	208,80	170,40	187,20	182,40	170,40	158,00	

## **8.2.2. Tekboy Tekstil ve Boyama Sanayi ve Tic.Ltd.Şti**

### **8.2.2.1. Fabrika hakkında genel bilgi**

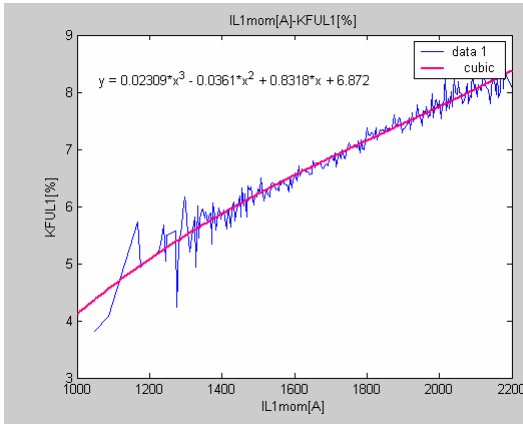
Tekboy Tekstil A.Ş., 1981 yılında Esen Pamukçu tarafından kurulmuş olup, 3 ton/gün kapasiteli iplik boyama üretimiyle faaliyete başlamıştır. 1986 yılında, Yenibosna'da, 3 ton/gün kapasiteli örme kumaş boyama tesisi kurulmuştur. Bu tesis, ilerleyen yıllarda 15ton/gün kapasiteye ulaşmıştır. 1996 yılında ise, 15.000 mt/gün kapasiteli rotasyon baskı tesisi kurulmuştur. Ve 2002 yılında, yapılan kapasite arttırımıyla, kumaş baskı üretimi 30.000 mt/gün'e yükseltilmiştir. 1999 yılında, Lüleburgaz'da, 100.000m<sup>2</sup> 'lik arazi üzerinde 12.000m<sup>2</sup> kapalı alanda yeni bir fabrika inşa edilmiş ve aynı yıl üretime geçilmiştir. Lüleburgaz fabrikaları, 10 ton/gün kapasiteli iplik boyahanesi ve 25 ton/gün kapasiteli örme kumaş boyahanesi ile tekstil sektörüne hizmet vermektedir. 2004 yılında, Lüleburgaz fabrikalarında, 10.000m<sup>2</sup> kapalı alanlı ilave bir inşaat yapılmaktadır. 2003 yılında gerçekleştirilen 2.2 megawattlık kojenerasyon yatırımıyla, Lüleburgaz fabrikasının ihtiyacı olan elektrik enerjisinin tamamı ve İstanbul fabrikamızın elektrik ihtiyacının %80'i karşılanmaktadır. Bugün, Tekboy Tekstil, günde ortalama 45 ton üretim yapan 600 kişilik kadrosuyla, 2003 yılında ilk 1.000 Türk sanayi kuruluşunun arasında yer almaktadır.

Bu çalışmada ölçüm alınan fabrika Tekboy Tekstil'in Lüleburgaz'daki fabrikasıdır. Ölçüm her faza ve faz-faz arası değerlere ait 3000 örnek içermektedir. Ölçüm aralıkları birer dakika olup , fabrikayı besleyen ana şalter çıkışından alınmıştır. Tek hat şemasında ayrıntılı olarak trafonun büyüklüğü , çeşidi , yüklerin gücü , ve multilog ölçüm cihazının bağlantı durumu gözükmektedir.

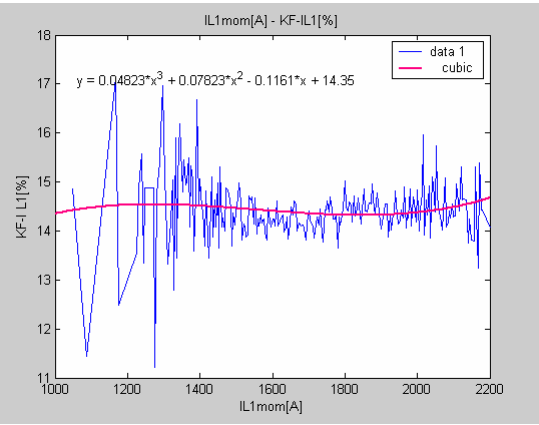


### 8.2.2.2 Tekboy Tekstil ve Boyama Sanayi ve Tic.Ltd.Şti'ye ait grafikler

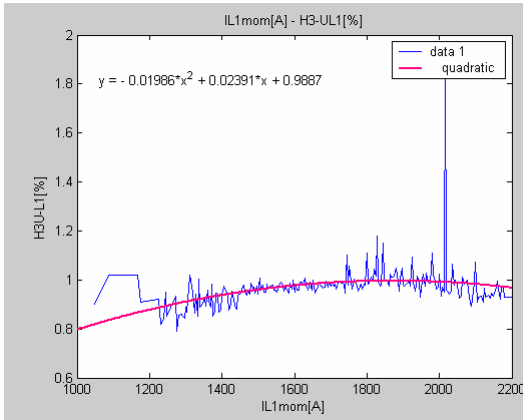
Bu bölümün içeriği L1 fazına ait faz akımına karşılık gelen sıralı harmonik değerlerin gösterilmesi içindir. Kullanılan değerler KFUL1(Toplam Harmonik Distorsiyon) , KFIL1(Toplam Akım Distorsiyonu) , akım ve gerilimin 3.,5.,7.,9.,11.,13.,15.,17.,19. harmonik değerleridir. L2 ve L3 fazlarına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.



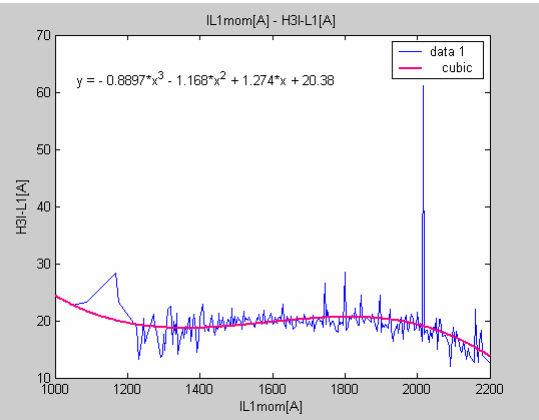
Şekil 8.23.:Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



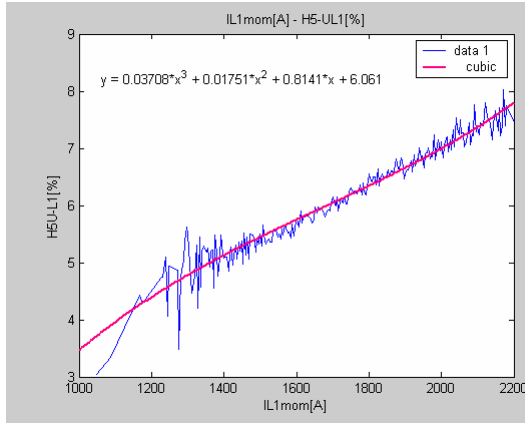
Şekil 8.24.:Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



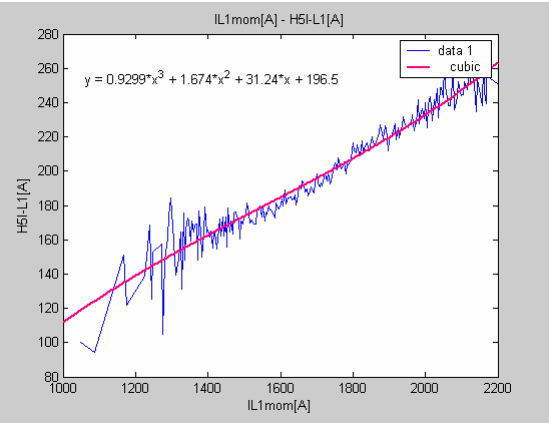
Şekil 8.25.:3. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



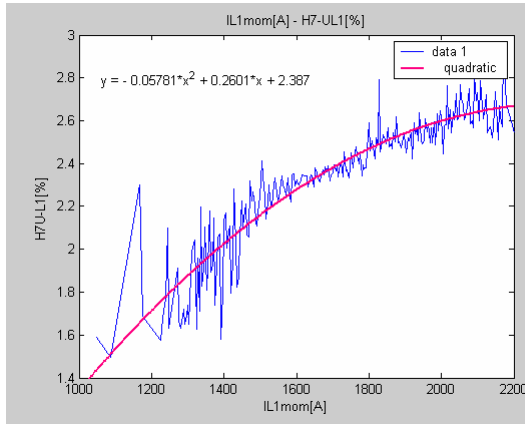
Şekil 8.26.:3. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



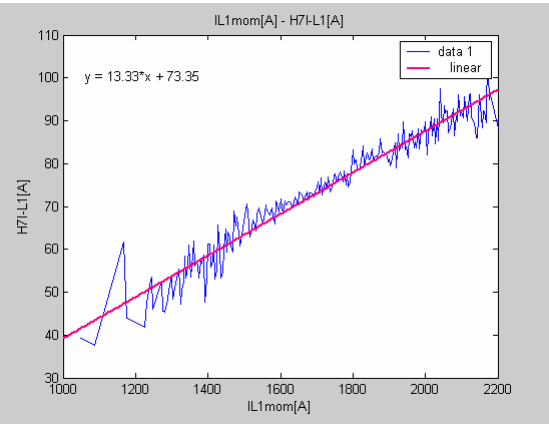
Şekil 8.27.: 5. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



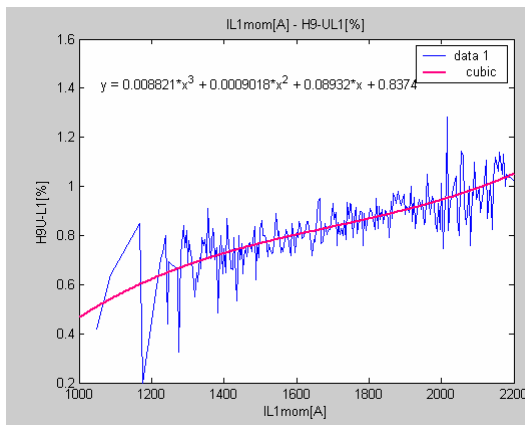
Şekil 8.28.: 5. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



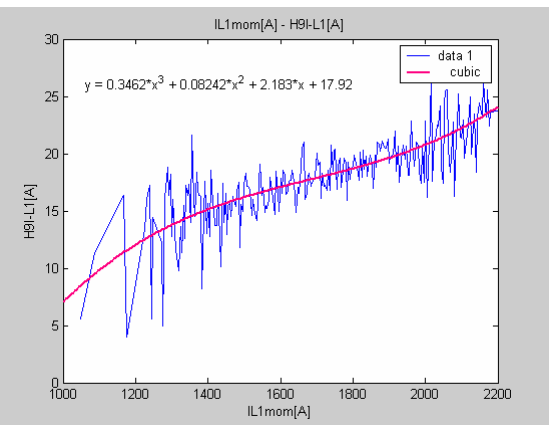
Şekil 8.29.: 7. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.30.: 7. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

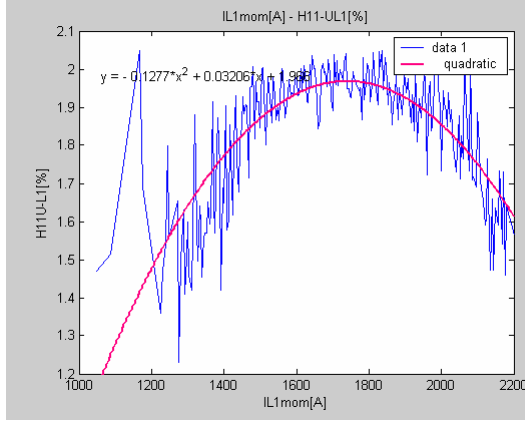


Şekil 8.31.: 9. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

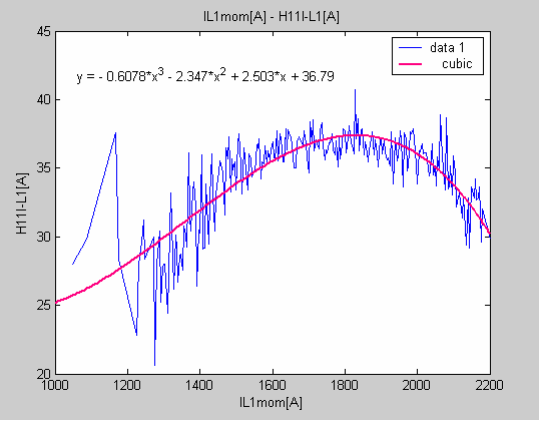


Şekil 8.32.: 9. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

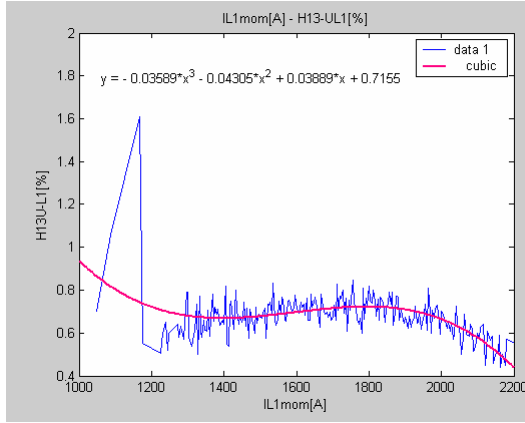




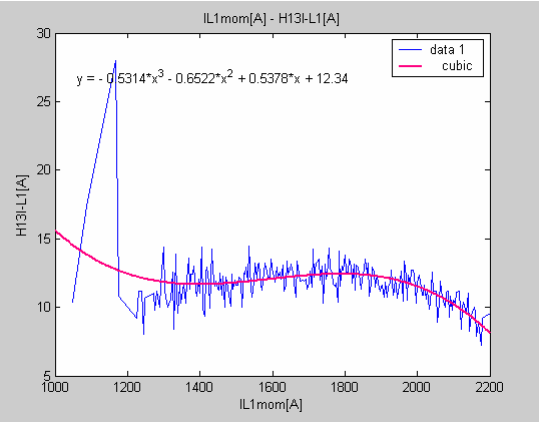
Şekil 8.33.: 11. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



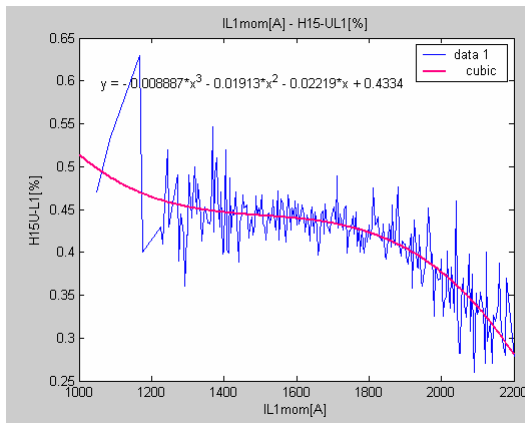
Şekil 8.34.: 11. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



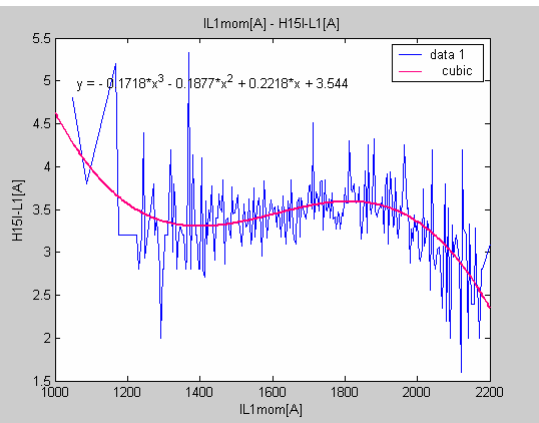
Şekil 8.35.: 13. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



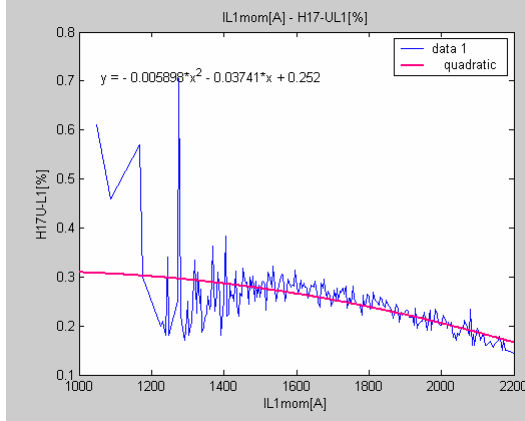
Şekil 8.36.: 13. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



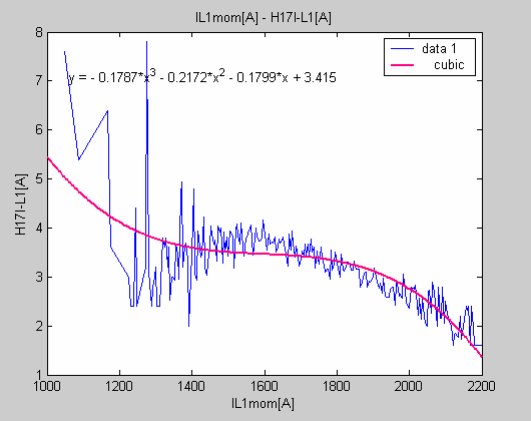
Şekil 8.37.: 15. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



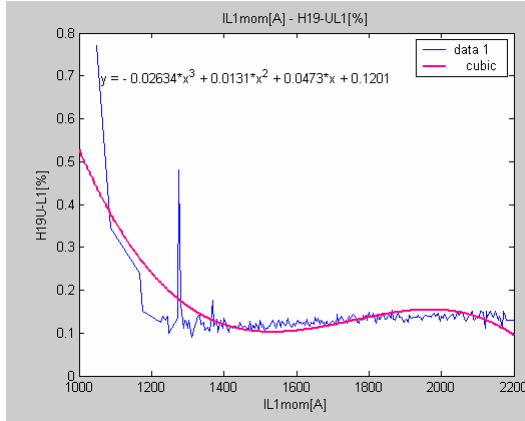
Şekil 8.38.: 15. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



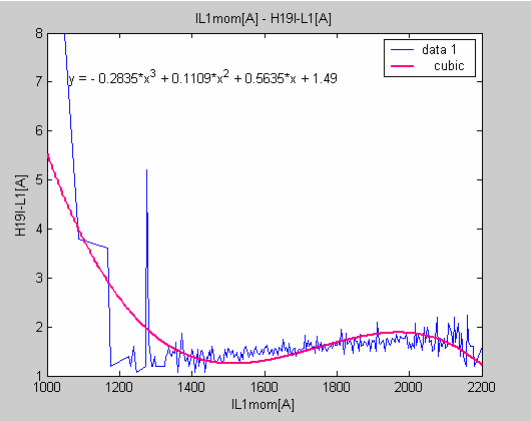
Şekil 8.39.: 17. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.40.: 17. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.41.: 19. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.42.: 19. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

### 8.2.2.3. L1 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde Tekboy Tekstil'in Lüleburgaz'daki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L1 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 1000A ile 2200A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL1(THD-UL1) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL1 %4 ile %9 arasında değişen değerler almıştır. Denklem sistemi kübik bir yol izlemektedir. (L1 fazına ait Grafikler ayrıntılı olarak 8. bölümde ve L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL1 grafik

sistemine karşılık gelen KFİL1(THD-IL1)'de aynı şekilde kübik bir değişim göstermektedir. KFİL1 değeri %15 mertebelerindedir. Ve bu akım harmoniklerinin yüzdesel gösterimi içinde büyük bir değerdir. 3. gerilim harmoniği %1 değerinden %1.2 değerine kadar değişim göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. Bu grafik sistemi kübik olarak değişmektedir. 3. akım harmoniği 25A ile 15A arası değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %3.5 seviyesinden %8 seviyesine kadar kübik bir artış göstermektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 110A seviyelerinden 260A seviyelerine kadar bir değişim içindedir ve bu değişim kübik bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %1.2 ile %2.8 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 40A ile 100A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim lineer bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.5 seviyelerinden %1 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkmakta ve aynı zamanda kübik bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise yine kübik bir yol izlemekte ve 8A ile 25A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Tekboy tekstil'e ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %1.5 seviyesinden %2 seviyesine kuadratik bir artış göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 25A seviyelerinden 35A seviyesine kübik bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2.1 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.6 seviyesinden %0.8 seviyesine kadar kübik bir değişim içindedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 10A ile yaklaşık 13A seviyelerine kadar değişmekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği grafiklerde %0.5 seviyesinden başlayıp %0.3 seviyesine kadar kübik bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 4.5 seviyesinden 2.5A seviyesine kadar kübik bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.3 seviyesinden %0.2 seviyesine kuadratik bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği ise 7.5A seviyelerinden 2A seviyesine kadar bir değişim göstermiş ve kübik olarak değişmiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini

almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.75 seviyesinden %0.1 seviyesine azalan bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 8A seviyesinden 1A seviyesine azalan kübik bir yol izlemiştir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.4.'deki gibi bulunacaktır..

Tablo 8.4: Tekboy Tekstil L1 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L1	H3-U L1	H5-U L1	H7-U L1	H9-U L1	H11-U L1	H13-U L1
%25	2,70	0,37	2,06	1,59	0,26	0,25	0,34
%50	5,22	0,92	4,73	1,58	0,71	1,36	0,51
%75	7,38	1,02	6,64	2,49	0,83	1,91	0,76
MAX(%101)	8,70	3,55	7,92	3,89	1,08	1,68	0,65
Yüklenme	H15-U L1	H17-U L1	H19-U L1	KF-I L1	H3-I L1	H5-I L1	H7-I L1
%25	0,09	0,32	0,06	36,87	0,00	0,40	0,40
%50	0,43	0,20	0,13	13,54	18,80	139,00	41,80
%75	0,44	0,25	0,14	14,72	20,42	217,86	82,16
MAX(%101)	0,35	0,18	0,15	63,50	708,40	668,40	308,40
Yüklenme	H9-I L1	H11-I L1	H13-I L1	H15-I L1	H17-I L1	H19-I L1	
%25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
%50	13,40	22,80	9,20	3,20	3,00	1,40	
%75	17,92	36,04	13,12	3,80	3,20	1,86	
MAX(%101)	51,60	146,80	225,60	179,20	79,20	33,60	

#### 8.2.2.4.L2 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde Tekboy Tekstil'in Edirne'deki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L2 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçümler 50 saatliktir. Bu süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Ölçüm aralıkları birer dakika olarak ayarlanmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 1000A ile 2200A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL2(THD-UL2) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL2 %2 ile yaklaşık %6.5 arasında değişen değerler almıştır. KFUL2 denklem sistemi kübik biçimde değişim göstermektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFIL2 grafik sistemine karşılık gelen KFIL2(THD-IL2)'de kuadratik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. KFIL2 değeri %8 ile yaklaşık %20 arasında değişmektedir. 3. gerilim harmoniği %0.5 ile %1.4 arasında değişen değerler almakla beraber kübik olarak değişen bir polinom özelliği göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. 3. akım harmoniği grafiği 5A ile yaklaşık 60A arası değişen noktasal değerler almaktadır. Ve

denklem sistemi kuadratik olarak değişen bir polinom şeklindedir. 5.gerilim harmoniği %2.5 seviyesinden yaklaşık %7 seviyesine kadar noktasal değerler alarak kuadratik bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 70A seviyelerinden 240A seviyelerine kadar noktasal değerler alan bir değişim içindedir ve bu değişim kübik bir polinom grafiği şeklindedir. Burada dikkat edilecek durum 5. gerilim harmoniğinin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %1 ile %3 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 30A ile 100A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.1 seviyelerinden %0.75 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkamaktadır ve aynı zamanda kübik bir polinom değişimi göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte , 4A ile yaklaşık 15A arası noktasal değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Tekboy tekstil'e ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.5 seviyesinden yaklaşık %2.5 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve bir kuadratik polinom değişimi göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 8A seviyelerinden 50A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve grafik bir kuadratik polinom şeklini almaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2.1 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.5 seviyesinden %1.8 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik polinom değişimi göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 6A ile yaklaşık 28A seviyelerine kadar değişmekte olan noktasal değerler almakta ve kübik bir polinom değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği Tekboy Tekstil'e ait grafiklerde %0.2 seviyesinden başlayıp %0.7 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik olarak değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 1.2A seviyesinden 7.6 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kuadratik bir polinom değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.1 seviyesinden %0.7 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik değişim gösteren bir polinom özelliğindedir. 17. akım harmoniği ise 2A seviyelerinden 6.8A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kuadratik azalan

bir polinom şeklinde değişim göstermektedir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.2 seviyesinden %1 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 1A seviyesinden 10A seviyesine kadar noktasal değerler almakta , artan ve kübik değişim gösteren bir polinom özelliği göstermektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.5.'deki gibi bulunacaktır..

Tablo 8.5.: Tekboy Tekstil L2 fazı yüklenme cetveli

Yüklenme	KF-U L2	H3-U L2	H5-U L2	H7-U L2	H9-U L2	H11-U L2	H13-U L2
%25	2,87	0,58	2,71	0,72	0,34	0,33	0,78
%50	5,43	0,61	4,82	1,89	0,61	1,47	0,98
%75	6,89	0,77	6,06	2,43	0,34	2,05	1,05
MAX(%88)	7,42	0,82	6,71	2,62	0,19	1,77	0,64
Yüklenme	H15-U L2	H17-U L2	H19-U L2	KF-I L2	H3-I L2	H5-I L2	H7-I L2
%25	0,63	0,47	0,68	7,94	11,20	52,80	23,60
%50	0,51	0,22	0,18	15,24	5,20	147,60	50,00
%75	0,44	0,20	0,16	13,53	21,32	197,88	76,24
MAX(%88)	0,25	0,11	0,16	13,46	25,60	230,40	86,80
Yüklenme	H9-I L2	H11-I L2	H13-I L2	H15-I L2	H17-I L2	H19-I L2	
%25	8,80	13,60	12,40	6,00	4,80	7,20	
%50	12,00	25,60	16,00	4,00	3,20	1,60	
%75	9,34	38,24	17,20	3,88	3,13	1,72	
MAX(%88)	5,60	34,00	11,60	1,60	2,00	1,20	

#### 8.2.2.5. L3 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde Tekboy Tekstil'in Edirne'deki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L3 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçümler 50 saatliktir. Bu süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Ölçüm aralıkları birer dakika olarak ayarlanmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 400A ile 1600A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL3(THD-UL3) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL3 %3 ile yaklaşık %7.2 arasında değişen değerler almıştır. KFUL3 denklem sistemi kübik biçimde değişim göstermektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL3 grafik sistemine karşılık gelen KFIL3(THD-IL3)'de kuadratik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. KFIL3

değeri %6.2 ile yaklaşık %16 arasında değişmektedir. 3. gerilim harmoniği %0.4 ile %1 arasında değişen değerler almakla beraber kübik olarak değişen bir polinom özelliği göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. 3. akım harmoniği grafiği 5A ile yaklaşık 45A arası değişen noktasal değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik olarak değişen bir polinom şeklindedir. 5.gerilim harmoniği %2.6 seviyesinden yaklaşık %6.6 seviyesine kadar noktasal değerler alarak kübik bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 50A seviyelerinden 250A seviyelerine kadar noktasal değerler alan bir değişim içindedir ve bu değişim kuadratik bir polinom grafiği şeklindedir. Burada dikkat edilecek durum 5. gerilim harmoniğinin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.7 ile %2.7 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim lineer denklem şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 25A ile 120A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim lineer denklem şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.2 seviyelerinden %0.75 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkmaktadır ve aynı zamanda kübik bir polinom değişimi göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte , 3A ile yaklaşık 20A arası noktasal değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Tekboy tekstil'e ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.5 seviyesinden yaklaşık %2.3 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve bir kübik polinom değişimi göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 7A seviyelerinden 53A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve grafik bir kübik polinom şeklini almaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2.1 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.3 seviyesinden %1.5 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik polinom değişimi göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 7A ile yaklaşık 30A seviyelerine kadar değişmekte olan noktasal değerler almakta ve kübik bir polinom değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği Tekboy Tekstil'e ait grafiklerde %0.32 seviyesinden başlayıp %0.64 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik olarak değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 2.7A seviyesinden 6.8 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik bir polinom değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem

sistemimize karşılık gelen grafikte %0.2 seviyesinden %0.48 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik değişim gösteren bir polinom özelliğindedir. 17. akım harmoniği ise 1.5A seviyelerinden 7.5A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik bir polinom şeklinde değişim göstermektedir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.1 seviyesinden %0.55 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 1.2A seviyesinden 6A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik şekilde değişim gösteren bir polinom özelliği taşımaktadır. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.6.'deki gibi bulunacaktır..

Tablo 8.6.: Tekboy Tekstil L3 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L3	H3-U L3	H5-U L3	H7-U L3	H9-U L3	H11-U L3	H13-U L3
%25	2,80	0,60	2,54	0,73	0,41	0,25	0,68
%50	5,03	0,61	4,59	1,50	0,52	1,28	0,75
%75	6,58	0,56	5,92	2,46	0,45	1,42	0,87
MAX(%94)	6,58	3,82	5,82	3,21	0,99	1,34	0,62
Yüklenme	H15-U L3	H17-U L3	H19-U L3	KF-I L3	H3-I L3	H5-I L3	H7-I L3
%25	0,28	0,36	0,47	7,53	12,00	48,40	22,80
%50	0,44	0,17	0,13	15,54	12,00	156,40	52,00
%75	0,43	0,17	0,15	14,77	25,91	212,65	95,45
MAX(%94)	0,49	0,18	0,14	42,88	329,20	490,40	329,20
Yüklenme	H9-I L3	H11-I L3	H13-I L3	H15-I L3	H17-I L3	H19-I L3	
%25	7,60	7,20	14,00	3,60	4,80	6,40	
%50	14,00	25,60	16,80	4,40	3,20	1,20	
%75	10,74	28,98	17,69	4,55	2,86	1,97	
MAX(%94)	338,40	211,60	144,00	84,00	29,60	9,60	



### **8.2.3. Caan Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş.**

#### **8.2.3.1.Fabrika hakkında genel bilgi**

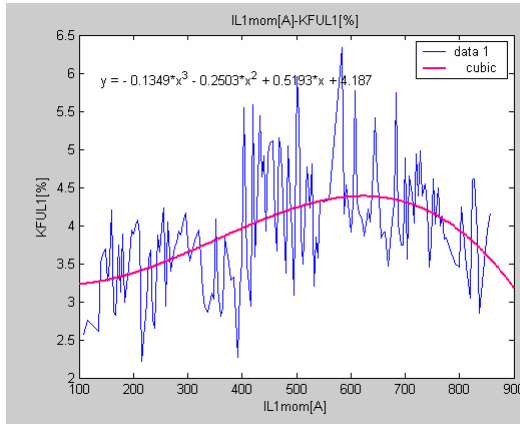
İtalya , Almanya , Fransa'dan ithal edilen ve üstün kalitedeki iplikler tesislerinde farklı ve özel ürünlere dönüştürülür. Bu teknikle yaratılan yeni kumaşların üretiminde 12 elektronik ve 22 mekanik olarak yönlendirilen makineler kullanılmaktadır. Üretim çeşitlerinde “ interlock ” günde 10 tona ulaşmaktadır. Örme'den sonra kumaşlar boyama için uygun hale gelirler. Pamuklu, likra gibi tüm tekstil ürünlerini boyamaya yönelik olarak hizmet veren boya atölyeler günde 10 ton kumaşı renklendirme kapasitesine sahiptir. Boyamada 24 saat içinde işlemi tamamlayan data colour sistemi kullanılmaktadır. Film baskı ile birlikte merdaneli baskı tekniği de uygulanan baskı bölümünde günlük kapasitesi 30.000 metre'ye ulaşmaktadır. CAM sistemleri ile tüm baskı evrimi desteklenmekte ve izlenmektedir. Aynı zamanda Lectra sistemi ile 3000 farklı model oluşturulabilmektedir. Kesimhaneler 10000 metreye kadar günde kapasiteye sahiptir. Nakış kısmında 12 başlı ve 12 renkli 11 iplik makinesinde 10 başlı 9 renkli iplik makinesi kumaşları işlemektedir. Dikimhanenin aylık dikebildiği parça miktarı 150.000'dir. Dikiş sonrası ve öncesi kontrol mevcuttur. Triko bölümünde 54 makine CAD-CAM makineleri ile işlem yapmaktadır. Paketlemeden ambalajlanan ürünler kamyon filoları ile dağıtılmaktadır.

Bu çalışmada ölçüm alınan fabrika Caan Tekstil'in Yenibpsna'daki fabrikasıdır. Ölçüm her faza ve faz-faz arası değerlere ait 3000 örnek içermektedir. Ölçüm aralıkları birer dakika olup , fabrikayı besleyen ana şalter çıkışından alınmıştır. Tek hat şemasında ayrıntılı olarak trafonun büyüklüğü , çeşidi , yüklerin gücü , ve multilog ölçüm cihazının bağlantı durumu gözükmemektedir.

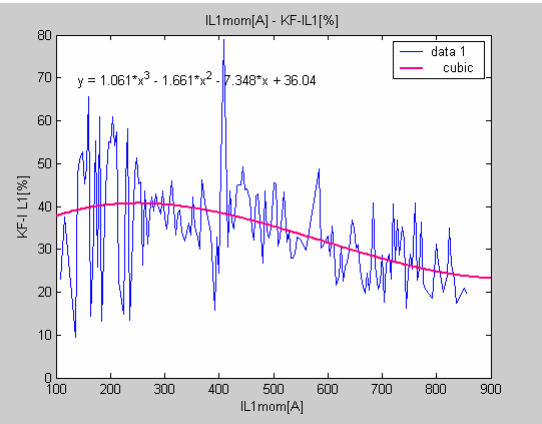


### 8.2.3.2. Caan Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş.'ye ait grafikler

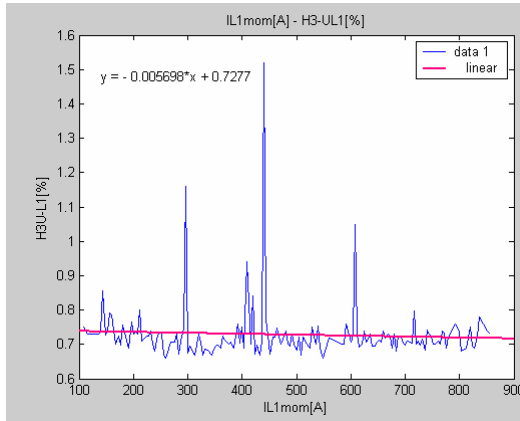
Bu bölümün içeriği L1 fazına ait faz akımına karşılık gelen sıralı harmonik değerlerin gösterilmesi içindir. Kullanılan değerler KFUL1(Toplam Harmonik Distorsiyon) , KFIL1(Toplam Akım Distorsiyonu) , akım ve gerilimin 3.,5.,7.,9.,11.,13.,15.,17.,19. harmonik değerleridir. L2 ve L3 fazlarına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.



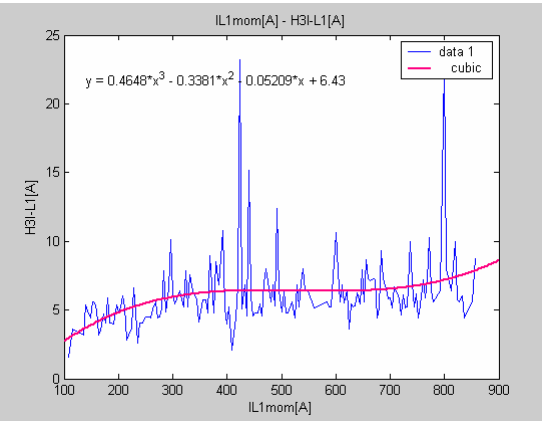
Şekil 8.44.:Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



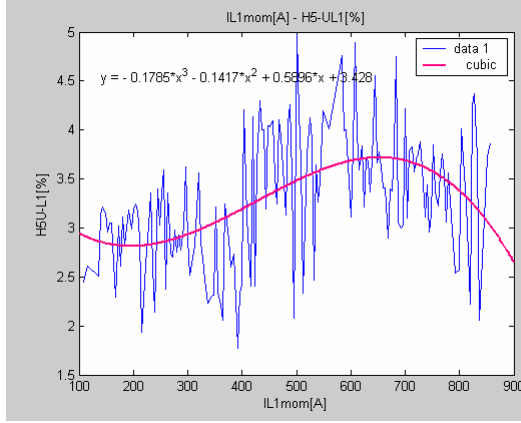
Şekil 8.45.:Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



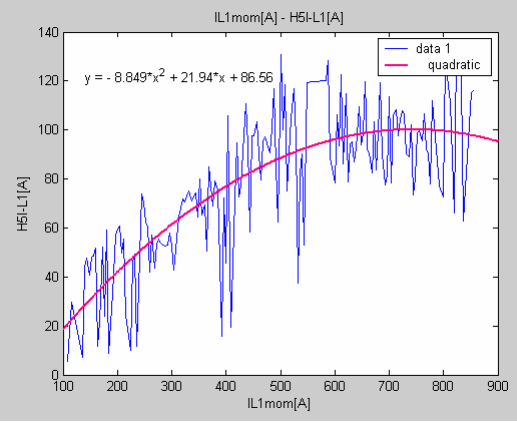
Şekil 8.46.:3. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



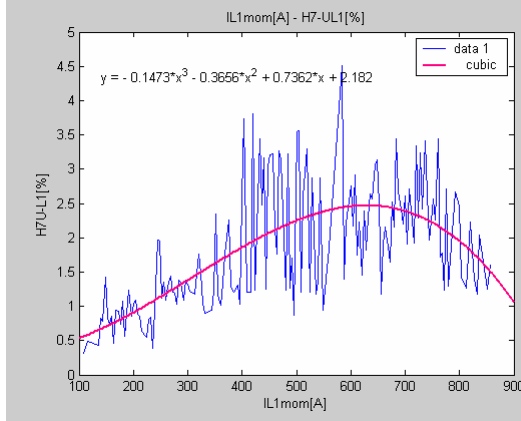
Şekil 8.47.:3. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



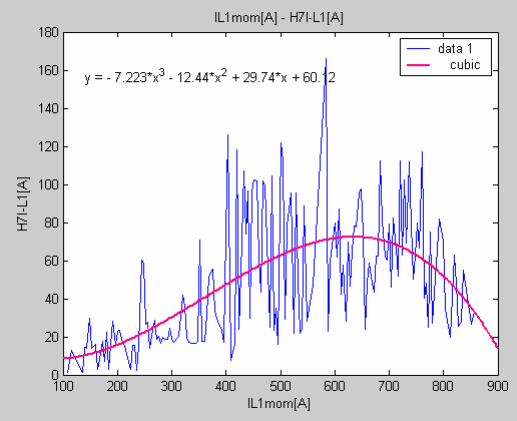
Şekil 8.48.:5. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



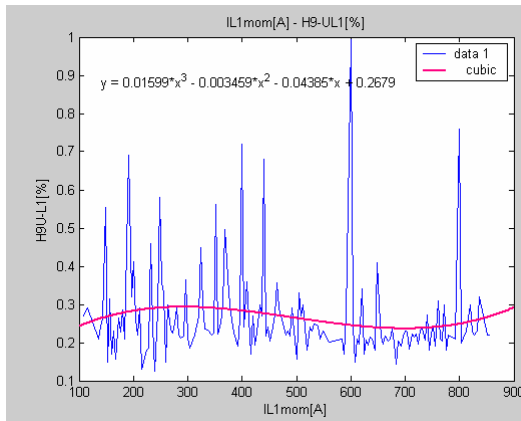
Şekil 8.49.:5. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



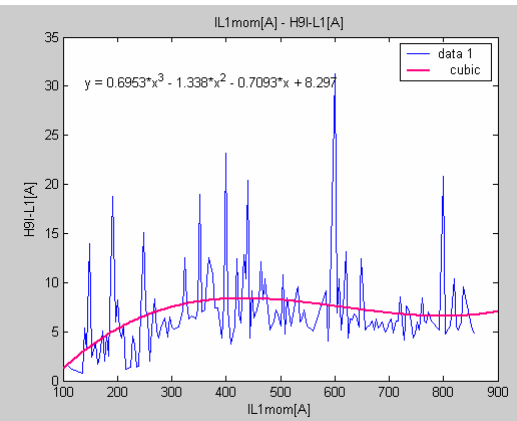
Şekil 8.50.: 7. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



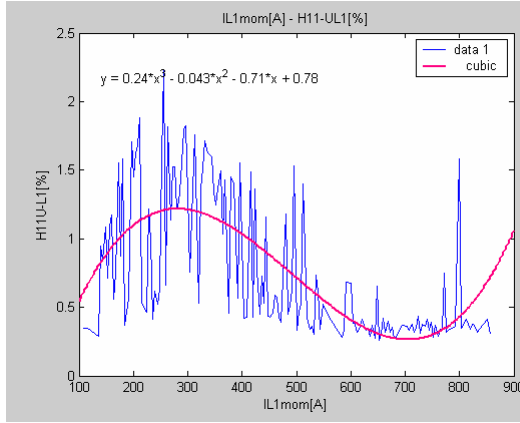
Şekil 8.51.: 7. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



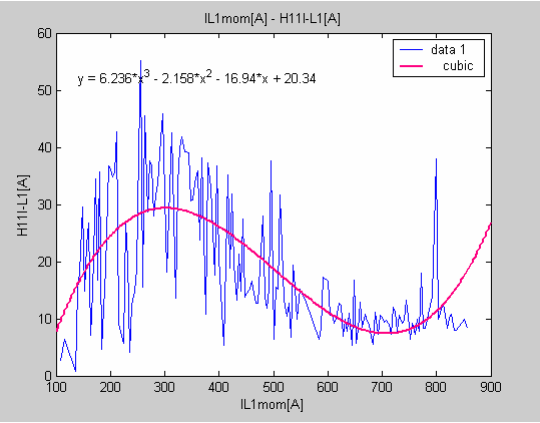
Şekil 8.52.: 9. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



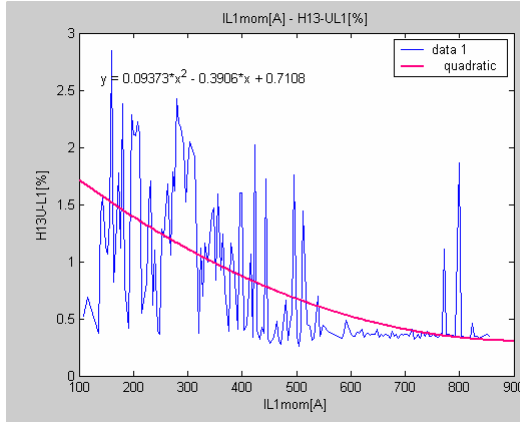
Şekil 8.53.: 9. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



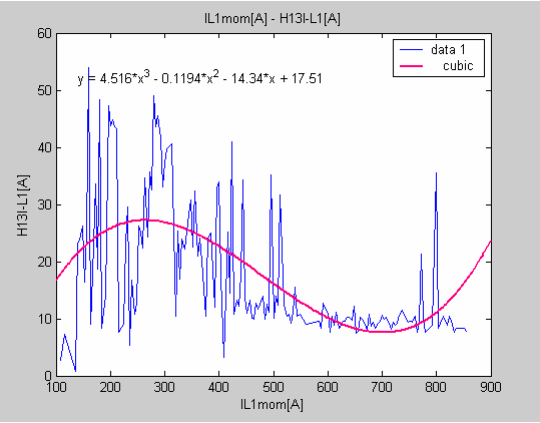
Şekil 8.54.: 11. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



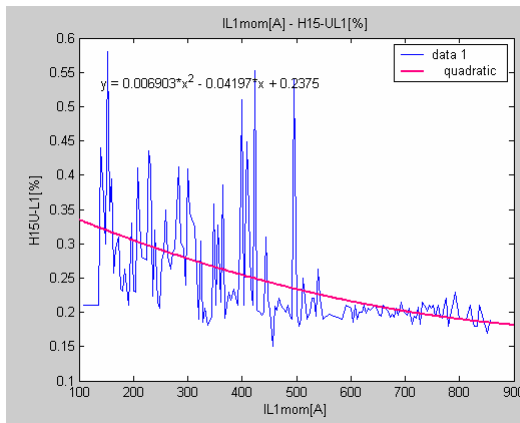
Şekil 8.55.: 11. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



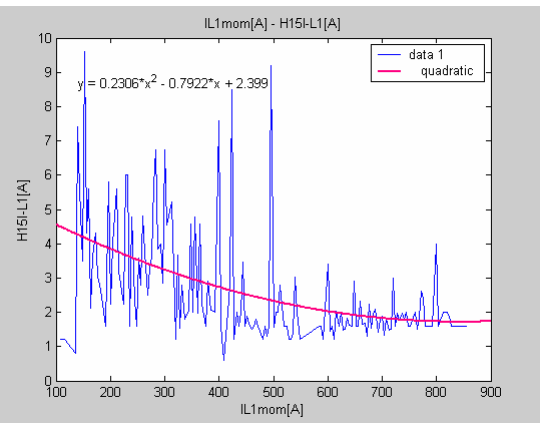
Şekil 8.56.: 13. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



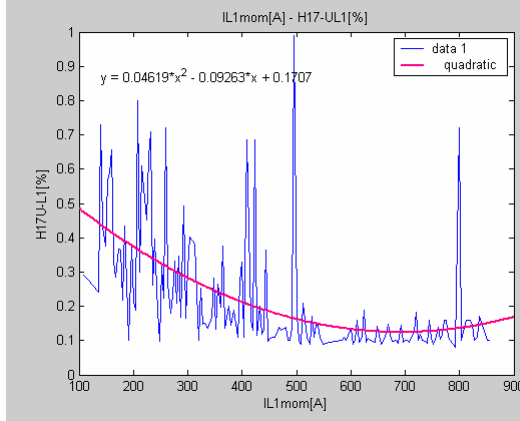
Şekil 8.57.: 13. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



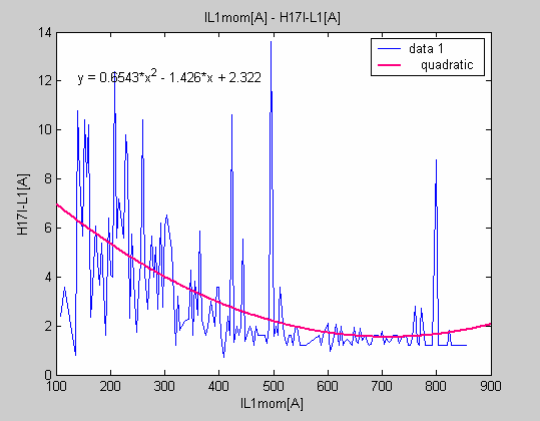
Şekil 8.58.: 15. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



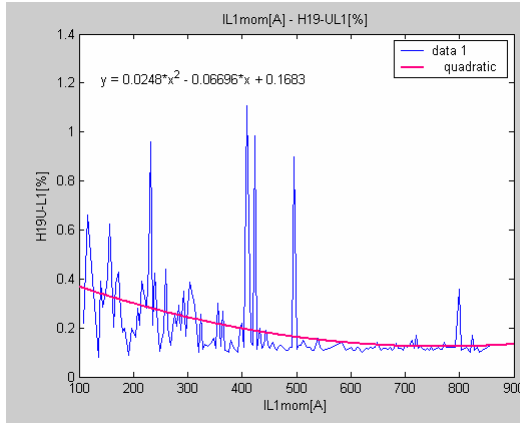
Şekil 8.59.: 15. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



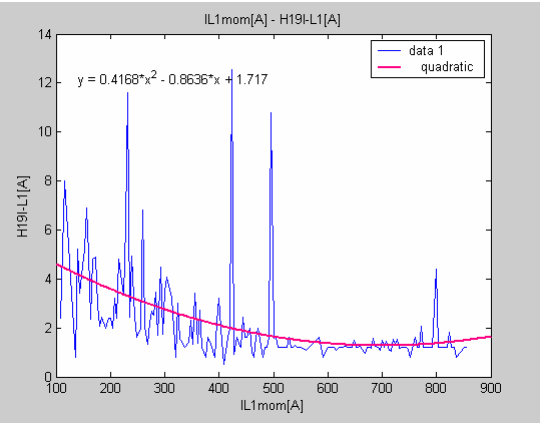
Şekil 8.60.: 17. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.61.: 17. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.62.: 19. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.63.: 19. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

### 8.2.3.3.L1 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde CAAN Tekstil'in Yenibosna'daki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L1 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçümler 50 saatliktir. Bu süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Ölçüm aralıkları birer dakika olarak ayarlanmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 100A ile 900A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL1(THD-UL1) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL1 %2.5 ile %6 arasında değişen değerler almıştır. KFUL1

denklem sistemi kübik bir yol izlemektedir. (L1 fazına ait Grafikler ayrıntılı olarak 8. bölümde ve L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL1 grafik sistemine karşılık gelen KFİL1(THD-İL1)'de aynı şekilde kübik fakat azalan bir değişim göstermektedir. KFİL1 değeri %80 ile %20 arasında değişmektedir. Ve bu akım harmoniklerinin yüzdesel gösterimi içinde büyük bir değerdir. 3. gerilim harmoniği %0.7 değerine kadar lineer ve azalan bir değişim göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. 3.harmonik gerilim grafiği kübik şekilde değişmektedir. 3. akım harmonik grafiği 2A ile yaklaşık 25A arası değişen değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %2.5 seviyesinden %5 seviyesine kadar kübik bir artış göstermektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 20A seviyelerinden 100A seviyelerine kadar bir değişim içindedir ve bu değişim kuadratik bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 5. gerilim harmoniğinin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.5 ile %4.5 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 5A ile 165A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir.9.gerilim harmoniği %0.3 seviyelerinden %1 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine ancak noktasal olarak çıkmakta ve aynı zamanda kübik bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte ve 2A ile 30A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. CAAN tekstil'e ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.5 seviyesinden yaklaşık %2.2 seviyesine kadar değerler almakta ve kübik bir değişim göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 5A seviyelerinden 55A seviyesine kadar değerler almakta ve grafik kübik bir değişim göstermektedir. 13. harmoniğin standart değeri %2.1 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.5 seviyesinden %2,75 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kuadratik bir değişim içindedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 5A ile yaklaşık 55A seviyelerine kadar değişmekte olan değerler almakta ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği CAAN Tekstil'e ait grafiklerde %0.22 seviyesinden başlayıp %0.58 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve azalan kuadratik bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise

4.5A seviyesinden 2A seviyesine kadar değerler almakta ve azalan kuadratik bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.3 seviyesinden %1 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kuadratik azalan bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği ise 3A seviyelerinden 13A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve azalan kuadratik bir değişim göstermektedir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.4 seviyesinden %1.1 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve azalan bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 2A seviyesinden 12A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve azalan kuadratik bir polinom özelliği göstermektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.7.'deki gibi bulunacaktır..

Tablo 8.7.: Caan Tekstil L1 fazı yüklenme cetveli

Yüklenme	KF-U L1	H3-U L1	H5-U L1	H7-U L1	H9-U L1	H11-U L1	H13-U L1
%25	5,77	1,05	4,89	2,92	0,15	0,38	0,35
%50	4,61	0,88	3,80	0,78	0,52	1,64	1,82
%75	4,15	0,84	3,50	2,28	0,40	1,71	0,68
MAX(%76)	9,01	2,19	8,56	1,50	1,40	1,33	0,73
Yüklenme	H15-U L1	H17-U L1	H19-U L1	KF-I L1	H3-I L1	H5-I L1	H7-I L1
%25	0,21	0,10	0,11	35,49	5,60	93,60	87,20
%50	0,69	0,43	0,30	56,57	32,00	110,00	38,40
%75	0,51	0,89	0,79	40,55	22,00	80,80	65,20
MAX(%76)	0,52	1,06	1,36	29,03	25,20	90,00	38,00
Yüklenme	H9-I L1	H11-I L1	H13-I L1	H15-I L1	H17-I L1	H19-I L1	
%25	10,40	10,80	10,40	1,60	1,20	1,20	
%50	15,60	40,80	34,40	9,60	7,60	3,20	
%75	10,40	38,40	15,20	12,00	12,40	9,60	
MAX(%76)	38,80	29,20	15,20	7,60	14,40	16,00	

#### 8.2.3.4.L2 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde CAAN Tekstil'in Yenibosna'daki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L2 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçümler 50 saatliktir. Bu süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Ölçüm aralıkları birer dakika olarak ayarlanmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 100A ile 900A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL2(THD-UL2) değeri



standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL2 %2.5 ile %5.3 arasında değişen değerler almıştır. KFUL2 denklem sistemi kübik bir yol izlemektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL2 grafik sistemine karşılık gelen KFIL2(THD-IL2)'de aynı şekilde kübik fakat azalan bir değişim göstermektedir. KFIL2 değeri %10 ile %95 arasında değişmektedir 3. gerilim harmoniği %0.68 ile %1.25 arası değerler olarak kuadratik bir değişim göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. 3. akım harmoniğinin grafiği 4A ile yaklaşık 25A arası değişen değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %2 seviyesinden %4.5 seviyesine kadar kübik bir artış göstermektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 20A seviyelerinden 120A seviyelerine kadar bir değişim içindedir ve bu değişim kuadratik bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 5. gerilim harmoniğinin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.5 ile %3.6 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 5A ile 105A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.2 seviyelerinden %1.2 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine ancak noktasal olarak çıkmakta ve aynı zamanda kuadratik bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte ve 2A ile 38A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. CAAN tekstil'e ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.2 seviyesinden yaklaşık %2.6 seviyesine kadar değerler almakta ve kübik bir değişim göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 2A seviyelerinden 62A seviyesine kadar değerler almakta ve grafik kübik bir değişim göstermektedir. 13. harmoniğin standart değeri %2.1 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.5 seviyesinden %2,4 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kuadratik bir değişim içindedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 2A ile yaklaşık 46A seviyelerine kadar değişmekte olan değerler almakta ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği CAAN Tekstil'e ait grafiklerde %0.2 seviyesinden başlayıp %0.94 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve azalan kuadratik bir değişim göstermektedir. 15. akım

harmoniği ise 2A seviyesinden 17A seviyesine kadar değerler almakta ve azalan kuadratik bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.16 seviyesinden %1.2 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kuadratik azalan bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği ise 1A seviyelerinden 16A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve azalan kuadratik bir değişim göstermektedir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.16 seviyesinden %1.2 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve azalan bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 1A seviyesinden 12A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve azalan kuadratik bir polinom özelliği göstermektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.8.'deki gibi bulunacaktır..

Tablo 8.8: Caan Tekstil L2 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L2	H3-U L2	H5-U L2	H7-U L2	H9-U L2	H11-U L2	H13-U L2
%25	4,14	0,79	3,89	1,35	0,24	0,62	0,37
%50	4,18	0,93	3,04	1,12	0,39	1,03	2,26
%75	4,42	1,01	3,43	2,46	0,39	1,64	1,00
MAX(%78)	6,22	1,48	5,67	1,58	0,67	1,49	0,78
Yüklenme	H15-U L2	H17-U L2	H19-U L2	KF-I L2	H3-I L2	H5-I L2	H7-I L2
%25	0,21	0,12	0,12	26,58	7,35	104,11	31,28
%50	0,76	0,56	0,50	45,32	23,60	98,40	43,60
%75	0,76	0,75	1,05	32,49	30,66	88,38	76,05
MAX(%78)	0,65	1,24	1,39	20,01	46,80	62,00	38,40
Yüklenme	H9-I L2	H11-I L2	H13-I L2	H15-I L2	H17-I L2	H19-I L2	
%25	5,79	20,91	5,96	1,77	1,33	1,16	
%50	8,40	26,00	46,00	13,20	11,20	7,20	
%75	10,26	39,81	19,53	11,13	9,81	12,09	
MAX(%78)	23,60	34,00	15,60	10,40	15,60	16,00	

### 8.2.3.5.L3 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde CAAN Tekstil'in Yenibosna'daki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L3 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçümler 50 saatliktir. Bu süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Ölçüm aralıkları birer dakika olarak ayarlanmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 100A ile 900A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL3(THD-UL3) değeri

standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL3 %2.2 ile %5.6 arasında değişen değerler almıştır. KFUL3 denklem sistemi kübik bir yol izlemektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL3 grafik sistemine karşılık gelen KFIL3(THD-IL3)'de aynı şekilde kübik bir değişim göstermektedir. KFIL3 değeri %9 ile %91 arasında değişmektedir. 3. gerilim harmoniği %0.5 ile %1.1 arası değerler olarak kübik bir değişim göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. 3. akım harmoniğinin grafiği 2A ile yaklaşık 26A arası değişen değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %1.6 seviyesinden %4.4 seviyesine kadar kübik bir artış göstermektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 2A seviyelerinden 122A seviyelerine kadar bir değişim içindedir ve bu değişim kuadratik bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 5. gerilim harmoniğinin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.5 ile %4 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 5A ile 138A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.1 seviyelerinden %1.2 seviyelerine kadar gelmekte, standart değer %0.8 değerinin üzerine ancak noktasal olarak çıkmakta ve aynı zamanda kübik bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte ve 1A ile 30A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. CAAN tekstil'e ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.3 seviyesinden yaklaşık %2.3 seviyesine kadar değerler almakta ve kübik bir değişim göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 1A seviyelerinden 60A seviyesine kadar değerler almakta ve grafik kübik bir değişim göstermektedir. 13. harmoniğin standart değeri %1 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.3 seviyesinden %2,5 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kuadratik bir değişim içindedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 1A ile yaklaşık 60A seviyelerine kadar değişmekte olan noktasal değerler almakta ve kuadratik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği CAAN Tekstil'e ait grafiklerde %0.2 seviyesinden başlayıp %0.96 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve azalan kuadratik bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 1A seviyesinden 17A

seviyesine kadar değerler almakta ve kuadratik bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.1 seviyesinden %1.2 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kuadratik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği ise 1A seviyelerinden 14.8A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kuadratik bir değişim göstermektedir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.1 seviyesinden %0.85 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 1A seviyesinden 11A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kuadratik bir polinom özelliği göstermektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.9.'deki gibi bulunacaktır..

Tablo 8.9.: Caan Tekstil L3 fazı yüklenme cetveli

Yüklenme	KF-U L3	H3-U L3	H5-U L3	H7-U L3	H9-U L3	H11-U L3	H13-U L3
%25	4,05	0,61	3,20	2,80	0,22	0,37	0,32
%50	4,00	0,74	2,78	1,45	0,60	1,02	1,08
%75	5,32	0,57	4,91	2,12	0,33	0,62	0,41
MAX(%76)	6,63	1,76	6,29	1,61	0,76	1,43	0,82
Yüklenme	H15-U L3	H17-U L3	H19-U L3	KF-I L3	H3-I L3	H5-I L3	H7-I L3
%25	0,21	0,11	0,11	24,62	7,08	74,62	79,92
%50	1,07	1,92	0,99	35,39	48,40	100,00	46,80
%75	0,18	0,10	0,12	39,78	28,40	211,20	95,60
MAX(%76)	0,68	0,76	0,73	16,44	64,00	57,60	35,60
Yüklenme	H9-I L3	H11-I L3	H13-I L3	H15-I L3	H17-I L3	H19-I L3	
%25	7,34	14,62	6,47	2,26	1,61	1,20	
%50	14,00	24,80	20,80	16,40	26,40	11,60	
%75	9,20	17,60	8,00	2,00	1,20	1,20	
MAX(%76)	19,60	34,80	14,40	10,00	9,20	9,20	

## **8.2.4. İnterçağla Tekstil Sanayi ve Ticaret Ltd.Şti ( 800kVA )**

### **8.2.4.1. Fabrika hakkında genel bilgi**

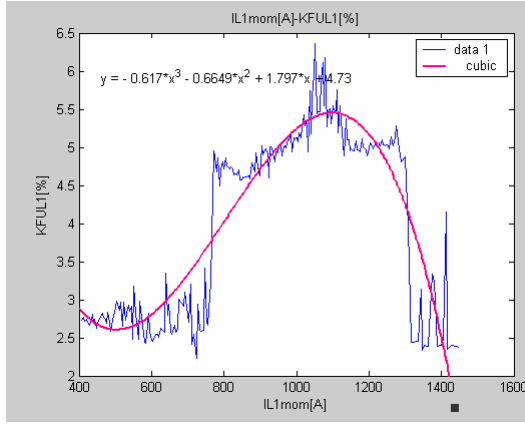
1994 yılında Zeytinburnu'nda 1000 m<sup>2</sup> 'lik yerde faaliyetine başlamış, 2001 yılında 12.000.m<sup>2</sup> kapalı alan üzerine kurulu kendi fabrikasına taşınarak üretim kapasitesini artırmıştır.Şirket ürettiği ürünler arasında Penye; Bayan- Erkek-Çocuk T-shirt, S-shirt, Mont, Elbise, Bluz, Pantolon, Şort vb.. Triko; Bayan-Erkek-Çocuk Kazak, Süeter , Şapka ,Hırka ,vb... yer almaktadır. Üretim aşamasıyla ilgili Kesim-Dikim-Yıkama-Baskı-Ütü,Paket-Kalite Kontrol kendi bünyesi içerisinde gerçekleşmektedir. Ürünlerin %90'i Hollanda, Almanya, Belçika gibi Avrupa ülkelerine ihraç etmekte olup %10' luk kısmı İstanbul Merter'de faaliyet gösteren alt firmaları aracılığıyla Polonya, Çek Cumhuriyeti, Rusya, vb.. Doğu Bloğu ülkelerine satılmaktadır.Üretimin kendi binalarında ve toplam 12.000 M<sup>2</sup>'lik kapalı alanda gerçekleştirilmektedirler. Aylık kapasiteleri 300.000.-Ad; fason imalatla birlikte 400.000-500.000.-Adeti bulabilmektedir.

Bu çalışmada ölçüm alınan fabrika İnterçağla Tekstil'in Lüleburgaz'daki fabrikasıdır. Ölçüm her faza ve faz-faz arası değerlere ait 3000 örnek içermektedir. Ölçüm aralıkları birer dakika olup , fabrikayı besleyen ana şalter çıkışından alınmıştır. Tek hat şemasında ayrıntılı olarak trafonun büyüklüğü , çeşidi , yüklerin gücü , ve multilog ölçüm cihazının bağlantı durumu gözükmemektedir.

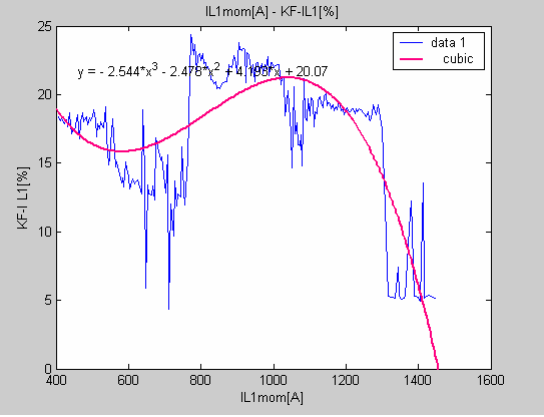


### 8.2.4.2. İnterçağla Tekstil Sanayi ve Ticaret Ltd.Şti'ne ait ölçümler

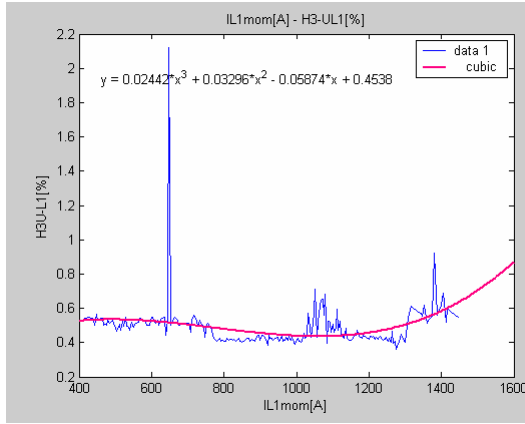
Bu bölümün içeriği L1 fazına ait faz akımına karşılık gelen sıralı harmonik değerlerin gösterilmesi içindir. Kullanılan değerler KFUL1(Toplam Harmonik Distorsiyon) , KFIL1(Toplam Akım Distorsiyonu) , akım ve gerilimin 3.,5.,7.,9.,11.,13.,15.,17.,19. harmonik değerleridir. L2 ve L3 fazlarına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.



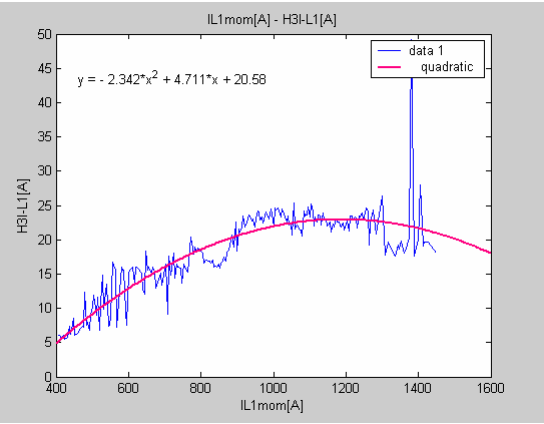
Şekil 8.65.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



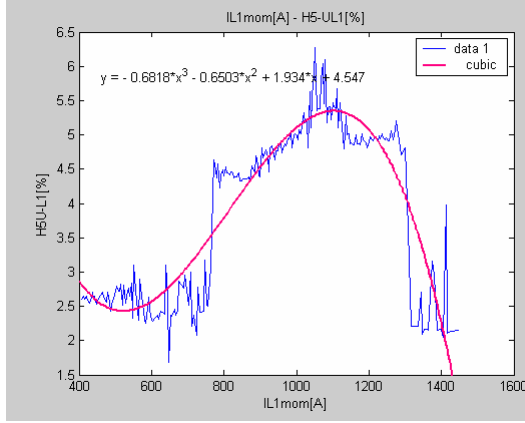
Şekil 8.66.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



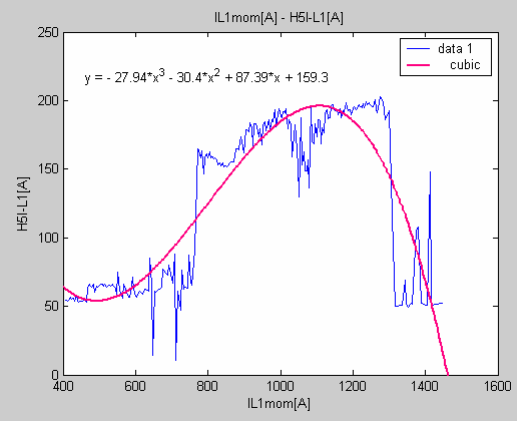
Şekil 8.67.: 3. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



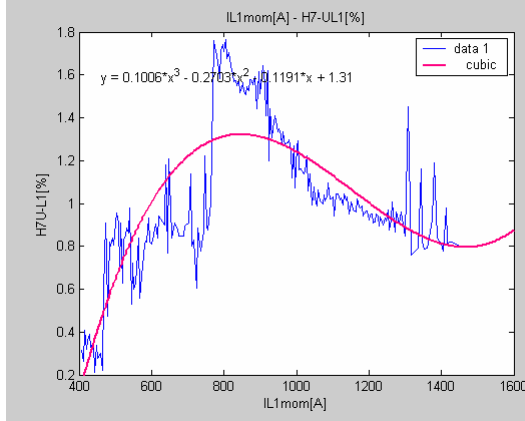
Şekil 8.68.: 3. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



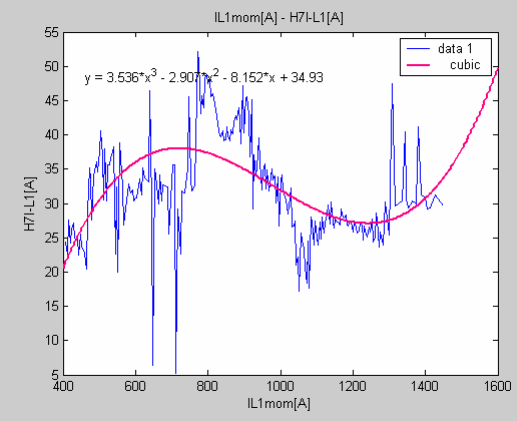
Şekil 8.69.: 5. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



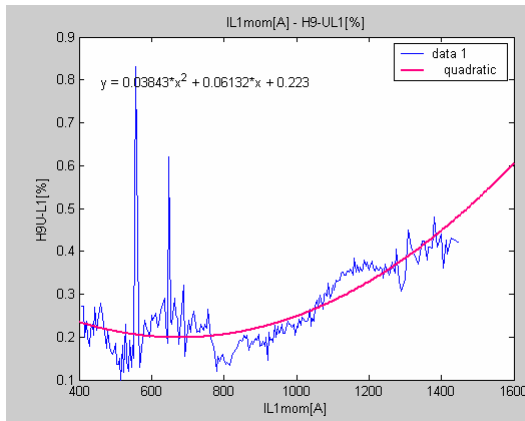
Şekil 8.70.: 5. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



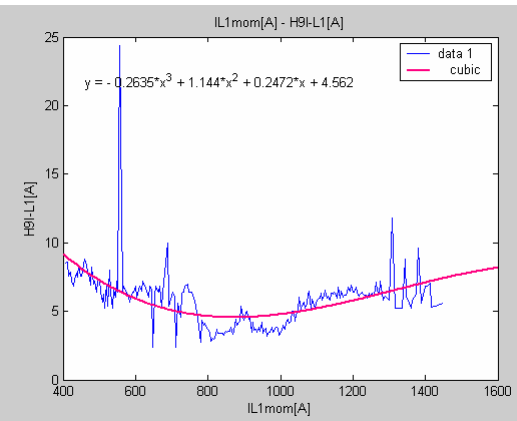
Şekil 8.71.: 7. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.72.: 7. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

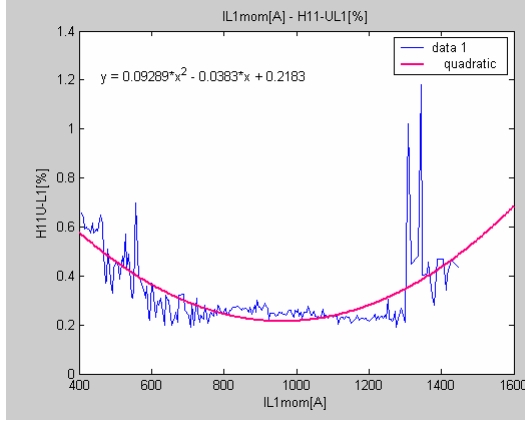


Şekil 8.73.: 9. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

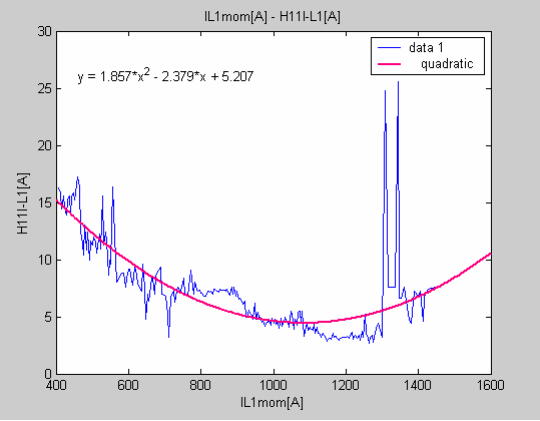


Şekil 8.74.: 9. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

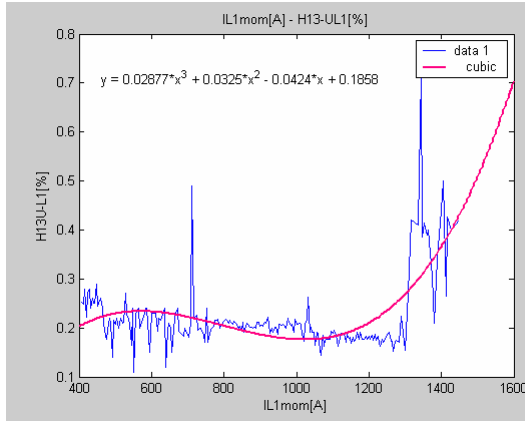




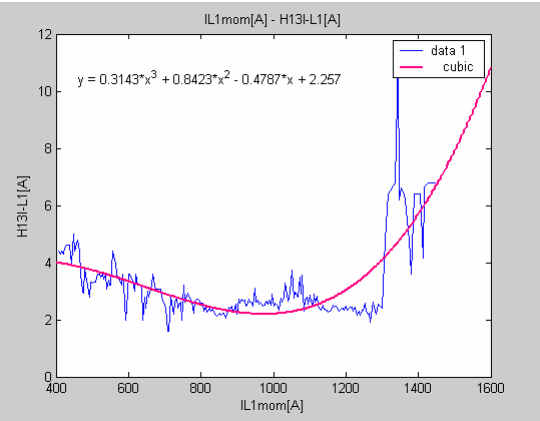
Şekil 8.75.: 11. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



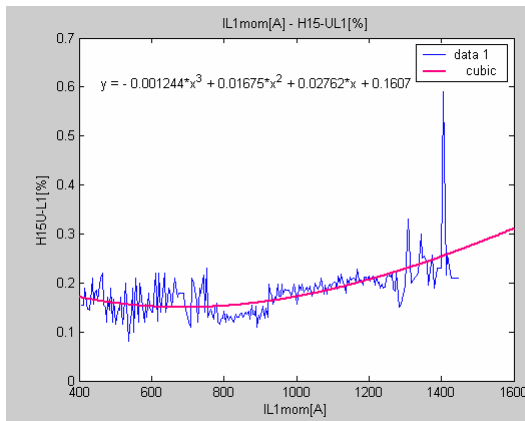
Şekil 8.76.: 11. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



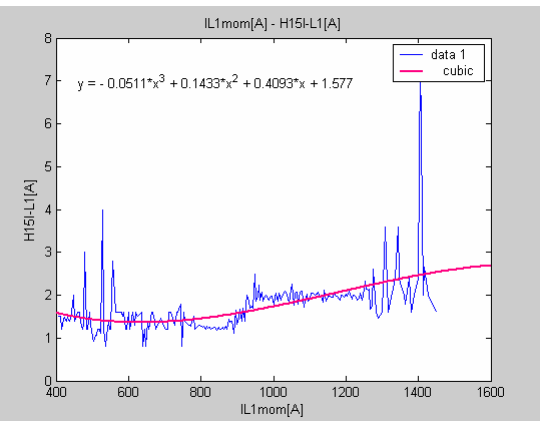
Şekil 8.77.: 13. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



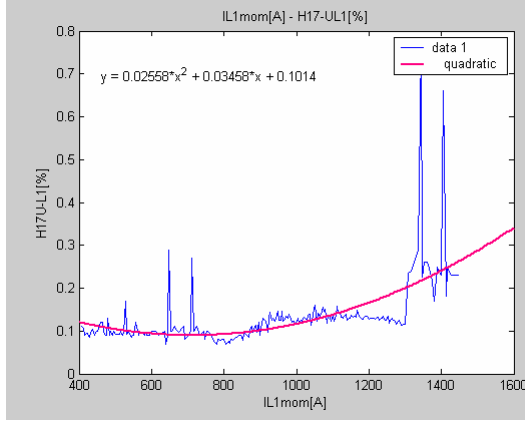
Şekil 8.78.: 13. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



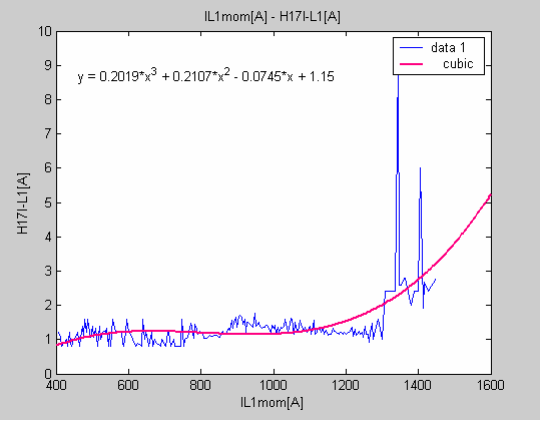
Şekil 8.79.: 15. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



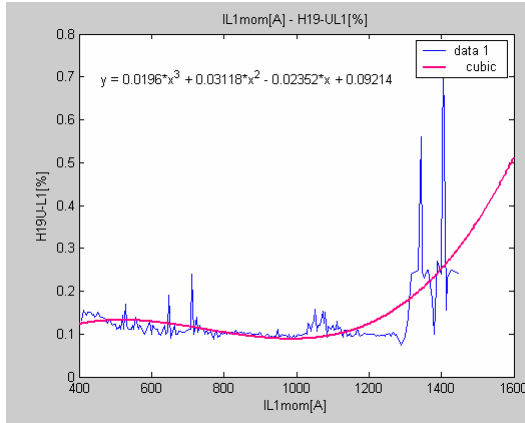
Şekil 8.80.: 15. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



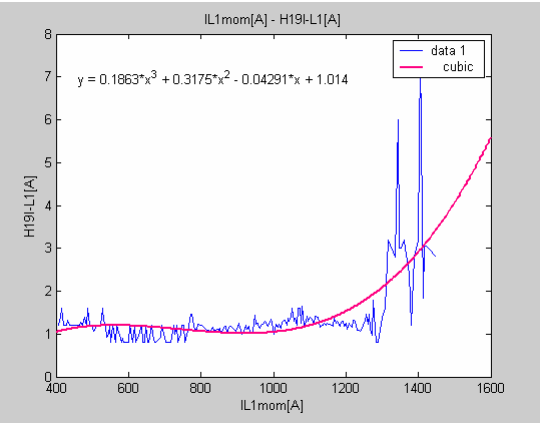
Şekil 8.81.: 17. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.82.: 17. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.83.: 19. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.84.: 19. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

#### 8.2.4.3.L1 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde İnterçağla Tekstil'in Yenibosna'daki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L1 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçümlerler 50 saatliktir. Bu süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Ölçüm aralıkları birer dakika olarak ayarlanmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 400A ile 1400A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL1(THD-UL1) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL1 %2.5 ile yaklaşık %6.25 arasında değişen değerler almıştır. KFUL1 denklem sistemi kübik biçimde değişim göstermektedir. (L1 fazına ait

Grafikler ayrıntılı olarak 8. bölümde ve L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL1 grafik sistemine karşılık gelen KFIL1(THD-IL1)'de aynı şekilde kübik fakat azalan bir değişim göstermektedir. KFIL1 değeri %5 ile yaklaşık %25 arasında değişmektedir. Ve bu akım harmoniklerinin yüzdesel gösterimi içinde büyük bir değerdir. 3. gerilim harmoniği %0.5 ile %0.8 arasında değişen değerler almakla beraber kübik olarak artan bir polinom özelliği göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. 3. akım harmoniği grafiği 5A ile yaklaşık 45A arası değişen noktasal değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kuadratik olarak değişen bir polinom şeklindedir. 5.gerilim harmoniği %2.5 seviyesinden yaklaşık %6.25 seviyesine kadar noktasal değerler alarak kübik bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 50A seviyelerinden 200A seviyelerine kadar noktasal değerler alan bir değişim içindedir ve bu değişim kübik bir polinom grafiği çizmektedir. Burada dikkat edilecek durum 5. gerilim harmoniğinin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.2 ile %1.8 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 5A ile 52A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir.9.gerilim harmoniği %0.25 seviyelerinden %0.9 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine ancak noktasal olarak çıkmakta ve aynı zamanda kuadratik bir polinom değişimi göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte , 8A ile yaklaşık 25A arası noktasal değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. İnterçağla tekstil'e ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.6 seviyesinden yaklaşık %1.2 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve bir kuadratik polinom değişimi göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 15A seviyelerinden 25A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve grafik bir kuadratik polinom şeklini almaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2.1 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.25 seviyesinden %0.7 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kuadratik polinom değişimi göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 4A ile yaklaşık 11A seviyelerine kadar değişmekte olan değerler almakta ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği İnterçağla

Tekstil'e ait grafiklerde %0.2 seviyesinden başlayıp %0.6 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve artan kuadratik bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 1.5A seviyesinden 8A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve artan kuadratik bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17. gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.1 seviyesinden %0.7 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik değişim gösteren bir polinom özelliğindedir. 17. akım harmoniği ise 1A seviyelerinden 9A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve artan kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.15 seviyesinden %0.7 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve artan kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 1A seviyesinden 8A seviyesine kadar noktasal değerler almakta , artan ve kübik değişim gösteren bir polinom özelliği göstermektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.10.'daki gibi bulunacaktır..

Tablo 8.10.: İnterçağla Tekstil L1 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L1	H3-U L1	H5-U L1	H7-U L1	H9-U L1	H11-U L1	H13-U L1
MIN(%34)	2,73	0,53	2,60	0,32	0,27	0,66	0,25
%50	2,45	0,55	2,28	0,83	0,24	0,36	0,23
%75	5,01	0,44	4,81	1,60	0,18	0,26	0,20
MAX(%120)	2,38	0,54	2,15	0,80	0,42	0,43	0,42
Yüklenme	H15-U L1	H17-U L1	H19-U L1	KF-I L1	H3-I L1	H5-I L1	H7-I L1
MIN(%34)	0,16	0,11	0,13	18,39	6,00	54,10	24,30
%50	0,14	0,10	0,12	13,13	15,60	56,40	30,80
%75	0,14	0,12	0,10	23,82	21,51	179,07	45,38
MAX(%120)	0,21	0,23	0,24	5,06	18,00	52,40	29,60
Yüklenme	H9-I L1	H11-I L1	H13-I L1	H15-I L1	H17-I L1	H19-I L1	
MIN(%34)	8,50	16,30	4,40	1,50	1,20	1,20	
%50	6,00	9,20	3,60	1,20	1,20	1,20	
%75	4,89	6,58	2,71	1,47	1,69	1,24	
MAX(%120)	5,60	7,60	6,80	1,60	2,80	2,80	

#### 8.2.4.4.L2 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde İnterçağla Tekstil'in Yenibosna'daki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L2 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçümlerler 50 saatliktir. Bu süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Ölçüm aralıkları birer

dakika olarak ayarlanmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 400A ile 1400A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL2(THD-UL2) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL2 %2.5 ile yaklaşık %5.5 arasında değişen değerler almıştır. KFUL2 denklem sistemi kübik biçimde değişim göstermektedir. (L2 fazına ait Grafikler ayrıntılı olarak 8. bölümde ve L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL2 grafik sistemine karşılık gelen KFIL2(THD-IL2)'de aynı şekilde kübik fakat azalan bir değişim göstermektedir. KFIL2 değeri %5 ile yaklaşık %26 arasında değişmektedir. 3. gerilim harmoniği %0.6 ile %1.25 arasında değişen değerler almakla beraber kübik olarak değişen bir polinom özelliği göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. 3. akım harmoniği grafiği yaklaşık 10A ile 65A arası değişen noktasal değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik olarak değişen bir polinom şeklindedir. 5.gerilim harmoniği %2.2 seviyesinden yaklaşık %5.2 seviyesine kadar noktasal değerler olarak kübik bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 50A seviyelerinden 170A seviyelerine kadar noktasal değerler alan bir değişim içindedir ve bu değişim kübik bir polinom grafiği çizmektedir. Burada dikkat edilecek durum 5. gerilim harmoniğinin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.3 ile %2.5 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 20A ile 95A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.15 seviyelerinden %0.75 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkamamakta ve aynı zamanda kübik bir polinom değişimi göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte , 5A ile yaklaşık 25A arası noktasal değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. İnterçağla tekstil'e ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.2 seviyesinden yaklaşık %0.9 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve bir kübik polinom değişimi göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 3A seviyelerinden 21A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve grafik bir kübik polinom şeklini almaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2.1 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.2 seviyesinden %1.6 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kuadratik polinom

değişimi göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 2.5A ile yaklaşık 26A seviyelerine kadar değişmekte olan değerler almakta ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği İnterçağla Tekstil'e ait grafiklerde %0.2 seviyesinden başlayıp %1.3 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve artan kuadratik bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 2A seviyesinden 18A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve artan kuadratik bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.1 seviyesinden %1.8 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik değişim gösteren bir polinom özelliğindedir. 17. akım harmoniği ise 2A seviyelerinden 25A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve artan kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.2 seviyesinden %2.6 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve artan kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 2A seviyesinden 26A seviyesine kadar noktasal değerler almakta , artan ve kübik değişim gösteren bir polinom özelliği göstermektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.11.'deki gibi bulunacaktır..

Tablo 8.11.: İnterçağla Tekstil L2 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L2	H3-U L2	H5-U L2	H7-U L2	H9-U L2	H11-U L2	H13-U L2
MIN(%32)	2,84	0,71	2,70	0,34	0,31	0,56	0,26
%50	2,66	0,63	2,51	0,66	0,46	0,27	0,12
%75	4,66	0,85	4,20	1,92	0,30	0,39	0,25
MAX(%122)	2,43	0,68	2,15	0,80	0,34	0,37	0,41
Yüklenme	H15-U L2	H17-U L2	H19-U L2	KF-I L2	H3-I L2	H5-I L2	H7-I L2
MIN(%32)	0,16	0,07	0,15	18,50	6,56	53,76	18,32
%50	0,16	0,09	0,13	13,27	8,40	58,80	36,40
%75	0,16	0,09	0,11	21,43	30,85	156,98	66,38
MAX(%122)	0,28	0,17	0,22	5,26	17,20	54,00	35,20
Yüklenme	H9-I L2	H11-I L2	H13-I L2	H15-I L2	H17-I L2	H19-I L2	
MIN(%32)	9,20	14,24	4,56	1,36	0,96	1,60	
%50	11,60	7,60	2,80	1,20	0,80	1,20	
%75	7,33	7,95	2,38	1,55	1,48	1,35	
MAX(%122)	4,80	7,60	6,80	2,40	2,40	3,20	

#### **8.2.4.5.L3 fazına ait yorumlar :**

Bu bölümde İnterçağla Tekstil'in Yenibosna'daki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L3 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçümler 50 saatliktir. Bu süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Ölçüm aralıkları birer dakika olarak ayarlanmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 200A ile 1600A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL3(THD-UL3) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL3 %2 ile yaklaşık %4.9 arasında değişen değerler almıştır. KFUL3 denklem sistemi kübik biçimde değişim göstermektedir. (L3 fazına ait Grafikler ayrıntılı olarak 8. bölümde ve L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL3 grafik sistemine karşılık gelen KFIL3(THD-IL3)'de aynı şekilde kübik bir değişim göstermektedir. KFIL3 değeri %5 ile yaklaşık %25 arasında değişmektedir. 3. gerilim harmoniği %0.45 ile %1.2 arasında değişen değerler almakla beraber kübik olarak değişen bir polinom özelliği göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. 3. akım harmoniği grafiği yaklaşık 2A ile 70A arası değişen noktasal değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik olarak değişen bir polinom şeklindedir. 5.gerilim harmoniği %2 seviyesinden yaklaşık %4.6 seviyesine kadar noktasal değerler olarak kübik bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 51A seviyelerinden 180A seviyelerine kadar noktasal değerler alan bir değişim içindedir ve bu değişim kübik bir polinom grafiği çizmektedir. Burada dikkat edilecek durum 5. gerilim harmoniğinin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.2 ile %2.6 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 25A ile 90A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.15 seviyelerinden %0.9 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkmakta ve aynı zamanda kübik bir polinom değişimi göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte , 3A ile yaklaşık 20A arası noktasal değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. İnterçağla tekstil'e ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.2 seviyesinden yaklaşık %1.2 seviyesine kadar noktasal

değerler almakta ve bir kuadratik polinom değişimi göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 2A seviyelerinden 30A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve grafik bir kübik polinom şeklini almaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2.1 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.2 seviyesinden %1.4 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik polinom değişimi göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 3A ile yaklaşık 22A seviyelerine kadar değişmekte olan değerler almakta ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği İnterçağla Tekstil'e ait grafiklerde %0.2 seviyesinden başlayıp %1.3 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 1A seviyesinden 20A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.1 seviyesinden %2.3 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik değişim gösteren bir polinom özelliğindedir. 17. akım harmoniği ise 1A seviyelerinden 26A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve artan kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.4 seviyesinden %3.2 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 1A seviyesinden 35A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik değişim gösteren bir polinom özelliği göstermektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.12.'deki gibi bulunacaktır.



Tablo 8.12.: İnterçağla Tekstil L3 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L3	H3-U L3	H5-U L3	H7-U L3	H9-U L3	H11-U L3	H13-U L3
MIN(%31)	2,66	0,67	2,57	0,27	0,25	0,35	0,34
%50	2,36	0,59	2,09	0,97	0,29	0,27	0,24
%75	4,72	0,72	4,04	2,43	0,27	0,31	0,26
MAX(%122)	2,26	0,58	1,98	0,81	0,40	0,39	0,44
Yüklenme	H15-U L3	H17-U L3	H19-U L3	KF-I L3	H3-I L3	H5-I L3	H7-I L3
MIN(%31)	0,21	0,08	0,12	20,00	3,60	56,60	27,00
%50	0,10	0,08	0,11	14,33	10,00	55,60	44,80
%75	0,15	0,10	0,10	23,95	7,68	171,90	84,30
MAX(%122)	0,25	0,23	0,25	5,32	14,40	53,60	34,40
Yüklenme	H9-I L3	H11-I L3	H13-I L3	H15-I L3	H17-I L3	H19-I L3	
MIN(%31)	5,40	9,20	5,00	1,60	1,00	1,20	
%50	9,20	2,00	3,20	1,20	1,20	1,20	
%75	4,72	7,28	3,42	1,94	1,70	1,26	
MAX(%122)	6,80	7,60	7,20	2,00	3,20	3,20	

## **8.2.5. CHT Tekstil Kimya A.Ş. ( 400kVA )**

### **8.2.5.1. Fabrika hakkında genel bilgi**

CHT Türkiye, CHT grubunun bir iştiraki olarak, 1990 yılında İstanbul'da kurulmuştur. Türk tekstil endüstrisinin gösterdiği ilgiye bağlı olarak kısa sürede gelişmiş ve izlediği yatırım politikası ile, bugün yaklaşık 20.000 m2 lik açık, 6.000 m2 lik kapalı alanı içinde üretim, depolama ve araştırma geliştirme faaliyetlerini sürdürmektedir.

CHT bünyesinde yapılan işlemler :

- Ön hazırlık
- Düz Boya
- Baskı
- Kaplama
- Flok- parça baskı ve
- Finisaj olarak gruplandırılabilir

Müşterilerinin talepleri doğrultusunda, grup şirketlerinden olan Bezema A.G. (İsviçre) boyar maddelerini ve Hansa GmbH. (Almanya) silikon bazlı ürünlerini de Türk tekstil endüstrisinin kullanımına sunmaktadırlar.

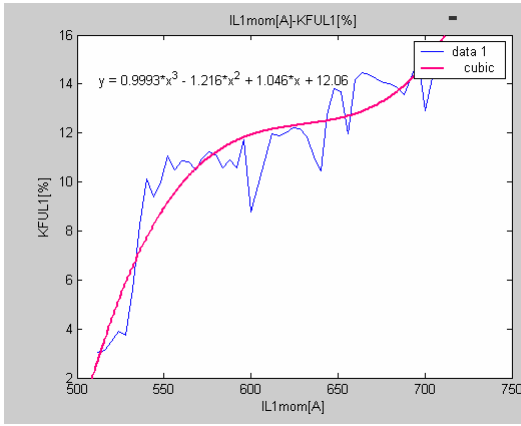
Tesislerin bünyesinde bulunan gelişmiş laboratuvar olanakları ile, hammadde girişinden itibaren, her aşamada kalite kontrolünü sağlayıp, bunun yanısıra, problem çözümüne yönelik müşteri hizmetleri vermekteler.

Bu çalışmada ölçüm alınan fabrika CHT Grup'un Büyükçekmece'deki fabrikasıdır. Ölçüm her faza ve faz-faz arası değerlere ait 3000 örnek içermektedir. Ölçüm aralıkları birer dakika olup , fabrikayı besleyen ana şalter çıkışından alınmıştır. Tek hat şemasında ayrıntılı olarak trafonun büyüklüğü , çeşidi , yüklerin gücü , ve multilog ölçüm cihazının bağlantı durumu gözükmektedir.

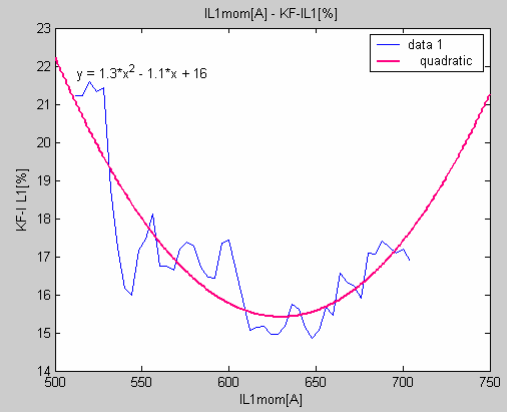


### 8.2.5.2. CHT Tekstil Kimya A.Ş.'ye ait ölçümler

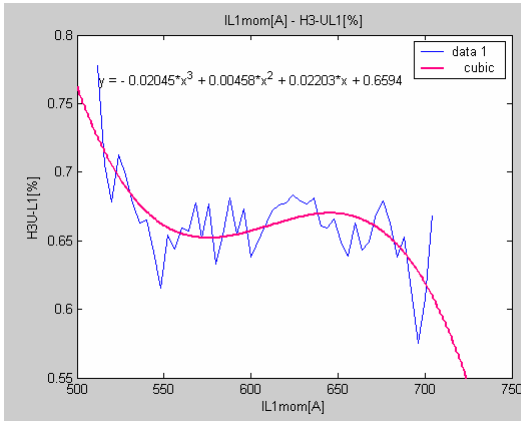
Bu bölümün içeriği L1 fazına ait faz akımına karşılık gelen sıralı harmonik değerlerin gösterilmesi içindir. Kullanılan değerler KFUL1(Toplam Harmonik Distorsiyon) , KFIL1(Toplam Akım Distorsiyonu) , akım ve gerilimin 3.,5.,7.,9.,11.,13.,15.,17.,19. harmonik değerleridir. L2 ve L3 fazlarına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.



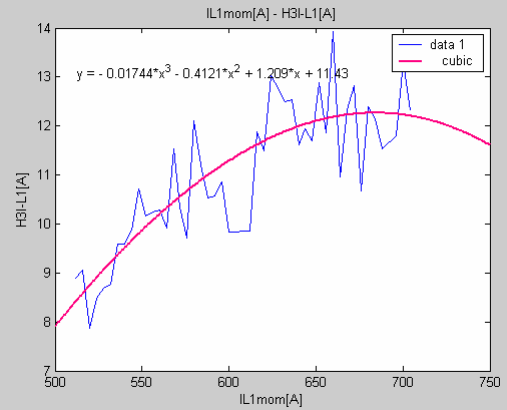
Şekil 8.86.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



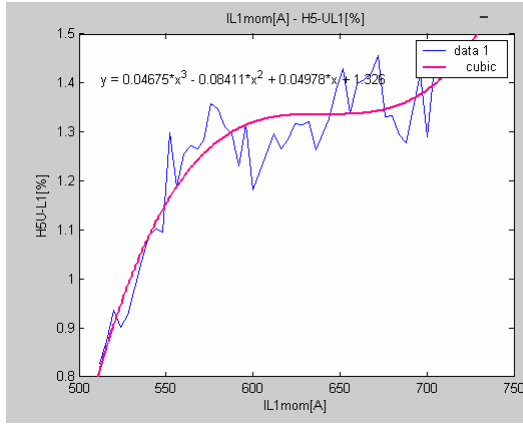
Şekil 8.87.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



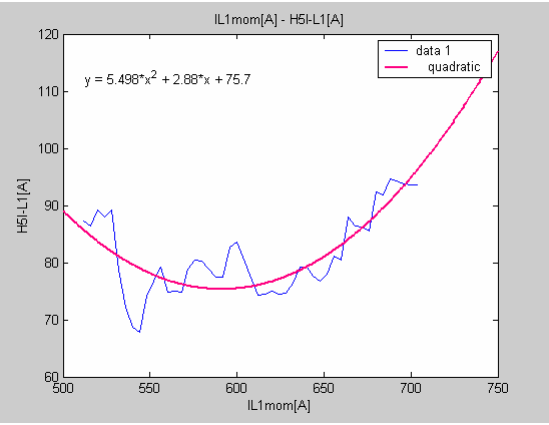
Şekil 8.88.: 3. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



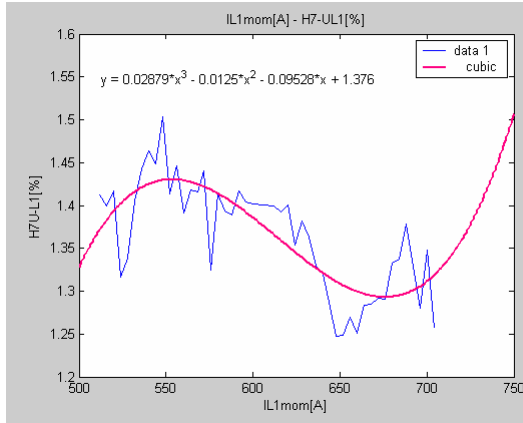
Şekil 8.89.: 3. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



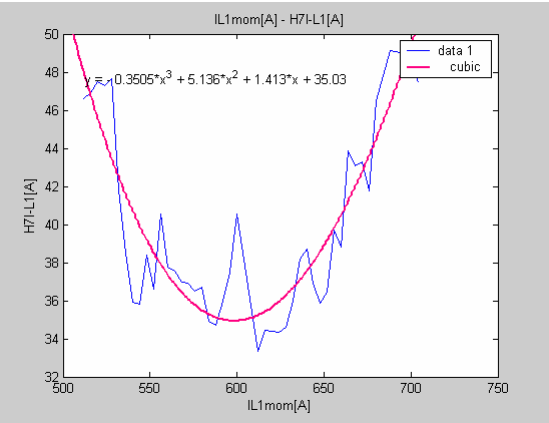
Şekil 8.90.: 5. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



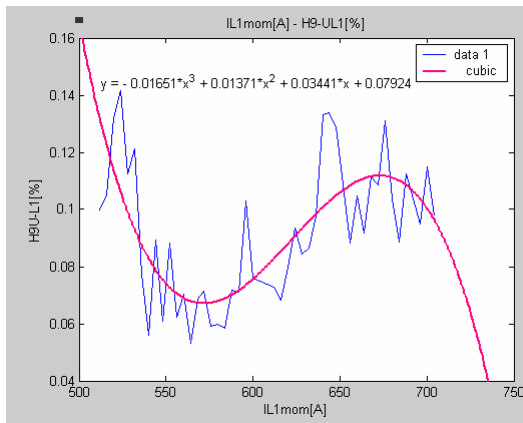
Şekil 8.91.: 5. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



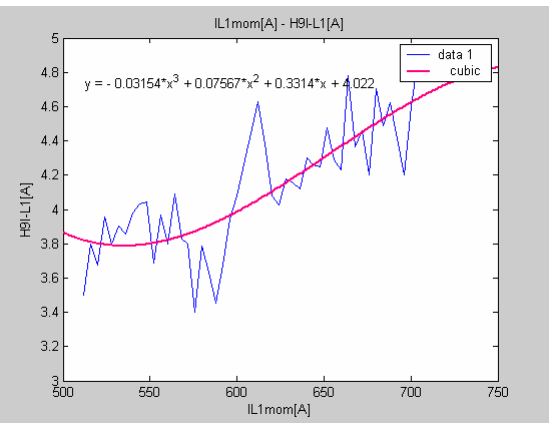
Şekil 8.92.: 7. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



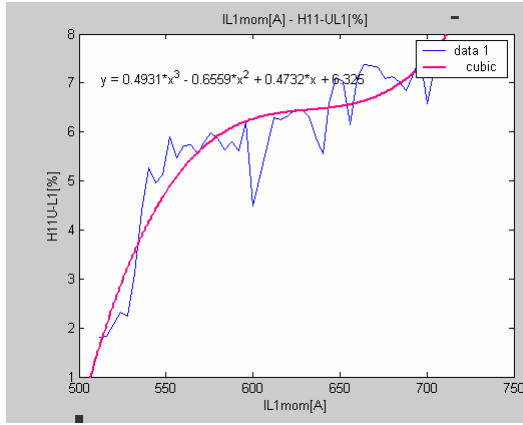
Şekil 8.93.: 7. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



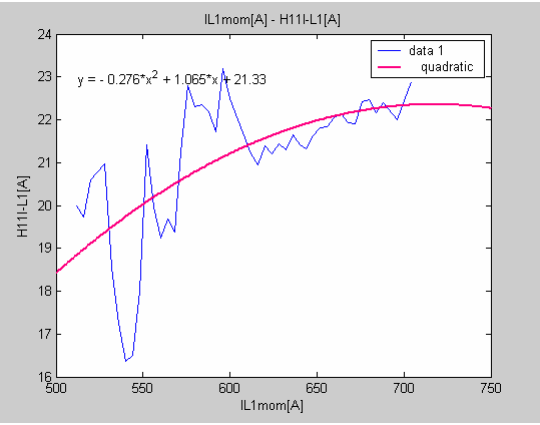
Şekil 8.94.: 9. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



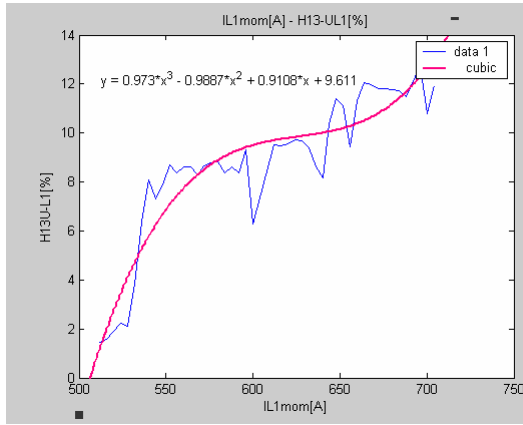
Şekil 8.95.: 9. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



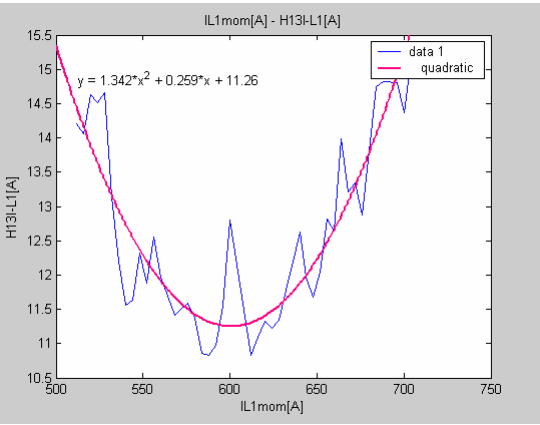
Şekil 8.96.: 11. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



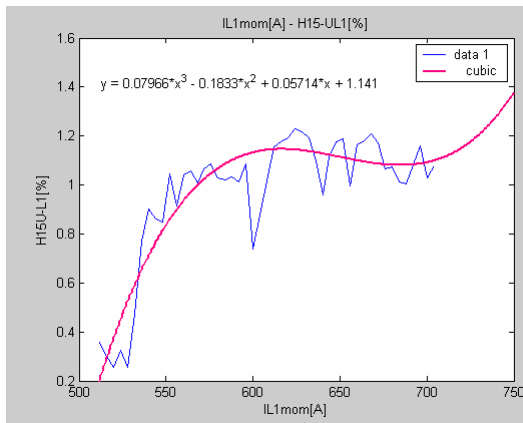
Şekil 8.97.: 11. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



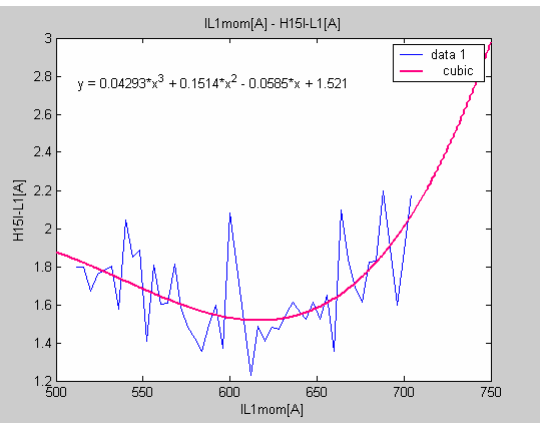
Şekil 8.98.: 13. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



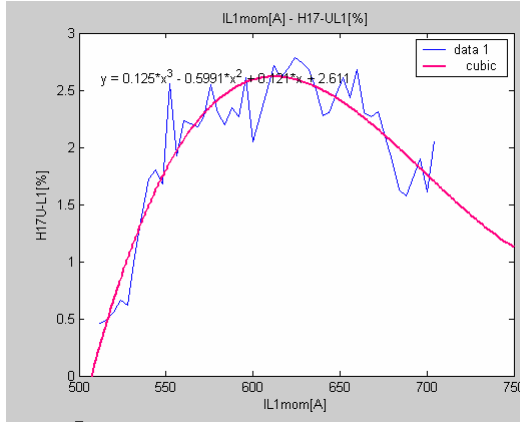
Şekil 8.99.: 13. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



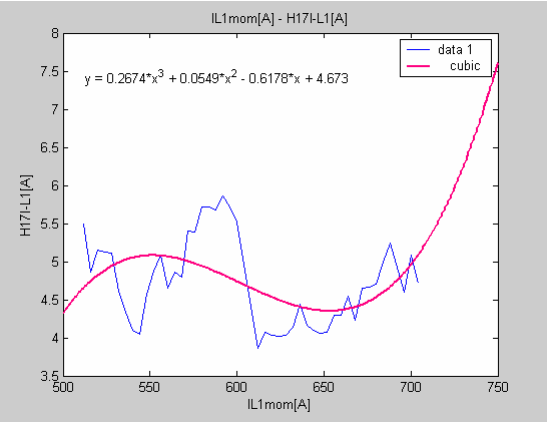
Şekil 8.100.:15. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



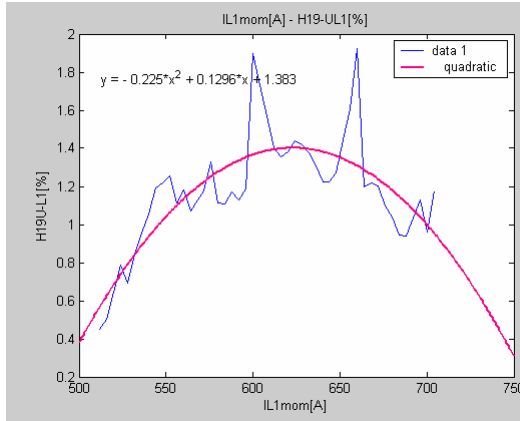
Şekil 8.101.:15. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



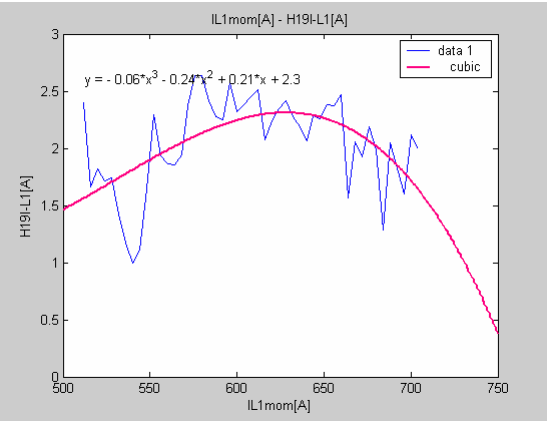
Şekil 8.102.:17. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.103.:17. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.104.:19. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.105.:19. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

### 8.2.5.3.L1 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde CHT Tekstil'in Büyükçekmece'deki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L1 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçümler 50 saatliktir. Bu süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Ölçüm aralıkları birer dakika olarak ayarlanmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 500A ile 750A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL1(THD-UL1) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL1 %3 ile yaklaşık %16 arasında değişen değerler almıştır. KFUL1 denklem sistemi kübik biçimde değişim göstermektedir. (L1 fazına ait

Grafikler ayrıntılı olarak 8. bölümde ve L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL1 grafik sistemine karşılık gelen KFIL1(THD-IL1)'de kuadratik ve azalan bir değişim göstermektedir. KFIL1 değeri %15 ile yaklaşık %22 arasında değişmektedir. Ve bu akım harmoniklerinin yüzdesel gösterimi içinde büyük bir değerdir. 3. gerilim harmoniği %0.75 ile %0.55 arasında değişen değerler almakla beraber kübik olarak değişen ve azalan bir polinom özelliği göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. 3. akım harmoniği grafiği 8A ile yaklaşık 14A arası değişen noktasal değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik olarak değişen bir polinom şeklindedir. 5.gerilim harmoniği %0.8 seviyesinden yaklaşık %1.5 seviyesine kadar noktasal değerler alarak kübik bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 75A seviyelerinden 90A seviyelerine kadar noktasal değerler alan bir değişim içindedir ve bu değişim kuadratik bir polinom grafiği çizmektedir. Burada dikkat edilecek durum 5. gerilim harmoniğinin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %1.25 ile %1.5 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 33A ile 50A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir.9.gerilim harmoniği %0.05 seviyelerinden yaklaşık %0.13 seviyelerinde değerler almakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkamamaktadır ve aynı zamanda kuadratik bir polinom değişimi göstermektedir. Akım harmoniği ise kuadratik bir yol izlemekte , 34A ile yaklaşık 50A arası noktasal değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. CHT tekstil'e ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %1 seviyesinden yaklaşık %8 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve bir kübik polinom değişimi göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 16.5A seviyelerinden 23A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve grafik bir kuadratik polinom şeklini almaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2.1 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %1 seviyesinden %14 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve bir kübik polinom değişimi göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 11A ile yaklaşık 15.5A seviyelerine kadar değişmekte olan değerler almakta ve bir kuadratik polinom değişimi göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği CHT Tekstil'e ait grafiklerde



%0.3 seviyesinden başlayıp %1.2 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 1.3A seviyesinden 2.2A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik polinom benzeri bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17. gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.5 seviyesinden yaklaşık %2.6 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik değişim gösteren bir polinom özelliğindedir. 17. akım harmoniği ise 4A seviyelerinden 6A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.4 seviyesinden %1.9 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kuadratik bir polinom şeklinde yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 1A seviyesinden 2.5A seviyesine kadar noktasal değerler almakta , kübik değişim gösteren bir polinom özelliği göstermektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.13.'deki gibi bulunacaktır..

Tablo 8.13: CHT Tekstil L1 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L1	H3-U L1	H5-U L1	H7-U L1	H9-U L1	H11-U L1	H13-U L1
MIN(%84)	3,04	0,78	0,83	1,41	0,10	1,80	1,45
%50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%90)	14,26	0,67	1,43	1,26	0,10	7,29	11,93
Yüklenme	H15-U L1	H17-U L1	H19-U L1	KF-I L1	H3-I L1	H5-I L1	H7-I L1
MIN(%84)	0,36	0,46	0,45	21,23	8,90	87,20	46,60
%50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%90)	1,08	2,05	1,18	16,87	12,31	93,64	47,42
Yüklenme	H9-I L1	H11-I L1	H13-I L1	H15-I L1	H17-I L1	H19-I L1	
MIN(%84)	3,50	20,00	14,20	1,80	5,50	2,40	
%50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
MAX(%90)	4,89	22,89	15,16	2,18	4,71	2,00	

#### 8.2.5.4.L2 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde CHT Tekstil'in Büyükçekmece'deki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L2 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçümler 50 saatliktir. Bu süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Ölçüm aralıkları birer

dakika olarak ayarlanmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 450A ile 700A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL2(THD-UL2) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL2 %4 ile yaklaşık %15 arasında değişen değerler almıştır. KFUL2 denklem sistemi kübik biçimde değişim göstermektedir. (L2 fazına ait Grafikler ayrıntılı olarak 8. bölümde ve L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL2 grafik sistemine karşılık gelen KFIL2(THD-IL2)'de kübik ve azalan bir değişim göstermektedir. KFIL2 değeri %13 ile yaklaşık %21 arasında değişmektedir. 3. gerilim harmoniği %0.4 ile %0.58 arasında değişen değerler almakla beraber kübik olarak değişen bir polinom özelliği göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. 3. akım harmoniği grafiği 0A ile yaklaşık 12A arası değişen noktasal değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kuadratik olarak değişen bir polinom şeklindedir. 5.gerilim harmoniği %0.88 seviyesinden yaklaşık %1.6 seviyesine kadar noktasal değerler olarak kübik bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 58A seviyelerinden 84A seviyelerine kadar noktasal değerler alan bir değişim içindedir ve bu değişim kuadratik bir polinom grafiği çizmektedir. Burada dikkat edilecek durum 5. gerilim harmoniğinin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %1.2 ile %1.57 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 30A ile 44A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir.9.gerilim harmoniği %0.05 seviyelerinden yaklaşık %0.14 seviyelerinde değerler almakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkamamaktadır ve aynı zamanda kübik bir polinom değişimi göstermektedir. 9. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte , 0.5A ile yaklaşık 3.5A arası noktasal değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. CHT tekstil'e ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %2 seviyesinden yaklaşık %6.5 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve bir kübik polinom değişimi göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 14.5A seviyelerinden 21.5A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve grafik kübik bir polinom şeklini almaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2.1 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %2 seviyesinden %13 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve bir

kübik polinom değişimi göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 8A ile yaklaşık 13A seviyelerine kadar değişmekte olan değerler almakta ve bir kübik polinom değişimi göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği CHT Tekstil'e ait grafiklerde %0.2 seviyesinden başlayıp %0.75 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 0A seviyesinden 1.6A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kuadratik polinom benzeri bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.5 seviyesinden yaklaşık %3.5 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik değişim gösteren bir polinom özelliğindedir. 17. akım harmoniği ise 3.2A seviyelerinden 5.5A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.65 seviyesinden %1.7 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik bir polinom şeklinde yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 1.2A seviyesinden 4.5A seviyesine kadar noktasal değerler almakta , kübik değişim gösteren bir polinom özelliği göstermektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.14.'deki gibi bulunacaktır..

Tablo 8.14.: CHT Tekstil L2 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L2	H3-U L2	H5-U L2	H7-U L2	H9-U L2	H11-U L2	H13-U L2
MIN(%79)	3,18	0,42	0,86	1,47	0,11	1,84	1,75
%50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%90)	12,85	0,47	1,64	1,22	0,08	6,48	10,28
Yüklenme	H15-U L2	H17-U L2	H19-U L2	KF-I L2	H3-I L2	H5-I L2	H7-I L2
MIN(%79)	0,12	0,43	0,63	20,26	1,60	78,40	40,40
%50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%90)	0,68	3,50	1,74	12,80	4,80	72,40	31,60
Yüklenme	H9-I L2	H11-I L2	H13-I L2	H15-I L2	H17-I L2	H19-I L2	
MIN(%79)	0,40	18,80	12,80	0,00	4,40	2,00	
%50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
MAX(%90)	1,60	21,20	11,20	1,20	3,60	2,40	

### **8.2.5.5.L3 fazına ait yorumlar :**

Bu bölümde CHT Tekstil'in Büyükçekmece'deki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L3 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçümler 50 saatliktir. Bu süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Ölçüm aralıkları birer dakika olarak ayarlanmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 500A ile 750A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL3(THD-UL3) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL3 %3 ile yaklaşık %15 arasında değişen değerler almıştır. KFUL3 denklem sistemi kübik biçimde değişim göstermektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL3 grafik sistemine karşılık gelen KFIL3(THD-IL3)'de kübik bir değişim göstermektedir. KFIL3 değeri %12.8 ile yaklaşık %20.8 arasında değişmektedir. 3. gerilim harmoniği %0.5 ile %0.72 arasında değişen değerler almakla beraber kübik olarak değişen bir polinom özelliği göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. 3. akım harmoniği grafiği 1A ile yaklaşık 12A arası değişen noktasal değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik olarak değişen bir polinom şeklindedir. 5.gerilim harmoniği %0.8 seviyesinden yaklaşık %1.6 seviyesine kadar noktasal değerler olarak kübik bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 52A seviyelerinden 88A seviyelerine kadar noktasal değerler alan bir değişim içindedir ve bu değişim kübik bir polinom grafiği çizmektedir. Burada dikkat edilecek durum 5. gerilim harmoniğinin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %1.25 ile %1.55 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 32A ile 40A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.13 seviyelerinden yaklaşık %0.23 seviyelerinde değerler almakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkamamaktadır ve aynı zamanda kübik bir polinom değişimi göstermektedir. 9. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte , 1.6A ile yaklaşık 5.4A arası noktasal değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. CHT tekstil'e ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %1.9

seviyesinden yaklaşık %7 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve bir kübik polinom değişimi göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 12A seviyelerinden 21A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve grafik kübik bir polinom şeklini almaktadır. 13. gerilim harmoniği %2 seviyesinden %13 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve bir kübik polinom değişimi göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 10.6A ile yaklaşık 15.4A seviyelerine kadar değişmekte olan değerler almakta ve bir kübik polinom değişimi göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği CHT Tekstil'e ait grafiklerde %0.2 seviyesinden başlayıp %0.9 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 1.82A seviyesinden 3.2A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik polinom benzeri bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.4 seviyesinden yaklaşık %2.2 seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik değişim gösteren bir polinom özelliğindedir. 17. akım harmoniği ise 3.45A seviyelerinden 5.3A seviyesine kadar noktasal değerler almakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. Çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.3.'deki gibi bulunacaktır.

Tablo 8.15: CHT Tekstil L3 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L3	H3-U L3	H5-U L3	H7-U L3	H9-U L3	H11-U L3	H13-U L3
MIN(%83)	3,14	0,63	0,86	1,43	0,13	1,82	1,66
%50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%90)	12,56	0,50	1,62	1,35	0,24	6,43	10,30
Yüklenme	H15-U L3	H17-U L3	H19-U L3	KF-I L3	H3-I L3	H5-I L3	H7-I L3
MIN(%83)	0,18	0,41	0,56	20,78	5,29	82,00	46,22
%50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%90)	0,77	2,36	1,37	14,26	2,80	73,60	38,00
Yüklenme	H9-I L3	H11-I L3	H13-I L3	H15-I L3	H17-I L3	H19-I L3	
MIN(%83)	3,69	18,62	14,93	1,82	4,67	1,96	
%50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
MAX(%90)	3,20	19,60	14,40	2,40	4,40	3,60	

### **8.3. Matbaa Sektörü**

#### **8.3.1.Boyut Reklamcılık – Matbaacılık Dış Tic.Ltd.Şti ( 300kW )**

##### **8.3.1.1.Fabrika hakkında genel bilgi**

1990 yılında kurulmuştur. Bünyesinde reklamcılık , grafikerlik , baskı , hediyelik eşya ve eşantiyon üretimi gibi bölümler bulundurmaktadır. Üretimlerinden bazıları kutu mendil çeşitleri otomobil kokusu , magnet , masa saati vb. Baskı süreci şu şekildedir.

- Tasarım
- Fotoğraf
- Renk ayrımı
- Baskı hazırlık teknolojisi uygulamaları ve kimyasalların seçimi
- Baskı
- Boya
- Kağıt düzenleme ve katlama vs.

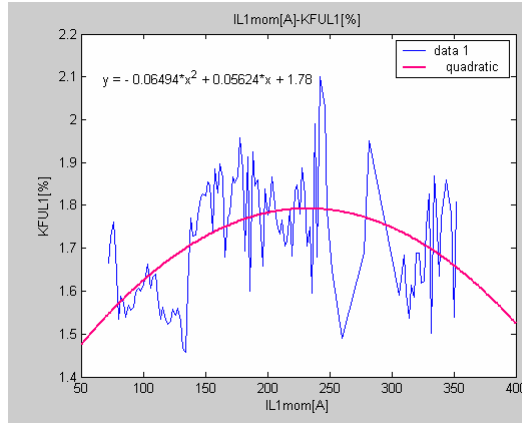
Basılmış kağıdın tasarlanan amaca uygun olarak tüketime hazırlanması için lamine edilmesi, katlanması , kesilmesi, ciltlenmesi ve paketlenmesi işlemleri uygulanmaktadır.

Bu çalışmada ölçüm alınan fabrika Boyut Matbaa'nın İkitelli Matbaacılar Sitesindeki fabrikasıdır. Ölçüm her faza ve faz-faz arası değerlere ait 3000 örnek içermektedir. Ölçüm aralıkları birer dakika olup , fabrikayı besleyen ana şalter çıkışından alınmıştır. Tek hat şemasında ayrıntılı olarak trafonun büyüklüğü , çeşidi , yüklerin gücü , ve multilog ölçüm cihazının bağlantı durumu gözükmemektedir.

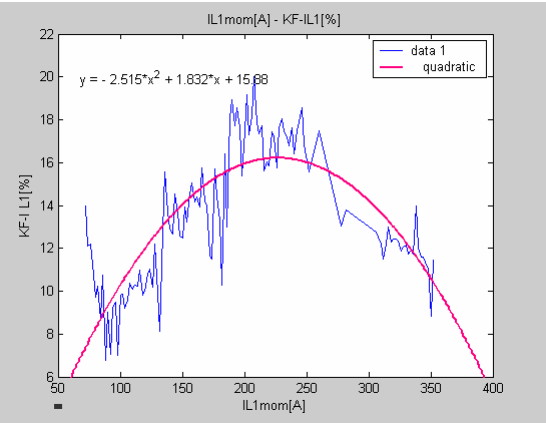


### 8.3.1.2. Boyut Reklamcılık – Matbaacılık Dış Tic. Ltd. Şti.'ye ait grafikler

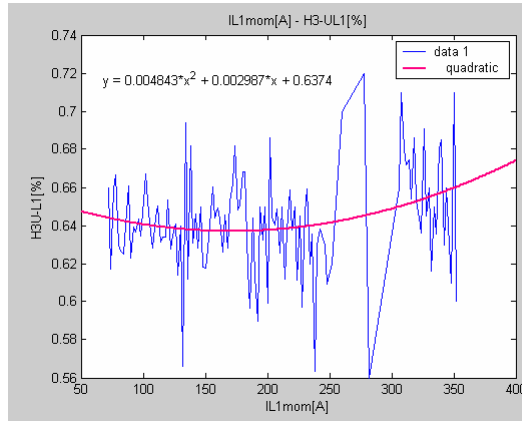
Bu bölümün içeriği L1 fazına ait faz akımına karşılık gelen sıralı harmonik değerlerin gösterilmesi içindir. Kullanılan değerler KFUL1(Toplam Harmonik Distorsiyon) , KFIL1(Toplam Akım Distorsiyonu) , akım ve gerilimin 3.,5.,7.,9.,11.,13.,15.,17.,19. harmonik değerleridir. L2 ve L3 fazlarına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.



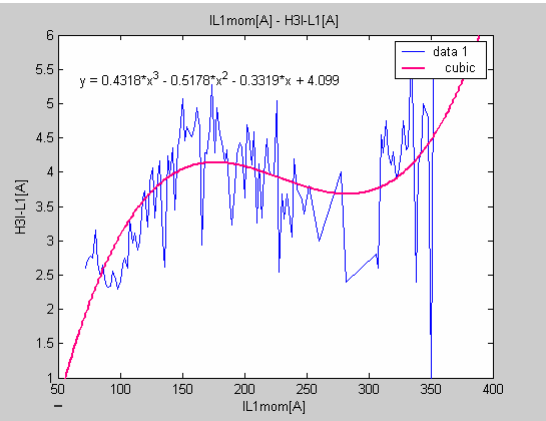
Şekil 8.107.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.108.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

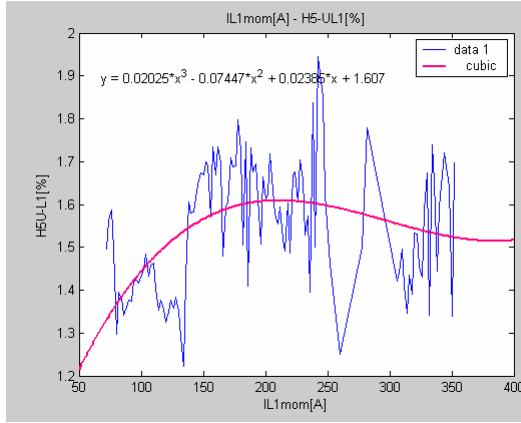


Şekil 8.109.: 3. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

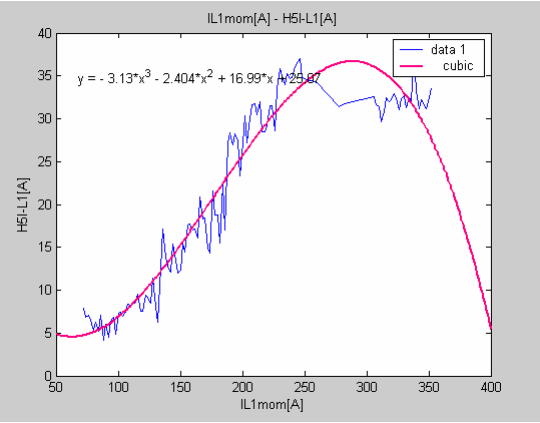


Şekil 8.110.: 3. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

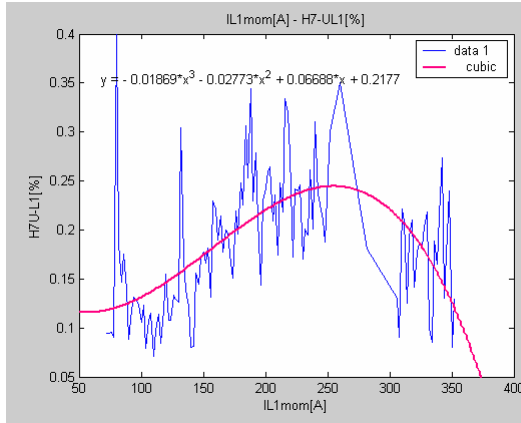




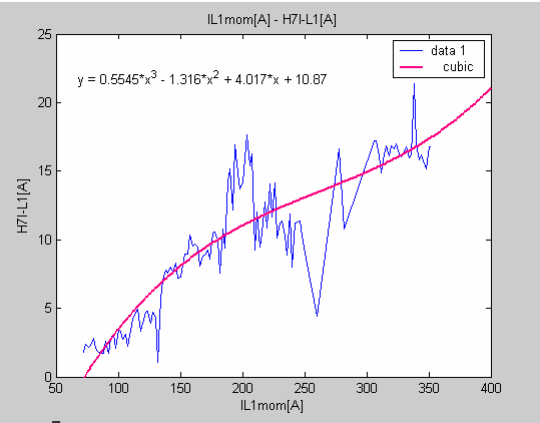
Şekil 8.111.: 5. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



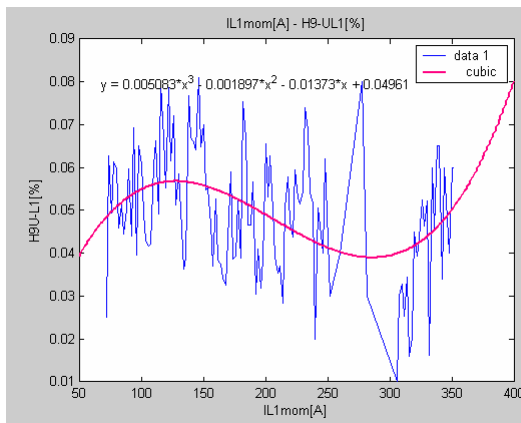
Şekil 8.112.: 5. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



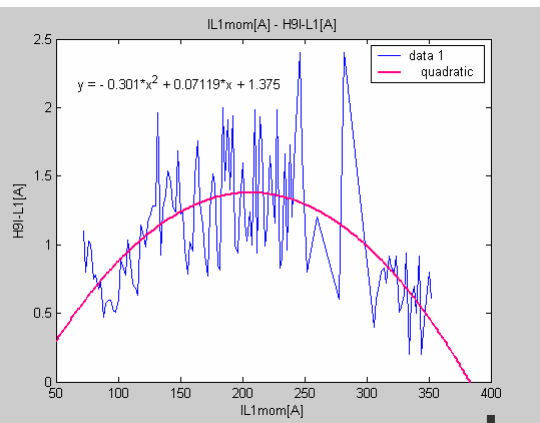
Şekil 8.113.: 7. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



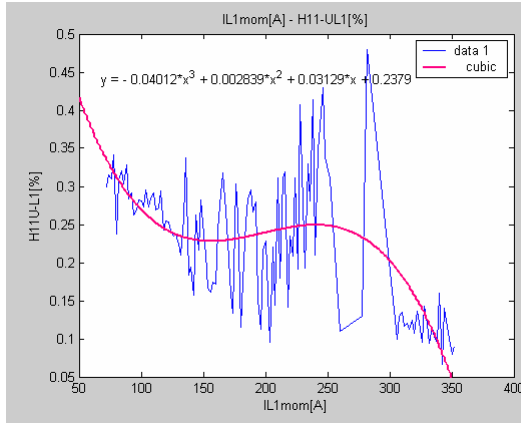
Şekil 8.114.: 7. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



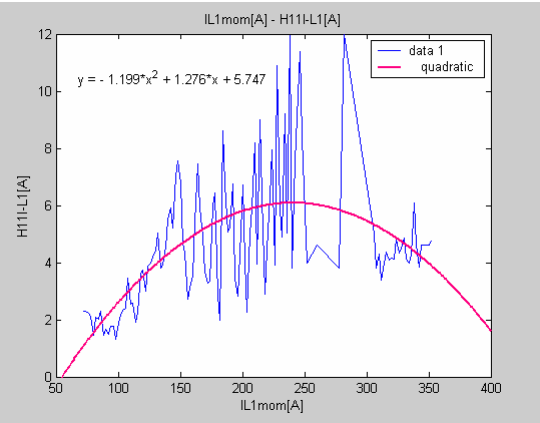
Şekil 8.115.: 9. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



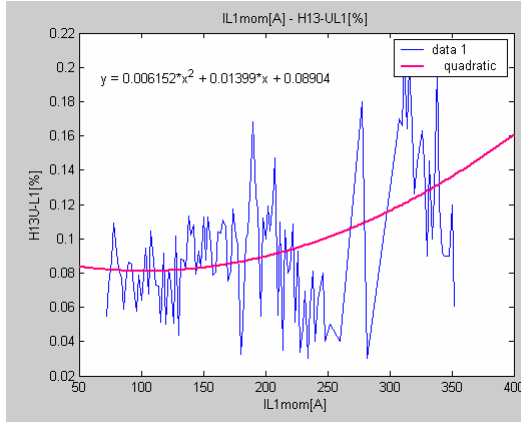
Şekil 8.116.: 9. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



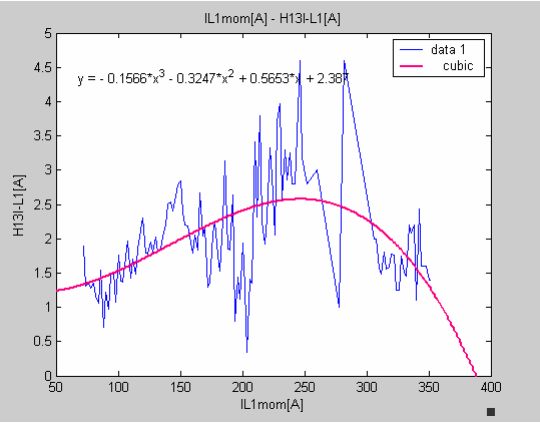
Şekil 8.117.: 11. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



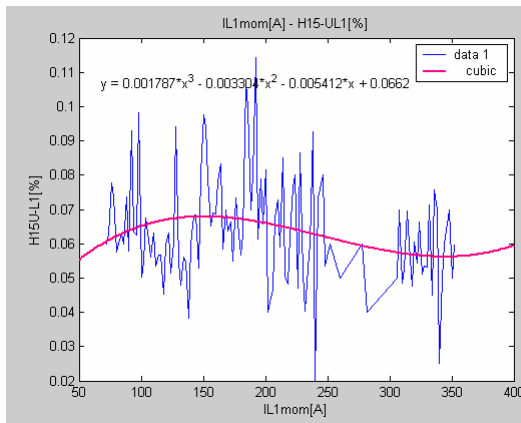
Şekil 8.118.:11.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



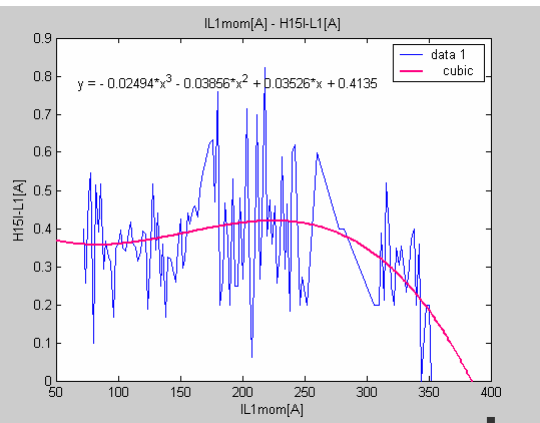
Şekil 8.119.: 13. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



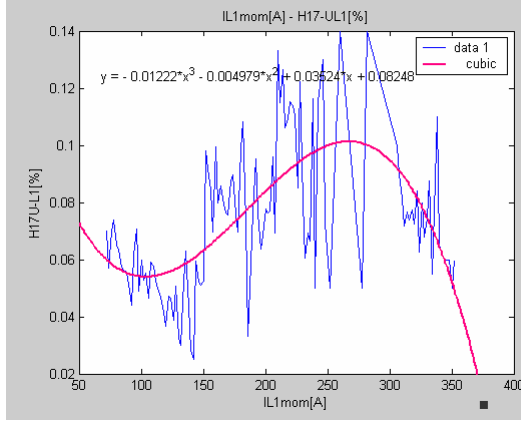
Şekil 8.120.:13.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



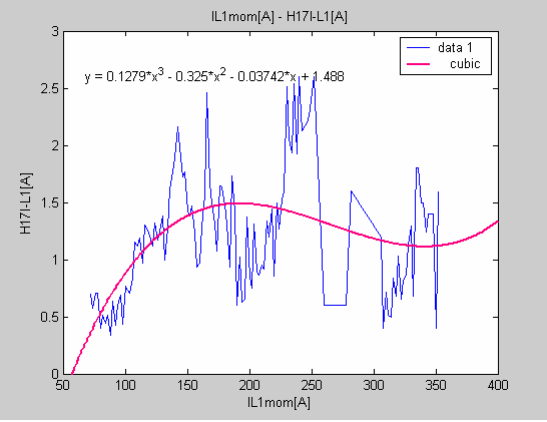
Şekil 8.121.:15.Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



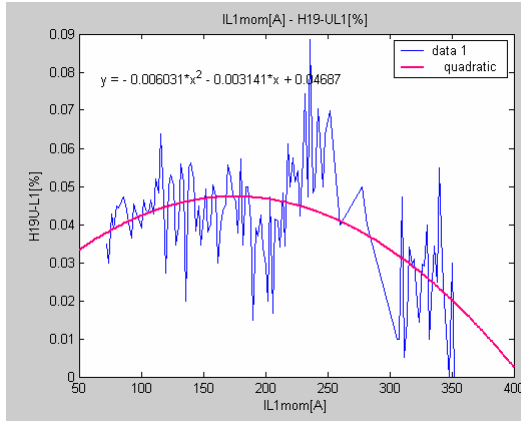
Şekil 8.122.:15.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



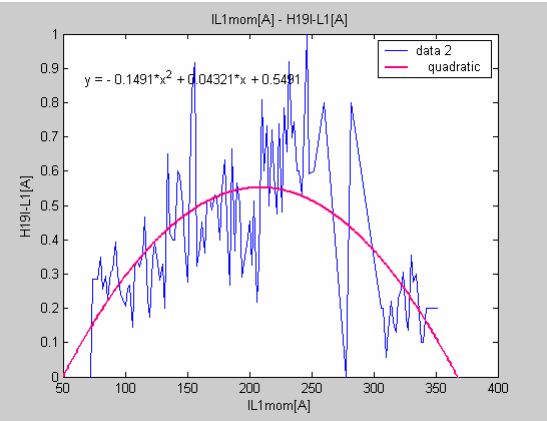
Şekil 8.123.:17.Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.124.:17.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.125.:19.Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.126.:19.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

### 8.3.1.3. L1 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde Boyut Matbaa'nın İkitelli'deki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L1 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 40A ile 180A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL1(THD-UL1) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL1 %1.45 ile %2.1 arasında değişen değerler almıştır. Denklem sistemi kudratik bir yol izlemektedir. (L1 fazına ait Grafikler ayrıntılı olarak 8. bölümde ve L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.)

KFUL1 grafik sistemine karşılık gelen KFİL1(THD-IL1)'de kudratik bir değişim göstermektedir. KFİL1 değeri %7 ile %20 mertebelerindedir. 3. gerilim harmoniği %56 değerinden %0.72 değerine kadar değişim göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. Bu grafik sistemi kuadratık olarak değişmektedir. 3. akım harmoniği 1A ile 5.5A arası değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %1.25 seviyesinden %1.95 seviyesine kadar kübik bir artış göstermektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 6A seviyelerinden 36A seviyelerine kadar bir değişim içindedir ve bu değişim kübik bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.1 ile %0.4 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 2A ile 20A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.01 seviyelerinden %0.08 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkamamakta ve aynı zamanda kübik bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kuadratık bir yol izlemekte ve 0.3A ile 2.4A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Boyut matbaa'ya ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.05 seviyesinden %0.46 seviyesine kübik bir artış göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 1A seviyelerinden 12A seviyesine kuadratık bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.03 seviyesinden %0.2 seviyesine kadar kuadratık bir değişim içindedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 0.3A ile yaklaşık 4.5A seviyelerine kadar değişmekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği grafiklerde %0.02 seviyesinden başlayıp %0.11 seviyesine kadar kübik bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 0A seviyesinden 0.8A seviyesine kadar kübik bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.03 seviyesinden %0.14 seviyesine kübik bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği ise 0.4A seviyelerinden 2.5A seviyesine kadar bir değişim göstermiş ve kübik olarak değişmiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19.

gerilim harmoniği sistemimizde %0.0 seviyesinden %0.09 seviyesine kadar kuadratik bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 0A seviyesinden 1A seviyesine kuadratik bir yol izlemiştir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.16.'deki gibi bulunacaktır..

Tablo 8.16.: Boyut Matbaa L1 fazı yüklenme cetveli

Yüklenme	KF-U L1	H3-U L1	H5-U L1	H7-U L1	H9-U L1	H11-U L1	H13-U L1
%25	1,56	0,63	1,38	0,08	0,08	0,29	0,05
%50	1,71	0,66	1,53	0,20	0,07	0,19	0,07
%75	1,78	0,61	1,64	0,24	0,04	0,10	0,09
MAX(%76)	1,81	0,60	1,70	0,13	0,06	0,09	0,06
Yüklenme	H15-U L1	H17-U L1	H19-U L1	KF-I L1	H3-I L1	H5-I L1	H7-I L1
%25	0,06	0,05	0,06	10,98	2,98	9,49	4,95
%50	0,04	0,06	0,07	17,47	3,31	35,04	11,39
%75	0,07	0,06	0,00	11,01	4,80	31,20	15,20
MAX(%76)	0,06	0,06	0,00	11,48	5,40	33,60	16,80
Yüklenme	H9-I L1	H11-I L1	H13-I L1	H15-I L1	H17-I L1	H19-I L1	
%25	0,63	2,26	1,85	0,32	1,30	0,47	
%50	0,90	4,88	2,58	0,59	2,06	0,92	
%75	0,60	4,60	1,60	0,20	1,40	0,20	
MAX(%76)	0,60	4,80	1,40	0,00	1,60	0,20	

### 8.3.1.4.L2 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde Boyut Matbaa'nın İkitelli'deki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L2 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 50A ile 400A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL2(THD-UL2) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL2 %1.65 ile %2.3 arasında değişen değerler almıştır. Denklem sistemi kuadratik bir yol izlemektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL2 grafik sistemine karşılık gelen KFIL2(THD-IL2)'de kübik bir değişim göstermektedir. KFIL2 değeri %8.2 ile %19 mertebelerindedir. 3. gerilim harmoniği %0.45 değerinden %0.62 değerine kadar değişim göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. Bu grafik sistemi kübik olarak değişmektedir. 3. akım harmoniği 4A ile 35A arası değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %1.6 seviyesinden %2.2 seviyesine kadar kübik bir şekilde değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen

5.akım harmoniği 2.1A seviyelerinden 9A seviyelerine kadar bir değişim içindedir ve bu değişim kübik bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0 ile %0.5 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 2A ile 18A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.06 seviyelerinden %0.18 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkamamakta ve aynı zamanda kübik bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte ve 0 A ile 1.8A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Boyut Matbaa'ya ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.06 seviyesinden %0.46 seviyesine kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 2A seviyelerinden 15A seviyesine kuadratik bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.03 seviyesinden %0.26 seviyesine kadar kübik bir değişim içindedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 0.7A ile yaklaşık 4.2A seviyelerine kadar değişmekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği grafiklerde %0.03 seviyesinden başlayıp %0.14 seviyesine kadar kuadratik bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 0.1A seviyesinden 0.8A seviyesine kadar kübik bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.02 seviyesinden %0.2 seviyesine kübik bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği ise 0.1A seviyelerinden 140A seviyesine kadar bir değişim göstermiş ve kuadratik olarak değişmiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.01 seviyesinden %0.085 seviyesine kadar kübik bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 0A seviyesinden 142A değerlerinde noktasaldır ve denklem lineer olarak değişmektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.17.'deki gibi bulunacaktır..

Tablo 8.17: Boyut Matbaa L2 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L2	H3-U L2	H5-U L2	H7-U L2	H9-U L2	H11-U L2	H13-U L2
%25	1,93	0,55	1,76	0,40	0,15	0,30	0,07
%50	2,01	0,54	1,83	0,40	0,11	0,38	0,05
%75	1,95	0,52	1,86	0,06	0,17	0,12	0,11
MAX(%91)	1,91	0,55	1,81	0,04	0,13	0,11	0,04
Yüklenme	H15-U L2	H17-U L2	H19-U L2	KF-I L2	H3-I L2	H5-I L2	H7-I L2
%25	0,06	0,04	0,06	10,76	7,44	4,71	3,30
%50	0,04	0,08	0,07	18,29	36,13	7,58	10,03
%75	0,07	0,06	0,04	11,41	32,50	6,30	15,50
MAX(%91)	0,09	0,04	0,04	9,03	31,60	6,60	15,40
Yüklenme	H9-I L2	H11-I L2	H13-I L2	H15-I L2	H17-I L2	H19-I L2	
%25	0,71	5,75	1,32	0,54	26,20	12,00	
%50	0,95	7,95	3,10	0,60	18,40	9,60	
%75	0,98	4,53	2,23	0,44	29,20	5,60	
MAX(%91)	1,20	4,80	2,20	0,80	14,40	3,60	

### 8.3.1.5.L3 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde Boyut Matbaa'nın İkitelli'deki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L3 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 50A ile 350A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL3(THD-UL3) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL3 %1.5 ile %2.3 arasında değişen değerler almıştır. Denklem sistemi kübik bir yol izlemektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL3 grafik sistemine karşılık gelen KFIL3(THD-IL3)'de kübik bir değişim göstermektedir. KFIL3 değeri %7 ile %20 mertebelerindedir. 3. gerilim harmoniği %0.42 değerinden %0.63 değerine kadar değişim göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. Bu grafik sistemi kübik olarak değişmektedir. 3. akım harmoniği 0.4A ile 4.2A arası değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kuadratik olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %1.3 seviyesinden %2.2 seviyesine kadar değişim göstermekte kübik bir şekilde yol izlemektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 5A seviyelerinden 40A seviyelerine kadar değerler almakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim içindedir. Burada dikkat edilecek durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde

olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.15 ile %0.35 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 2A ile 20A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.03 seviyelerinden %0.14 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkamamakta ve aynı zamanda kübik bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte ve 0.2 A ile 2A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Boyut Matbaa'ya ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.1 seviyesinden %0.7 seviyelerine kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 1A seviyelerinden 9A seviyesine kadar çıkmakta kübik bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.04 seviyesinden %0.19 seviyesi aralığına kadar çıkmakta ve kübik bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 0.6A ile yaklaşık 4.7A seviyeleri aralığına kadar değişmekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği grafiklerde %0.02 seviyesinden başlayıp %0.19 seviyesi aralığında bir değişim sergilemekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 0A seviyesinden 0.75A seviyesi aralığına kadar çıkmakta kübik bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.02 seviyesinden %0.14 seviyesine kadar çıkmakta ve kübik bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği ise 0.2A seviyelerinden 1.6A seviyesine kadar bir değişim göstermiş ve kübik olarak değişmiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.02 seviyesinden %0.085 seviyesine kadar değerler almakta ve kübik bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 0.0A seviyesinden 1.4A değerlerine kadar çıkmakta ve denklem kübik olarak değişmektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.18.'deki gibi bulunacaktır.



Tablo 8.18: Boyut Matbaa L3 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L3	H3-U L3	H5-U L3	H7-U L3	H9-U L3	H11-U L3	H13-U L3
%25	1,96	0,48	1,83	0,24	0,09	0,37	0,10
%50	2,04	0,59	1,85	0,15	0,06	0,55	0,10
%75	1,76	0,44	1,69	0,08	0,03	0,09	0,00
MAX(%79)	1,96	0,47	1,88	0,19	0,09	0,14	0,08
Yüklenme	H15-U L3	H17-U L3	H19-U L3	KF-I L3	H3-I L3	H5-I L3	H7-I L3
%25	0,06	0,04	0,05	9,32	2,67	7,60	3,47
%50	0,04	0,09	0,07	19,12	3,37	38,34	12,61
%75	0,15	0,13	0,04	13,19	0,40	36,00	20,80
MAX(%79)	0,05	0,13	0,02	10,35	2,80	30,40	17,40
Yüklenme	H9-I L3	H11-I L3	H13-I L3	H15-I L3	H17-I L3	H19-I L3	
%25	1,19	2,91	1,77	0,38	0,59	0,66	
%50	1,24	5,70	3,86	0,39	0,76	0,59	
%75	2,00	4,20	4,80	0,80	1,60	0,40	
MAX(%79)	2,20	3,60	2,20	0,60	0,60	0,40	

### **8.3.2.BVD Etiket Tic.Ltd.Şti ( 300kW )**

#### **8.3.2.1.Fabrika hakkında genel bilgi**

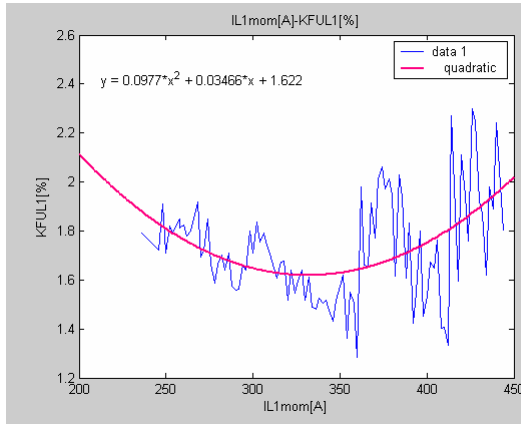
1974 yılında kurulmuştur. Basılmış kağıdın tasarlanan amaca uygun olarak tüketime hazırlanması için lamine edilmesi, katlanması , kesilmesi, ciltlenmesi ve paketlenmesi işlemleri uygulanmaktadır. İlaç kutusu , pencereli kutular , etiket , askılı kutular , ilaç prospektüsü gibi üretimleri vardır. İkitelli 100.yıl matbaacılar sitesinde üretimini sürdürmektedir.

Bu çalışmada ölçüm alınan BVD Etiket matbaasının İkitelli'deki fabrikasıdır. Ölçüm her faza ve faz-faz arası değerlere ait 3000 örnek içermektedir. Ölçüm aralıkları birer dakika olup , fabrikayı besleyen ana şalter çıkışından alınmıştır. Tek hat şemasında ayrıntılı olarak trafonun büyüklüğü , çeşidi , yüklerin gücü , ve multilog ölçüm cihazının bağlantı durumu gözükmemektedir.

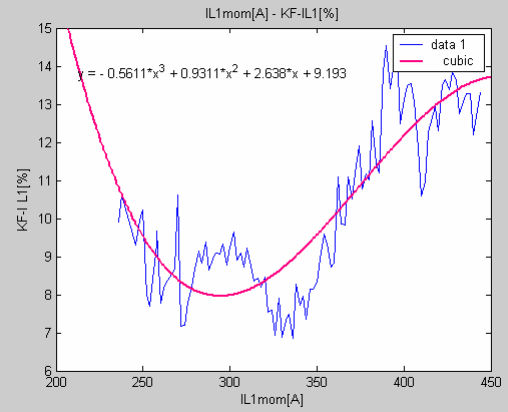


### 8.3.2.2. BVD Etiket Tic. Ltd. Şti'ye ait ölçümler

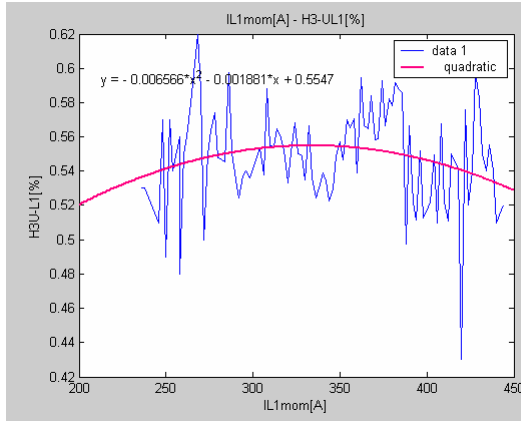
Bu bölümün içeriği L1 fazına ait faz akımına karşılık gelen sıralı harmonik değerlerin gösterilmesi içindir. Kullanılan değerler KFUL1(Toplam Harmonik Distorsiyon) , KFIL1(Toplam Akım Distorsiyonu) , akım ve gerilimin 3.,5.,7.,9.,11.,13.,15.,17.,19. harmonik değerleridir. L2 ve L3 fazlarına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.



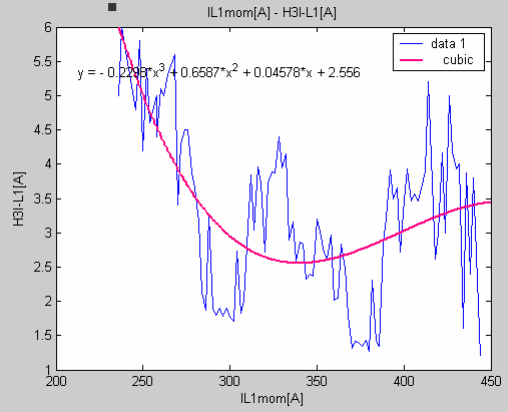
Şekil 8.128.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



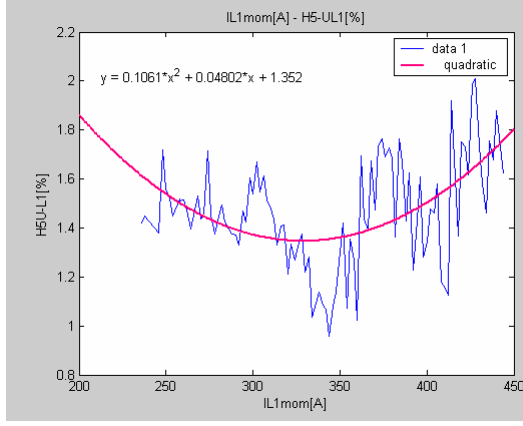
Şekil 8.129.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



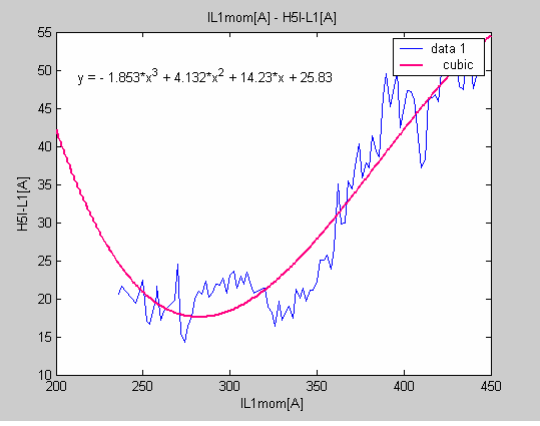
Şekil 8.130.: 3. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



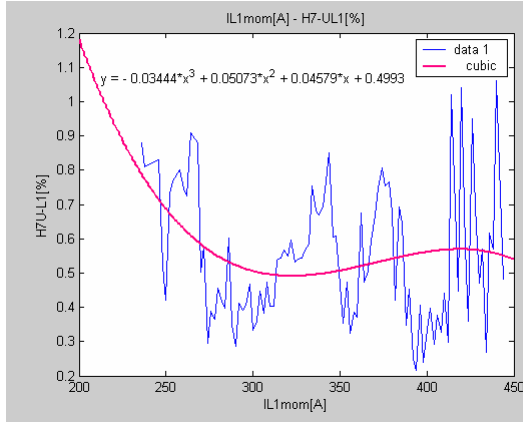
Şekil 8.131.: 3. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



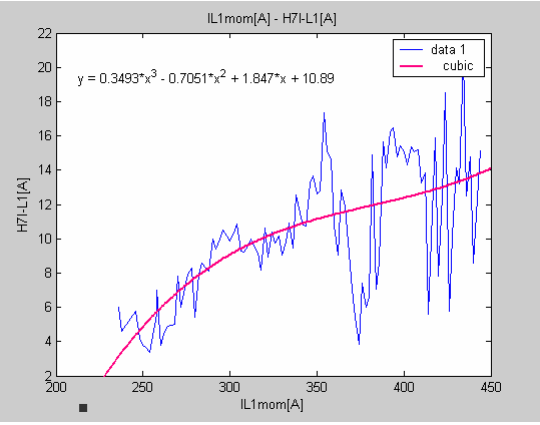
Şekil 8.132.: 5. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



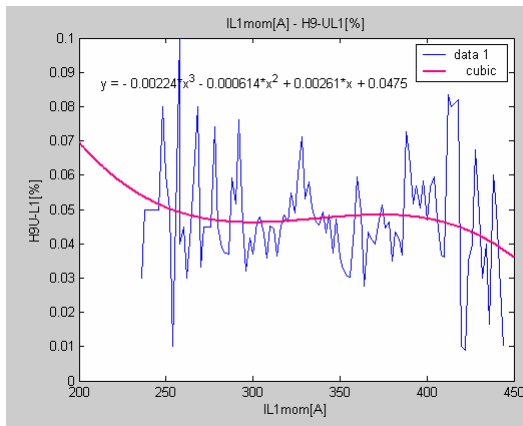
Şekil 8.133.: 5. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



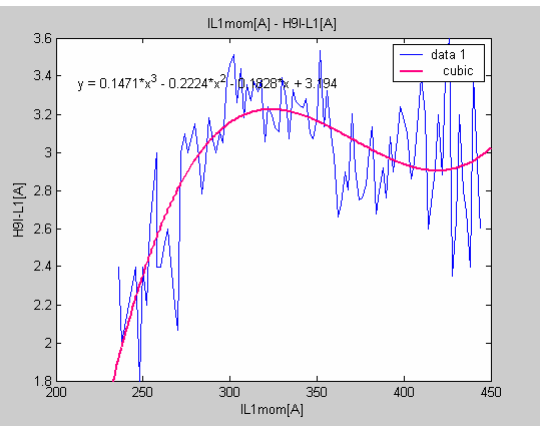
Şekil 8.134.: 7. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



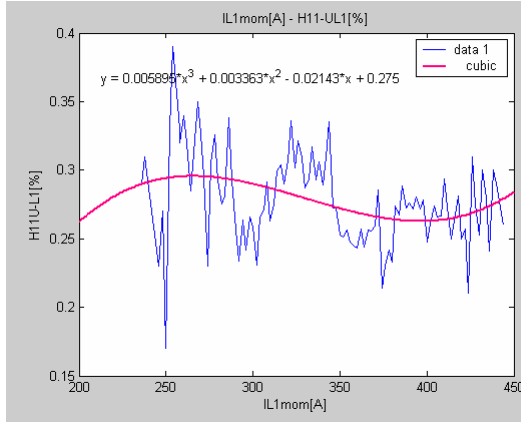
Şekil 8.135.: 7. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



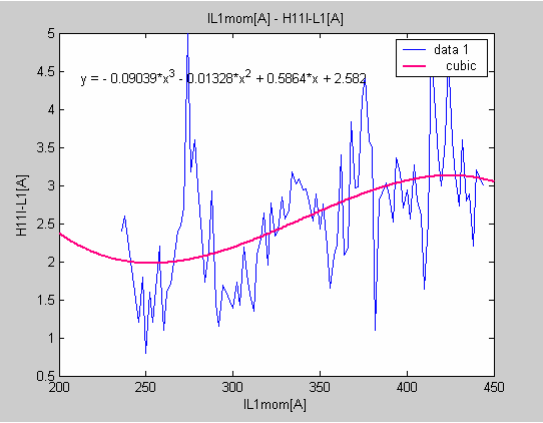
Şekil 12.136.: 9. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



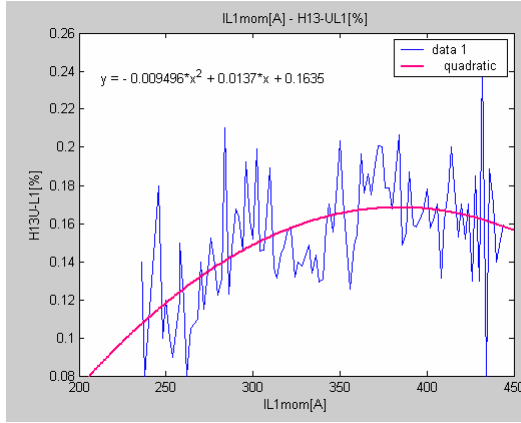
Şekil 8.137.: 9. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



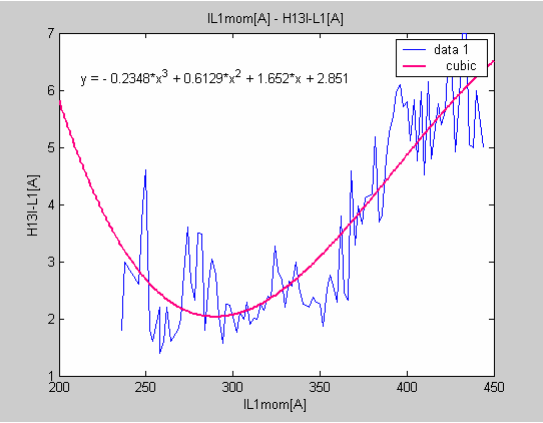
Şekil 8.138.: 11. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



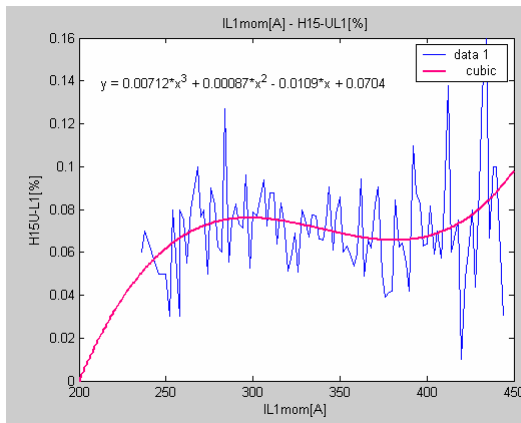
Şekil 8.139.:11.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



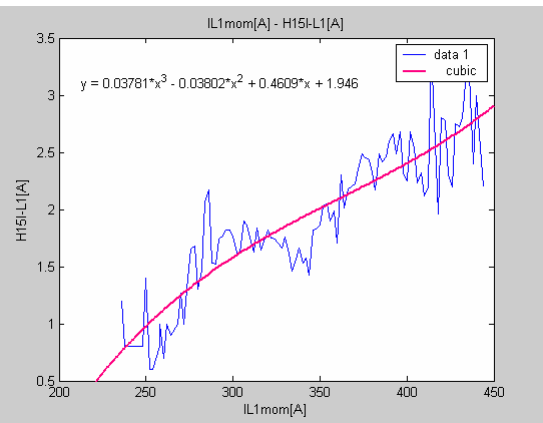
Şekil 8.140.: 13. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



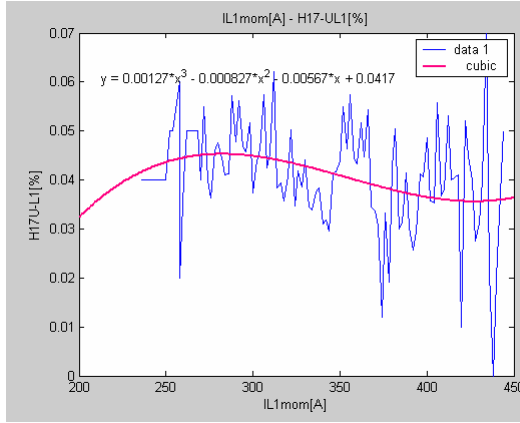
Şekil 8.141.:13.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



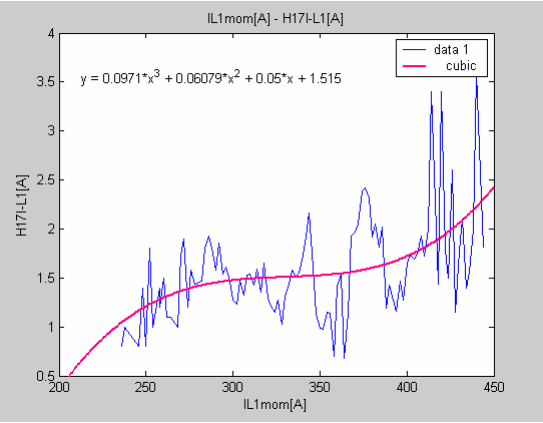
Şekil 8.142.:15.Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



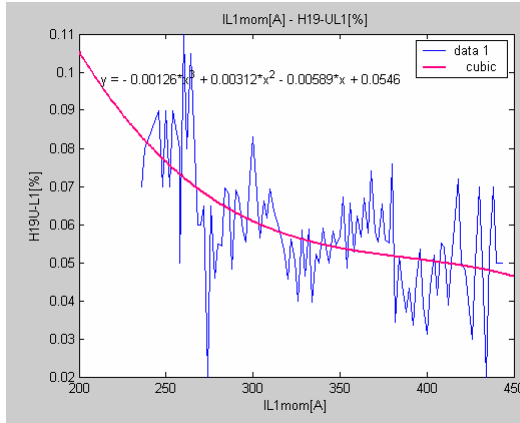
Şekil 8.143.:15.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



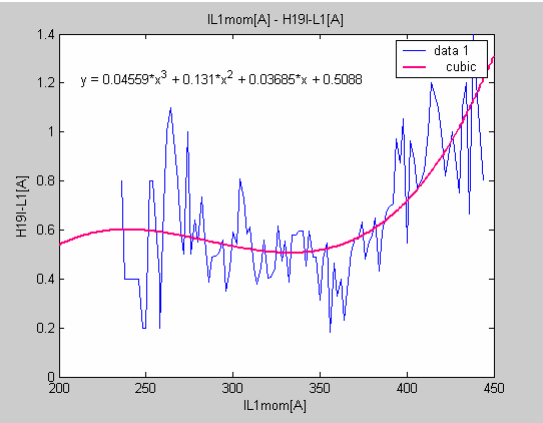
Şekil 8.144.:17.Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.145.:17.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.146.:19.Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.147.:19.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

### 8.3.2.3.L1 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde BVD Matbaa'nın İkitelli'deki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L1 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 200A ile 450A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL1(THD-UL1) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL1 %1.3 ile %2.2 arasında değişen değerler almıştır. Denklem sistemi kuadratik bir yol izlemektedir. (L1 fazına ait Grafikler ayrıntılı

olarak 8. bölümde ve L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL1 grafik sistemine karşılık gelen KFİL1(THD-IL1)'de kübik bir değişim göstermektedir. KFİL1 değeri %7 ile %14.3 mertebelerindedir. 3. gerilim harmoniği %0.43 değerinden %0.62 değerine kadar değişim göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. Bu grafik sistemi kuadratik olarak değişmektedir. 3. akım harmoniği 1.4A ile 6A arası değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %1 seviyesinden %2 seviyesine kadar kuadratik bir şekilde değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 15A seviyelerinden 50A seviyelerine kadar bir değişim içindedir ve bu değişim kübik bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.2 ile %1.1 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 4A ile 20A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.01 seviyelerinden %0.1 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkamamakta ve aynı zamanda kübik bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte ve 1.8 A ile 3.5A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Boyut matbaa'ya ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.16 seviyesinden %0.38 seviyesine kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 0.7A seviyelerinden 5A seviyesine kübik bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.08 seviyesinden %0.24 seviyesine kadar kuadratik bir değişim içindedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 1.5A ile yaklaşık 6.5A seviyelerine kadar değişmekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği grafiklerde %0.02 seviyesinden başlayıp %0.14 seviyesine kadar kübik bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 0.6A seviyesinden 3A seviyesine kadar kübik bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.0 seviyesinden %0.06 seviyesine kübik bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği ise 0.6A seviyelerinden 3.5A seviyesine kadar bir değişim göstermiş ve



kübik olarak değişmiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.02 seviyesinden %0.11 seviyesine kadar kübik bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 0.2A seviyesinden 1.4A seviyesine kübik bir yol izlemiştir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.19.'daki gibi bulunacaktır.

Tablo 8.19: BVD Matbaa L1 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L1	H3-U L1	H5-U L1	H7-U L1	H9-U L1	H11-U L1	H13-U L1
%25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
%50	1,79	0,53	1,42	0,88	0,03	0,29	0,14
%75	1,52	0,55	1,14	0,61	0,05	0,27	0,17
MAX(%100)	2,10	0,48	1,71	1,04	0,01	0,25	0,26
Yüklenme	H15-U L1	H17-U L1	H19-U L1	KF-I L1	H3-I L1	H5-I L1	H7-I L1
%25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
%50	0,06	0,04	0,07	9,91	5,00	20,60	6,00
%75	0,08	0,04	0,05	8,14	2,36	21,14	13,66
MAX(%100)	0,19	0,01	0,09	12,71	3,40	47,20	7,20
Yüklenme	H9-I L1	H11-I L1	H13-I L1	H15-I L1	H17-I L1	H19-I L1	
%25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
%50	2,40	2,40	1,80	1,20	0,80	0,80	
%75	3,07	2,88	2,30	1,83	1,13	0,49	
MAX(%100)	2,80	4,00	7,20	3,60	2,40	1,40	

#### 8.3.2.4.L2 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde BVD Matbaa'nın İkitelli'deki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L2 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 250A ile 500A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL2(THD-UL2) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL2 %1.3 ile %2.1 arasında değişen değerler almıştır. Denklem sistemi kuadratik bir yol izlemektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL2 grafik sistemine karşılık gelen KFIL2(THD-IL2)'de kübik bir değişim göstermektedir. KFIL2 değeri %8 ile %15.5 mertebelerindedir. 3. gerilim harmoniği %0.43 değerinden %0.57 değerine kadar değişim göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. Bu grafik sistemi kübik olarak değişmektedir. 3. akım harmoniği 7.2A ile 13.8A arası değerler almaktadır. Ve

denklemler sistemi kuadratik olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %1 seviyesinden %1.9 seviyesine kadar değişim göstermekte kuadratik bir şekilde yol izlemektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 17A seviyelerinden 58A seviyelerine kadar bir değişim içindedir ve bu değişim kübik bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.1 ile %0.95 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kuadratik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 4A ile 18A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.02 seviyelerinden %0.11 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkamamakta ve aynı zamanda kübik bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte ve 0.8 A ile 3A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. BVD Matbaa'ya ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.17 seviyesinden %0.32 seviyesine kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 0A seviyelerinden 4.5 seviyesine kübik bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.05 seviyesinden %0.25 seviyesi aralığına kadar kübik bir değişim içindedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 1.3A ile yaklaşık 6.2A seviyeleri aralığına kadar değişmekte ve lineer bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği grafiklerde %0.02 seviyesinden başlayıp %0.12 seviyesi aralığına kadar kübik bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 0.2A seviyesinden 2.2A seviyesi aralığına kadar kuadratik bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklemler sistemimize karşılık gelen grafikte %0.0 seviyesinden %0.8 seviyesine kübik bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği ise 0.6A seviyelerinden 2.8A seviyesine kadar bir değişim göstermiş ve kuadratik olarak değişmiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.01 seviyesinden %0.08 seviyesine kadar kübik bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 0.2A seviyesinden 1.6A değerlerinde noktasaldır ve denklemler kübik olarak

değişmektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.20.'deki gibi bulunacaktır.

Tablo 8.20.: BVD Matbaa L2 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L2	H3-U L2	H5-U L2	H7-U L2	H9-U L2	H11-U L2	H13-U L2
%25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
%50	1,80	0,50	1,55	0,68	0,07	0,26	0,16
%75	1,53	0,50	1,21	0,54	0,09	0,27	0,12
%100	1,69	0,56	1,54	0,26	0,09	0,22	0,15
Yüklenme	H15-U L2	H17-U L2	H19-U L2	KF-I L2	H3-I L2	H5-I L2	H7-I L2
%25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
%50	0,05	0,08	0,05	10,83	7,80	23,40	6,20
%75	0,09	0,05	0,05	8,68	8,66	22,25	10,90
%100	0,08	0,07	0,01	13,56	12,60	56,40	11,80
Yüklenme	H9-I L2	H11-I L2	H13-I L2	H15-I L2	H17-I L2	H19-I L2	
%25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
%50	2,00	3,80	2,40	1,00	1,20	0,80	
%75	1,45	3,56	3,80	1,00	1,61	0,59	
%100	2,20	0,00	4,40	2,20	1,40	0,20	

### 8.3.2.5.L3 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde BVD Matbaa'nın İkitelli'deki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L3 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 250A ile 550A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL3(THD-UL3) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL3 %1.4 ile %2.2 arasında değişen değerler almıştır. Denklem sistemi kuadratik bir yol izlemektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL3 grafik sistemine karşılık gelen KFIL3(THD-IL3)'de kübik bir değişim göstermektedir. KFIL3 değeri %6 ile %12 mertebelerindedir. 3. gerilim harmoniği %0.65 değerinden %0.83 değerine kadar değişim göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. Bu grafik sistemi kübik olarak değişmektedir. 3. akım harmoniği 3A ile 9A arası değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %1.1 seviyesinden %1.9 seviyesine kadar değişim göstermekte kübik bir şekilde yol izlemektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 15A seviyelerinden 55A seviyelerine kadar değerler almakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim içindedir. Burada dikkat edilecek

durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.05 ile %0.9 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 5A ile 19A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.1 seviyelerinden %0.21 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkamamakta ve aynı zamanda kübik bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte ve 0A ile 2A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. BVD Matbaa'ya ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.16 seviyesinden %0.37 seviyelerine kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 1A seviyelerinden 5.2A seviyesine kadar çıkmakta kübik bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.05 seviyesinden %0.18 seviyesi aralığına kadar çıkmakta ve kübik bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 1A ile yaklaşık 6A seviyeleri aralığına kadar değişmekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği grafiklerde %0.03 seviyesinden başlayıp %0.16 seviyesi aralığında bir değişim sergilemekte ve kuadratik bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 0.6A seviyesinden 3.5A seviyesi aralığına kadar çıkmakta kuadratik bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.015 seviyesinden %0.055 seviyesine kadar çıkmakta ve kuadratik bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği ise 0.3A seviyelerinden 2.7A seviyesine kadar bir değişim göstermiş ve lineer olarak değişmiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.02 seviyesinden %0.1 seviyesine kadar değerler almakta ve kübik bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 0.0A seviyesinden 2A değerlerine kadar çıkmakta ve denklem kübik olarak değişmektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.21.'deki gibi bulunacaktır.

Tablo 8.21: BVD Matbaa L3 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L3	H3-U L3	H5-U L3	H7-U L3	H9-U L3	H11-U L3	H13-U L3
%25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
%50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
%75	1,78	0,74	1,56	0,24	0,18	0,25	0,13
MAX(%120)	2,13	0,75	1,72	0,93	0,16	0,22	0,15
Yüklenme	H15-U L3	H17-U L3	H19-U L3	KF-I L3	H3-I L3	H5-I L3	H7-I L3
%25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
%50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
%75	0,07	0,03	0,05	7,19	3,96	20,72	7,56
MAX(%120)	0,09	0,04	0,05	11,94	0,40	59,00	12,80
Yüklenme	H9-I L3	H11-I L3	H13-I L3	H15-I L3	H17-I L3	H19-I L3	
%25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
%50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
%75	1,08	3,08	2,48	1,30	1,00	0,92	
MAX(%120)	3,20	4,00	3,40	3,00	2,00	1,00	

### **8.3.3. Oluşur Grafik San Tic. Ltd. Şti ( 300kW )**

#### **8.3.3.1. Fabrika hakkında genel bilgi**

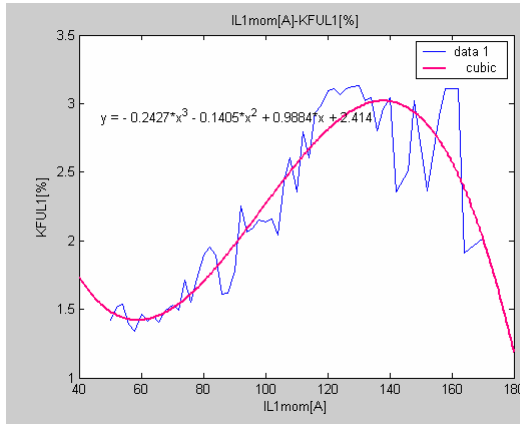
1982 yılında kurulmuştur. Üretimine İkitelli 100.yıl matbaacılar sitesinde devam etmektedir. Matbaacılar sitesi içerisindeki en büyük üretime sahiptir. Milliyet ve Sabah gazetelerine yan sanayi olarak eşlik etmektedir. Teknolojik olarak çok gelişmiş bir makine parkuruna sahiptir.

Bu çalışmada ölçüm alınan fabrika Oluşur Grafik'in İkitelli'deki fabrikasıdır. Ölçüm her faza ve faz-faz arası değerlere ait 3000 örnek içermektedir. Ölçüm aralıkları birer dakika olup , fabrikayı besleyen ana şalter çıkışından alınmıştır. Tek hat şemasında ayrıntılı olarak trafonun büyüklüğü , çeşidi , yüklerin gücü , ve multilog ölçüm cihazının bağlantı durumu gözükmeştir.

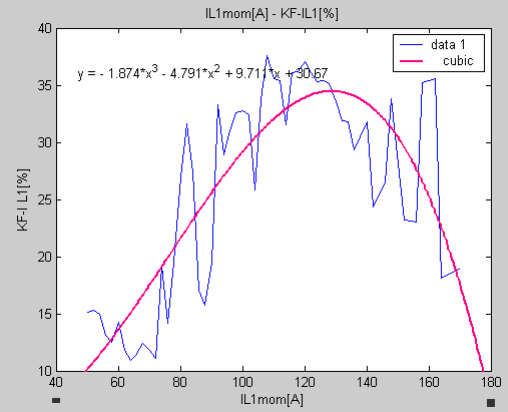


### 8.3.3.2. Oluşur Grafik ve Sanayi Ltd. Şti'ye ait ölçümler

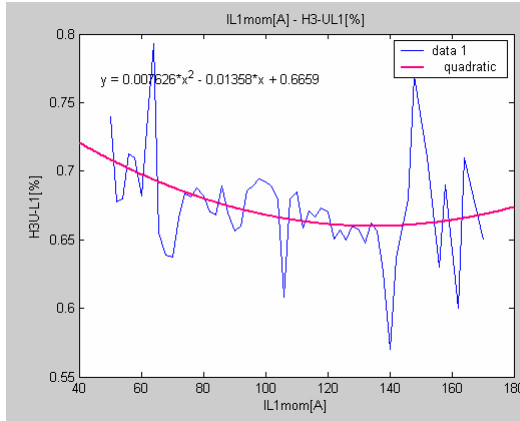
Bu bölümün içeriği L1 fazına ait faz akımına karşılık gelen sıralı harmonik değerlerin gösterilmesi içindir. Kullanılan değerler KFUL1(Toplam Harmonik Distorsiyon) , KFIL1(Toplam Akım Distorsiyonu) , akım ve gerilimin 3.,5.,7.,9.,11.,13.,15.,17.,19. harmonik değerleridir. L2 ve L3 fazlarına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.



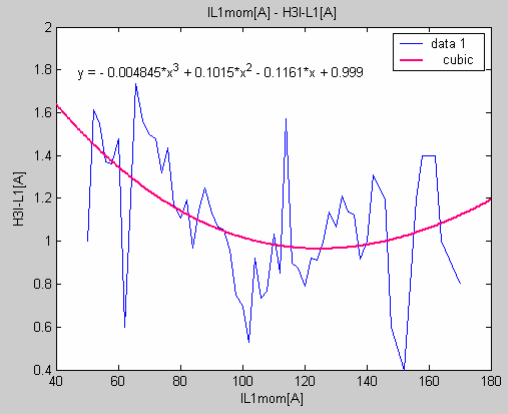
Şekil 8.149.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.150.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

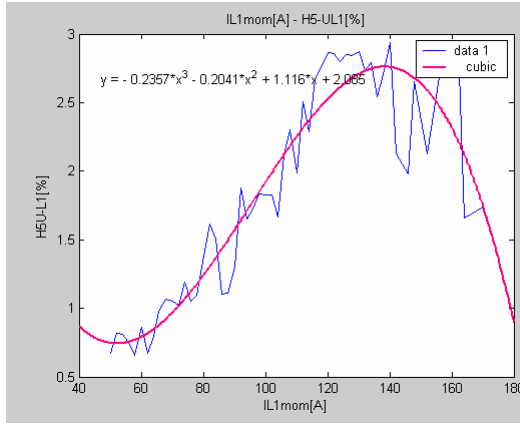


Şekil 8.151.: 3. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

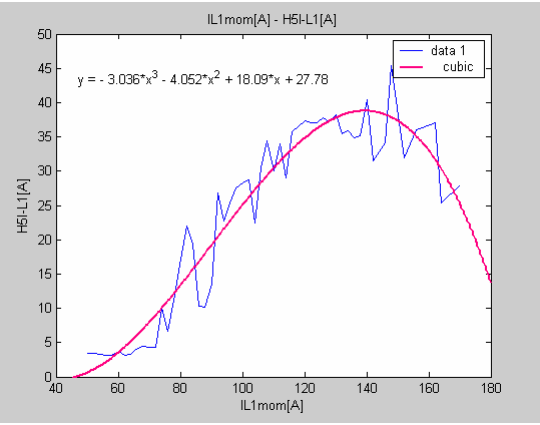


Şekil 8.152.: 3. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

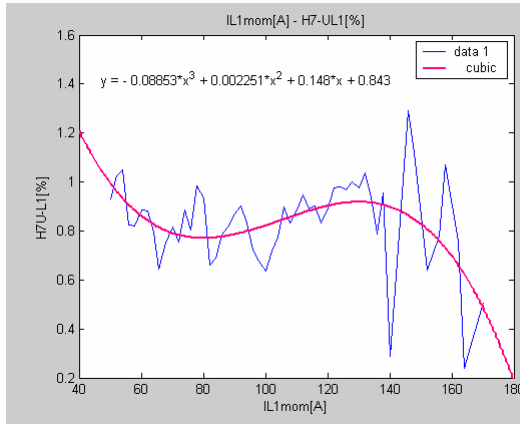




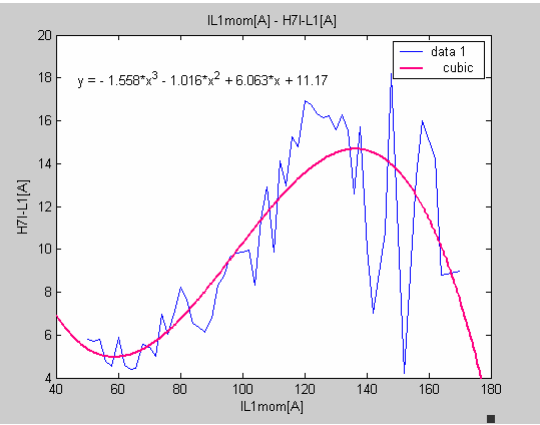
Şekil 8.153.: 5. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



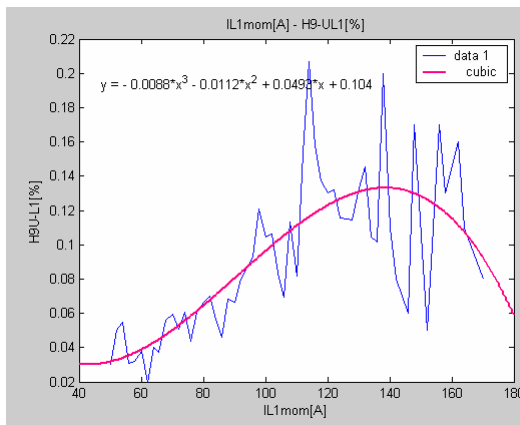
Şekil 8.154.: 5. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



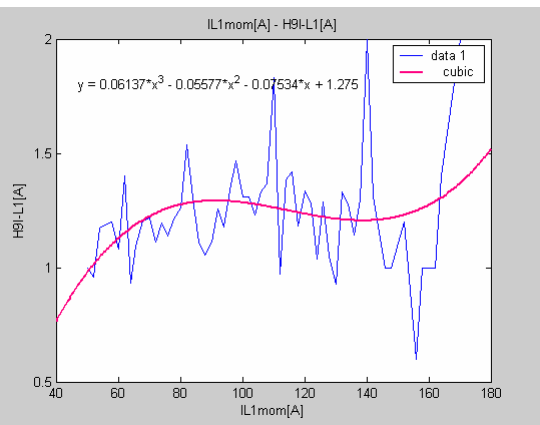
Şekil 8.155.: 7. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



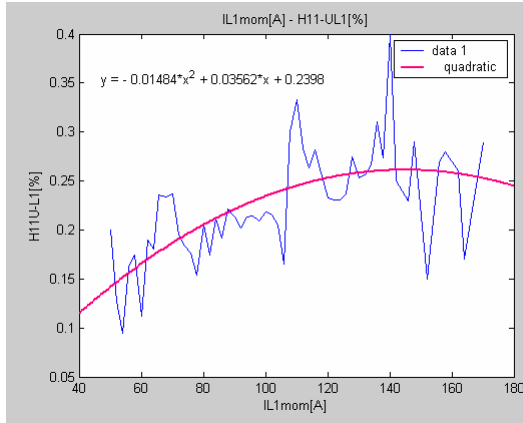
Şekil 8.156.: 7. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



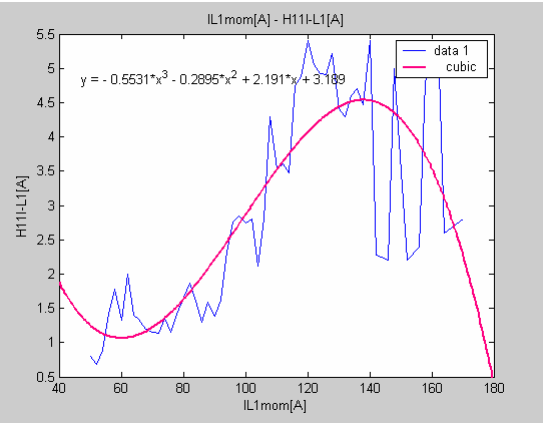
Şekil 8.157.: 9. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



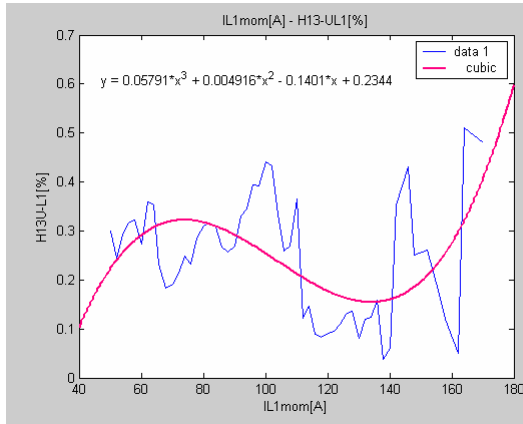
Şekil 8.158.: 9. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



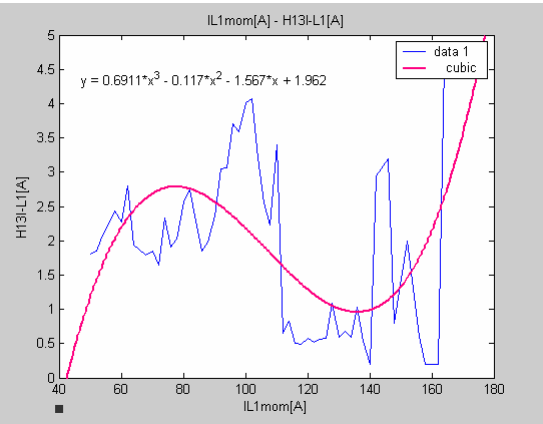
Şekil 8.159.: 11. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



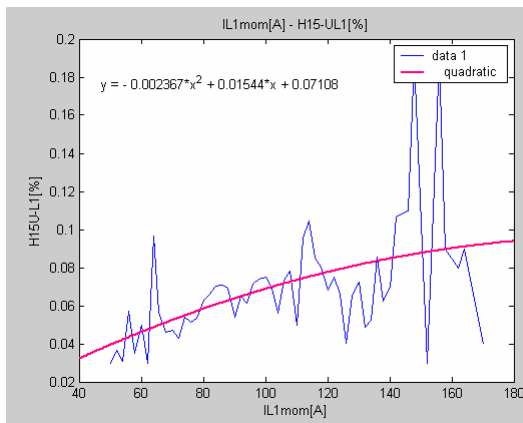
Şekil 8.160.:11.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



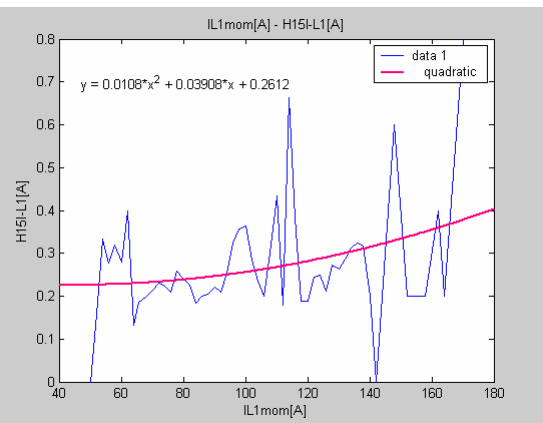
Şekil 8.161.: 13. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



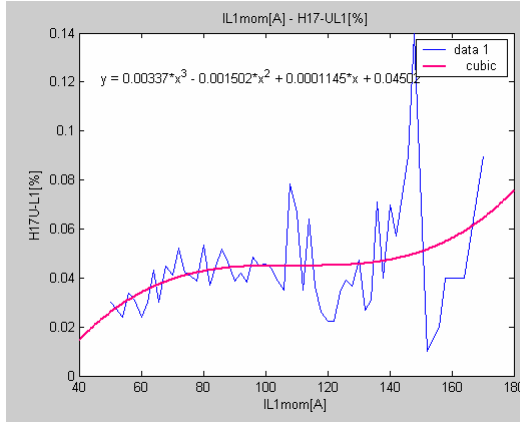
Şekil 8.162.:13.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



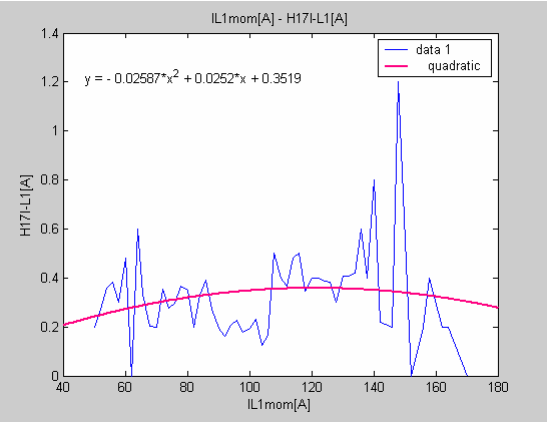
Şekil 8.163.:15.Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



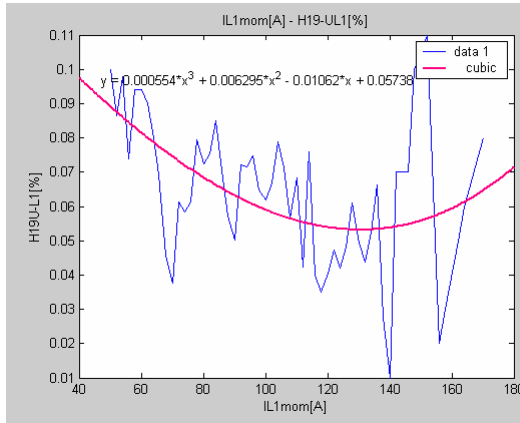
Şekil 8.164.:15.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



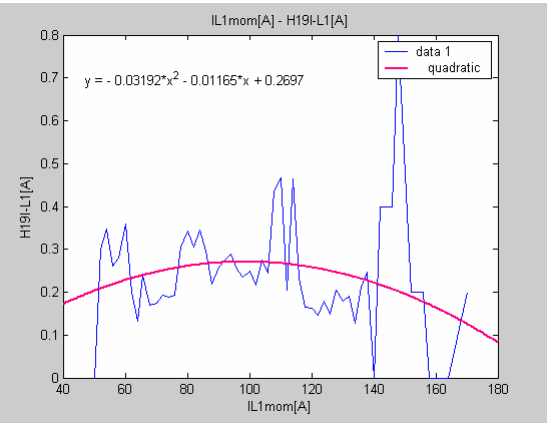
Şekil 8.165.:17.Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.166.:17.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.167.:19.Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.168.:19.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

### 8.3.3.3.L1 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde Oluşur Matbaa'nın İkitelli'deki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L1 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 40A ile 180A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL1(THD-UL1) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL1 %1.4 ile %3 arasında değişen değerler almıştır. Denklem sistemi kübik bir yol izlemektedir. (L1 fazına ait Grafikler ayrıntılı olarak 8. bölümde ve L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL1

grafik sistemine karşılık gelen KFİL1(THD-IL1)'de aynı şekilde kübik bir değişim göstermektedir. KFİL1 değeri %11 ile %36 mertebelerindedir. 3. gerilim harmoniği %58 değerinden %0.78 değerine kadar değişim göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. Bu grafik sistemi kuadratik olarak değişmektedir. 3. akım harmoniği 0.4A ile 1.7A arası değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %0.7 seviyesinden %2.9 seviyesine kadar kübik bir artış göstermektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 4A seviyelerinden 45A seviyelerine kadar bir değişim içindedir ve bu değişim kübik bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.25 ile %1.2 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 4A ile 180A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.02 seviyelerinden %0.21 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkamamakta ve aynı zamanda kübik bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise yine kübik bir yol izlemekte ve 0.6A ile 2A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Oluşur matbaa'ya ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.1 seviyesinden %0.4 seviyesine kuadratik bir artış göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 0.6A seviyelerinden 5.5A seviyesine kübik bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2.1 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.05 seviyesinden %0.5 seviyesine kadar kübik bir değişim içindedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 0.3A ile yaklaşık 4.5A seviyelerine kadar değişmekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği grafiklerde %0.03 seviyesinden başlayıp %0.18 seviyesine kadar kuadratik bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 0A seviyesinden 0.7A seviyesine kadar kuadratik bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.01 seviyesinden %0.14 seviyesine kübik bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği ise 0A seviyelerinden 1.2A seviyesine kadar bir değişim göstermiş ve kuadratik olarak değişmiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.01

seviyesinden %0.11 seviyesine kadar kübik bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 0A seviyesinden 0.8A seviyesine kuadratik bir yol izlemiştir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.22.'deki gibi bulunacaktır.

Tablo 8.22.: Oluşur Matbaa L1 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L1	H3-U L1	H5-U L1	H7-U L1	H9-U L1	H11-U L1	H13-U L1
%25	2,93	0,67	2,68	0,90	0,16	0,28	0,09
%50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%36)	2,02	0,65	1,74	0,51	0,08	0,29	0,48
Yüklenme	H15-U L1	H17-U L1	H19-U L1	KF-I L1	H3-I L1	H5-I L1	H7-I L1
%25	0,09	0,04	0,04	36,13	0,90	35,76	15,23
%50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%36)	0,04	0,09	0,08	19,03	0,80	28,00	9,00
Yüklenme	H9-I L1	H11-I L1	H13-I L1	H15-I L1	H17-I L1	H19-I L1	
%25	1,42	4,74	0,50	0,38	0,50	0,23	
%50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
MAX(%36)	2,00	2,80	4,80	0,80	0,00	0,20	

#### 8.3.3.4.L2 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde Oluşur Matbaa'nın İkitelli'deki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L2 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 40A ile 180A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL2(THD-UL2) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL2 %1.7 ile %3.6 arasında değişen değerler almıştır. Denklem sistemi kübik bir yol izlemektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL2 grafik sistemine karşılık gelen KFIL2(THD-IL2)'de kübik bir değişim göstermektedir. KFIL2 değeri %16 ile %48 mertebelerindedir. 3. gerilim harmoniği %0.2 değerinden %0.5 değerine kadar değişim göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. Bu grafik sistemi kübik olarak değişmektedir. 3. akım harmoniği 0.6A ile 3.5A arası değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik olarak değişmektedir. 5. gerilim harmoniği %1.2 seviyesinden %3.5 seviyesine kadar kübik bir şekilde değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen

5.akım harmoniği 4A seviyelerinden 43A seviyelerine kadar bir değişim içindedir ve bu değişim kübik bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.3 ile %1.2 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 4A ile 17A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.13 seviyelerinden %0.28 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkamamakta ve aynı zamanda kübik bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte ve 0.3 A ile 1.4A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Oluşur Matbaa'ya ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.12 seviyesinden %0.38 seviyesine kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 1.5A seviyelerinden 4.7A seviyesine kübik bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.05 seviyesinden %0.45 seviyesine kadar kübik bir değişim içindedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 0.4A ile yaklaşık 4.5A seviyelerine kadar değişmekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği grafiklerde %0.02 seviyesinden başlayıp %0.13 seviyesine kadar kübik bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 0A seviyesinden 0.5A seviyesine kadar kübik bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.01 seviyesinden %0.15 seviyesine kübik bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği ise 0.1A seviyelerinden 1.2A seviyesine kadar bir değişim göstermiş ve kuadratik olarak değişmiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.02 seviyesinden %0.09 seviyesine kadar kübik bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 0A seviyesinden 0.44A seviyesine kübik bir yol izlemiştir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.23.'deki gibi bulunacaktır.

Tablo 8.23: Oluşur Matbaa L2 fazı yüklemeye cetveli

Yüklenme	KF-U L2	H3-U L2	H5-U L2	H7-U L2	H9-U L2	H11-U L2	H13-U L2
%25	3,30	0,45	3,07	1,04	0,19	0,31	0,09
%50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%36)	3,27	0,50	3,08	0,88	0,19	0,32	0,16
Yüklenme	H15-U L2	H17-U L2	H19-U L2	KF-I L2	H3-I L2	H5-I L2	H7-I L2
%25	0,06	0,04	0,05	35,88	1,77	37,37	15,72
%50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%36)	0,08	0,07	0,03	24,27	2,00	36,40	14,20
Yüklenme	H9-I L2	H11-I L2	H13-I L2	H15-I L2	H17-I L2	H19-I L2	
%25	0,72	3,56	0,64	0,20	0,47	0,04	
%50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
MAX(%36)	0,60	2,20	0,60	0,20	0,20	0,00	

### 8.3.3.5.L3 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde Oluşur Matbaa'nın İkitelli'deki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L1,L2,L3 fazlarının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 60A ile 180A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL3(THD-UL3) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL3 %1.6 ile %3.7 arasında değişen değerler almıştır. Denklem sistemi kübik bir yol izlemektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL3 grafik sistemine karşılık gelen KFIL3(THD-IL3)'de kübik bir değişim göstermektedir. KFIL3 değeri %13 ile %37 mertebelerindedir. 3. gerilim harmoniği %0.5 değerinden %0.65 değerine kadar değişim göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. Bu grafik sistemi kübik olarak değişmektedir. 3. akım harmoniği 4A ile 5.3A arası değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %0.8 seviyesinden %3.5 seviyesine kadar değişim göstermekte kübik bir şekilde yol izlemektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 4A seviyelerinden 45A seviyelerine kadar değerler almakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim içindedir. Burada dikkat edilecek durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.35 ile %1.2 seviyeleri arasında bir değişim

içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 6A ile 18A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.02 seviyelerinden %0.1 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkamamakta ve aynı zamanda kübik bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte ve 0.4 A ile 2.2A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Oluşur Matbaa'ya ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.12 seviyesinden %0.55 seviyelerine kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 2A seviyelerinden 7A seviyesine kadar çıkmakta kübik bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.1 seviyesinden %0.45 seviyesi aralığına kadar çıkmakta ve kübik bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 0.4A ile yaklaşık 3A seviyeleri aralığına kadar değişmekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği grafiklerde %0.02 seviyesinden başlayıp %0.09 seviyesi aralığında bir değişim sergilemekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 0.06A seviyesinden 0.35A seviyesi aralığına kadar çıkmakta kübik bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.02 seviyesinden %0.2 seviyesine kadar çıkmakta ve kübik bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği ise 0.0A seviyelerinden 1.2A seviyesine kadar bir değişim göstermiş ve kübik olarak değişmiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.03 seviyesinden %0.75 seviyesine kadar değerler almakta ve kübik bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 0.0A seviyesinden 0.35A değerlerine kadar çıkmakta ve denklem kübik olarak değişmektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.24.'deki gibi bulunacaktır.



Tablo 8.24: Oluşur Matbaa L3 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L3	H3-U L3	H5-U L3	H7-U L3	H9-U L3	H11-U L3	H13-U L3
%25	2,52	0,65	2,34	0,44	0,05	0,27	0,32
%50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%42)	3,53	0,59	3,35	0,83	0,13	0,31	0,20
Yüklenme	H15-U L3	H17-U L3	H19-U L3	KF-I L3	H3-I L3	H5-I L3	H7-I L3
%25	0,07	0,04	0,05	31,58	4,67	32,41	6,62
%50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%42)	0,17	0,00	0,04	24,04	5,40	41,40	13,80
Yüklenme	H9-I L3	H11-I L3	H13-I L3	H15-I L3	H17-I L3	H19-I L3	
%25	0,58	3,98	2,17	0,19	0,24	0,16	
%50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
MAX(%42)	1,20	3,80	0,40	0,40	0,40	0,00	

### **8.3.4. Sinangin Matbaacılık ve Ambalaj San. Ve Tic.Ltd.Şti ( 265kW )**

#### **8.3.4.1. Fabrika hakkında genel bilgi**

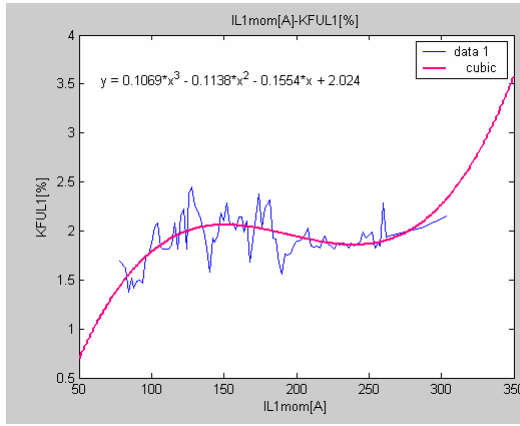
1955 yılında kurulmuştur. 1978 yılına kadar kartvizit , kırtasiye ve davetiye matbaası olarak çalışmıştır. 1978 yılında ilaç prospektüsü üretimine başlamıştır. 1979 yılından beri ilaç kutusu üretimine devam etmektedir. Çalıştıkları ilaç firmaları kendi sektörlerinde büyümesiyle bu kuruluşa kendi sektöründe oldukça iyi bir konuma gelmiştir.

Bu çalışmada ölçüm alınan fabrika Sinagin Matbaacılık ve Ambalajın İkitelli'deki fabrikasıdır. Ölçüm her faza ve faz-faz arası değerlere ait 3000 örnek içermektedir. Ölçüm aralıkları birer dakika olup , fabrikayı besleyen ana şalter çıkışından alınmıştır. Tek hat şemasında ayrıntılı olarak trafonun büyüklüğü , çeşidi , yüklerin gücü , ve multilog ölçüm cihazının bağlantı durumu gözükmektedir.

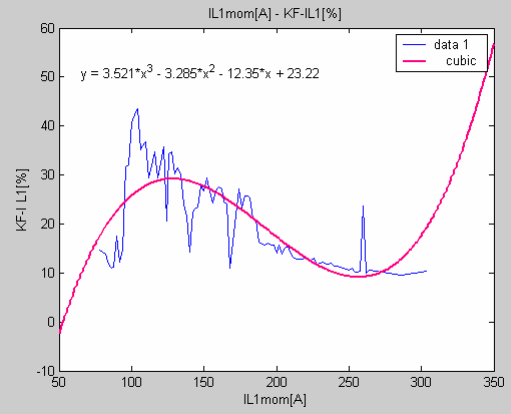


### 8.3.4.2. Sinangin Matbaacılık ve Ambalaj San. ve Tic. Ltd. Şti'ye ait grafikler

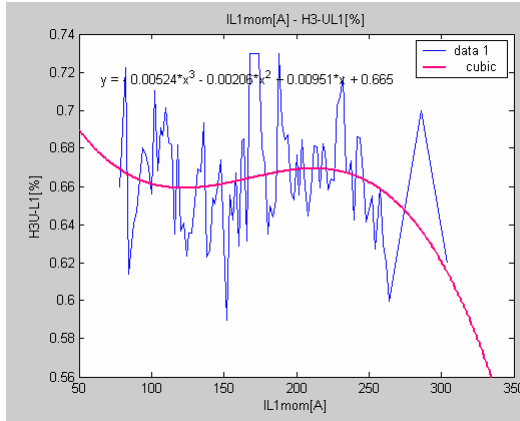
Bu bölümün içeriği L1 fazına ait faz akımına karşılık gelen sıralı harmonik değerlerin gösterilmesi içindir. Kullanılan değerler KFUL1(Toplam Harmonik Distorsiyon) , KFIL1(Toplam Akım Distorsiyonu) , akım ve gerilimin 3.,5.,7.,9.,11.,13.,15.,17.,19. harmonik değerleridir. L2 ve L3 fazlarına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.



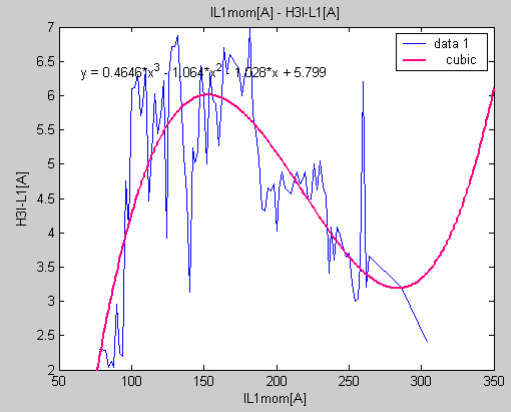
Şekil 8.170.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



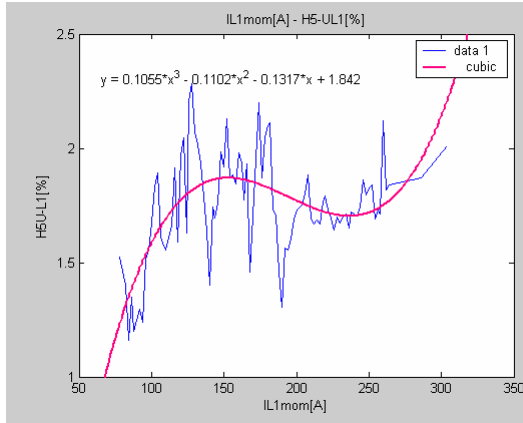
Şekil 8.171.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



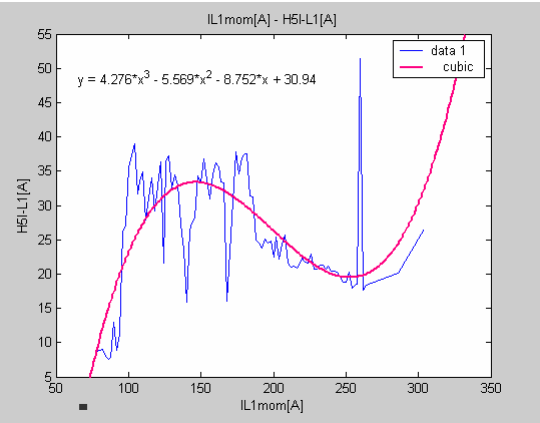
Şekil 8.172.: 3. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



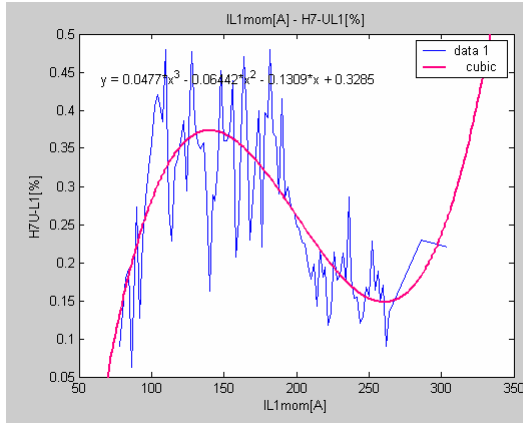
Şekil 8.173.: 3. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



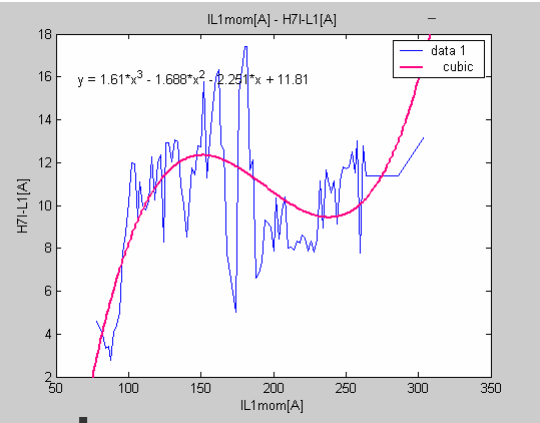
Şekil 8.174.: 5. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



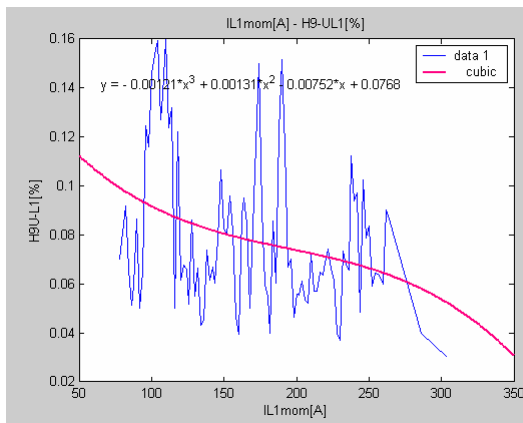
Şekil 8.175.: 5. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



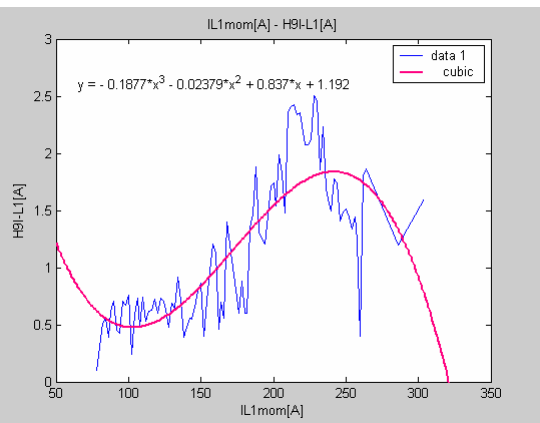
Şekil 8.176.: 7. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



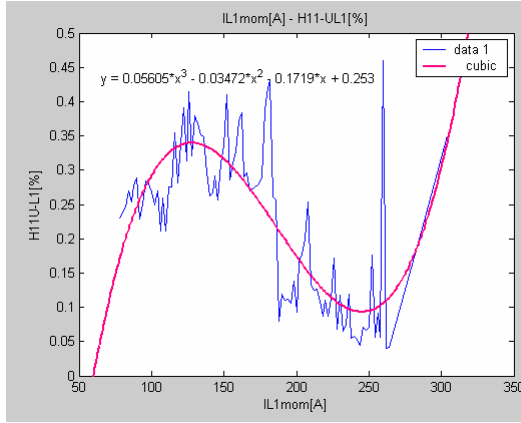
Şekil 8.177.: 7. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



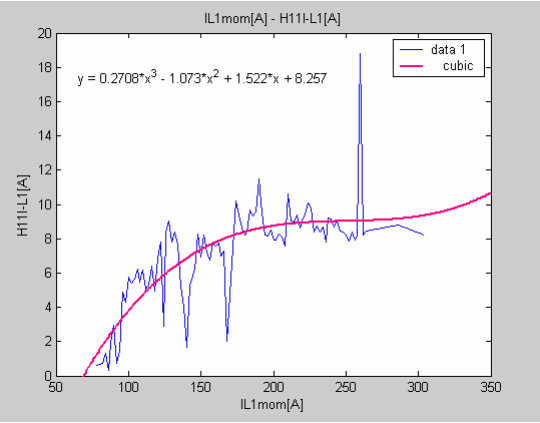
Şekil 8.178.: 9. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



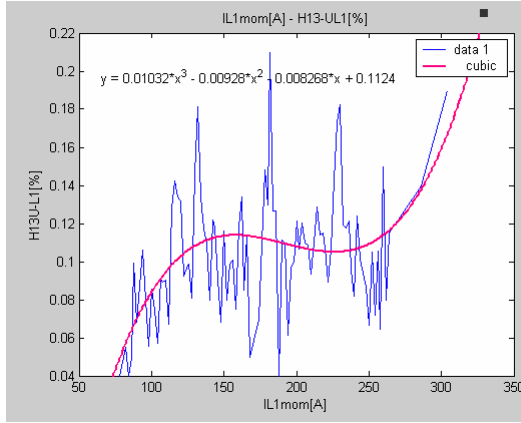
Şekil 8.179.: 9. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



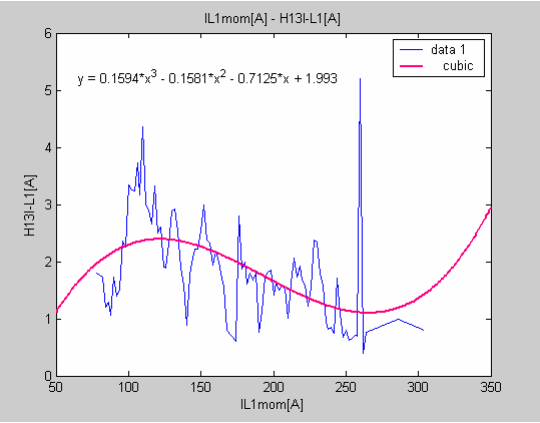
Şekil 8.180.: 11. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



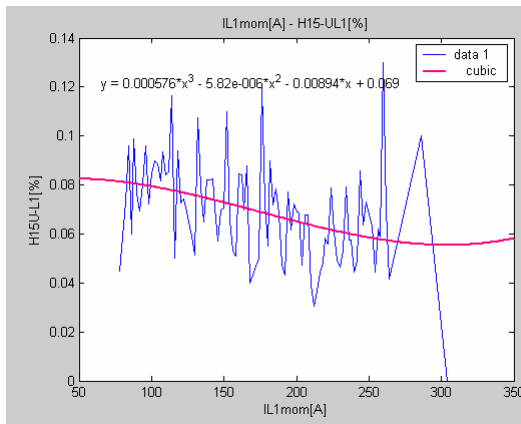
Şekil 8.181.:11.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



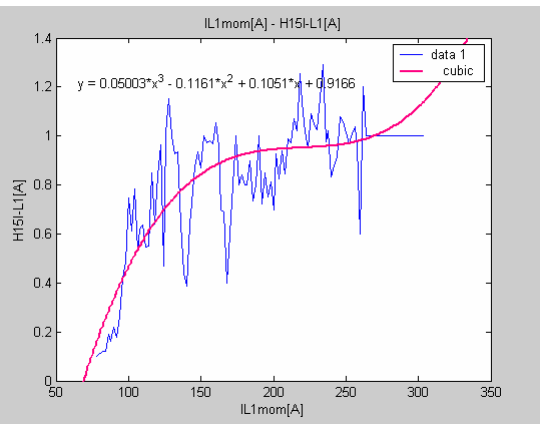
Şekil 8.182.: 13. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



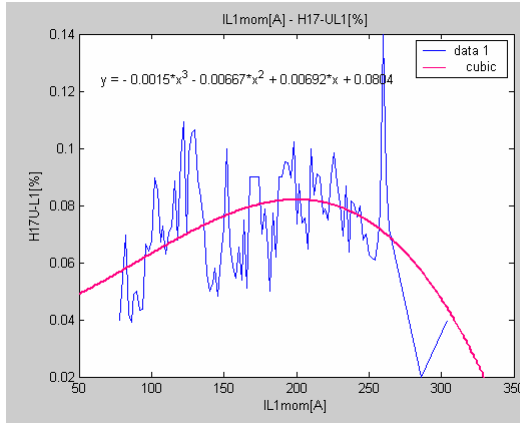
Şekil 8.183.:13.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



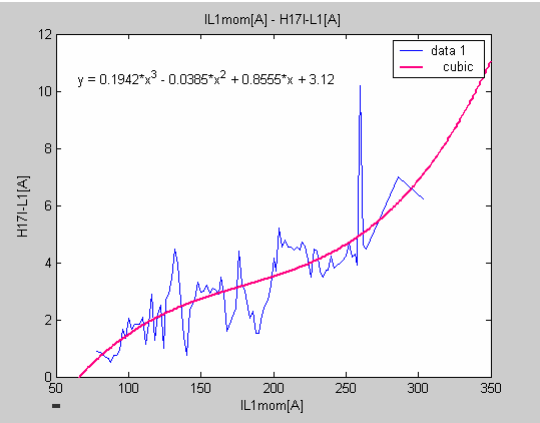
Şekil 8.184.:15.Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



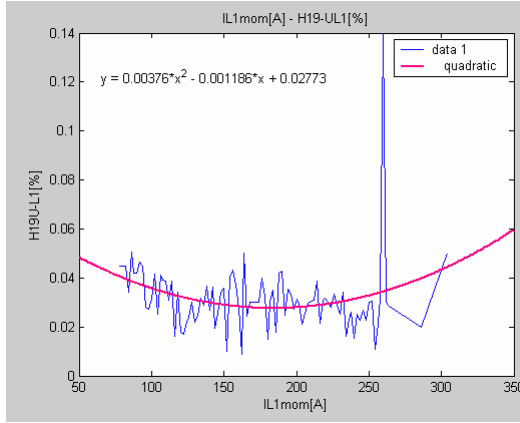
Şekil 8.185.:15.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



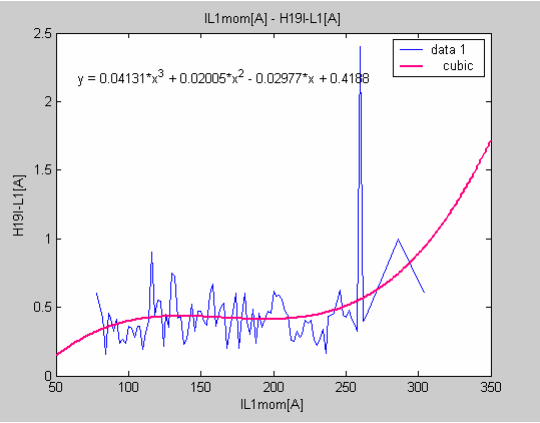
Şekil 8.186.:17.Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.187.:17.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.188.:19.Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.189.:19.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

### 8.3.4.3.L1 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde Sinangin Matbaa'nın İkitelli'deki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L1 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 50A ile 350A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL1(THD-UL1) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL1 %1.4 ile %2.4 arasında değişen değerler almıştır. Denklem sistemi kübik bir yol izlemektedir. (L1 fazına ait Grafikler ayrıntılı olarak 8. bölümde ve L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL1

grafik sistemine karşılık gelen KFİL1(THD-IL1)'de kübik bir değişim göstermektedir. KFİL1 değeri %13 ile %42 mertebelerindedir. 3. gerilim harmoniği %0.6 değerinden %0.73 değerine kadar değişim göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. Bu grafik sistemi kübik olarak değişmektedir. 3. akım harmoniği 2A ile 7A arası değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %1.3 seviyesinden %2.3 seviyesine kadar kübik bir şekilde değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 9A seviyelerinden 50A seviyelerine kadar bir değişim içindedir ve bu değişim kübik bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.07 ile %0.47 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 3A ile 17A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.04 seviyelerinden %0.16 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkamamakta ve aynı zamanda kübik bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte ve 0.1 A ile 2.5A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Boyut matbaa'ya ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.04 seviyesinden %0.45 seviyesine kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 1A seviyelerinden 18A seviyesine kübik bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.04 seviyesinden %0.21 seviyesine kadar kübik bir değişim içindedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 0.5A ile yaklaşık 5A seviyelerine kadar değişmekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği grafiklerde %0.0 seviyesinden başlayıp %0.13 seviyesine kadar kübik bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 0.1A seviyesinden 1.2A seviyesine kadar kübik bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.02 seviyesinden %0.14 seviyesine kübik bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği ise 1A seviyelerinden 10A seviyesine kadar bir değişim göstermiş ve kübik olarak değişmiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19.



gerilim harmoniği sistemimizde %0.01 seviyesinden %0.14 seviyesine kadar kuadratik bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 0.3A seviyesinden 2.4A seviyesine kübik bir yol izlemiştir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.25.'deki gibi bulunacaktır.

Tablo 8.25.: Sinangin Matbaa L1 fazı yüklenme cetveli

Yüklenme	KF-U L1	H3-U L1	H5-U L1	H7-U L1	H9-U L1	H11-U L1	H13-U L1
%25	2,04	0,71	1,83	0,41	0,15	0,25	0,07
%50	1,96	0,66	1,80	0,22	0,05	0,20	0,11
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%74)	2,15	0,62	2,01	0,22	0,03	0,35	0,19
Yüklenme	H15-U L1	H17-U L1	H19-U L1	KF-I L1	H3-I L1	H5-I L1	H7-I L1
%25	0,09	0,09	0,04	42,33	6,12	37,42	11,99
%50	0,07	0,08	0,03	14,97	4,65	24,39	9,75
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%74)	0,00	0,04	0,05	10,45	2,40	26,60	13,20
Yüklenme	H9-I L1	H11-I L1	H13-I L1	H15-I L1	H17-I L1	H19-I L1	
%25	0,24	5,40	3,26	0,61	1,67	0,35	
%50	1,82	8,10	1,59	0,94	4,56	0,56	
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
MAX(%74)	1,60	8,20	0,80	1,00	6,20	0,60	

#### 8.3.4.4.L2 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde Sinangin Matbaa'nın İkitelli'deki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L2 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 50A ile 300A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL2(THD-UL2) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL2 %1.6 ile %2.6 arasında değişen değerler almıştır. Denklem sistemi kübik bir yol izlemektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL2 grafik sistemine karşılık gelen KFIL2(THD-IL2)'de kübik bir değişim göstermektedir. KFIL2 değeri %10 ile %35 mertebelerindedir. 3. gerilim harmoniği %0.4 değerinden %0.67 değerine kadar değişim göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. Bu grafik sistemi kuadratik olarak değişmektedir. 3. akım harmoniği 0.2A ile 7A arası değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %1.5 seviyesinden %2.6 seviyesine kadar değişim göstermekte kübik bir şekilde yol izlemektedir. Buna

karşılık gelen 5.akım harmoniği 6A seviyelerinden 40A seviyelerine kadar bir değişim içindedir ve bu değişim kübik bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.05 ile %0.55 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 4A ile 18A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.04 seviyelerinden %0.21 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkamamakta ve aynı zamanda kuadratik bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kuadratik bir yol izlemekte ve 0.1 A ile 1.7A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Sinangin Matbaa'ya ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.0 seviyesinden %0.75 seviyelerine kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 2A seviyelerinden 10A seviyesine kadar çıkmakta kübik bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.02 seviyesinden %0.24 seviyesi aralığına kadar çıkmakta ve kübik bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 0.2A ile yaklaşık 3A seviyeleri aralığına kadar değişmekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği grafiklerde %0.01 seviyesinden başlayıp %0.12 seviyesi aralığına kadar kübik bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 0.2A seviyesinden 1A seviyesi aralığına kadar çıkmakta kübik bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.02 seviyesinden %0.15 seviyesine kadar çıkmakta ve kübik bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği ise 0.25A seviyelerinden 5A seviyesine kadar bir değişim göstermiş ve kübik olarak değişmiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.02 seviyesinden %0.1 seviyesine kadar değerler almakta ve kübik bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 0.25A seviyesinden 1.4A değerlerinde noktasaldır ve denklem kübik olarak değişmektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.26.'daki gibi bulunacaktır.

Tablo 8.26.: Sinangin Matbaa L2 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L2	H3-U L2	H5-U L2	H7-U L2	H9-U L2	H11-U L2	H13-U L2
%25	1,61	0,52	1,44	0,24	0,12	0,33	0,05
%50	2,18	0,49	2,10	0,12	0,18	0,17	0,09
%75	2,30	0,43	2,22	0,07	0,16	0,25	0,23
MAX(%85)	2,49	0,47	2,41	0,37	0,13	0,19	0,03
Yüklenme	H15-U L2	H17-U L2	H19-U L2	KF-I L2	H3-I L2	H5-I L2	H7-I L2
%25	0,12	0,05	0,05	11,86	0,70	9,15	5,65
%50	0,09	0,07	0,04	13,64	1,79	22,54	8,16
%75	0,04	0,04	0,04	9,07	1,60	20,40	11,40
MAX(%85)	0,06	0,07	0,09	10,01	1,80	32,00	3,40
Yüklenme	H9-I L2	H11-I L2	H13-I L2	H15-I L2	H17-I L2	H19-I L2	
%25	0,50	1,70	0,70	0,20	0,65	0,30	
%50	1,64	8,70	0,91	0,43	4,61	0,50	
%75	1,20	8,80	1,80	0,60	6,40	2,20	
MAX(%85)	0,60	11,00	1,20	0,40	4,00	0,40	

### 8.3.4.5.L3 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde SİNANGİN Matbaa'nın İkitelli'deki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L3 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 50A ile 300A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL3(THD-UL3) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL3 %1.4 ile %2.5 arasında değişen değerler almıştır. Denklem sistemi kuadratik bir yol izlemektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL3 grafik sistemine karşılık gelen KFIL3(THD-IL3)'de kübik bir değişim göstermektedir. KFIL3 değeri %8 ile %37 mertebelerindedir. 3. gerilim harmoniği %0.43 değerinden %0.72 değerine kadar değişim göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. Bu grafik sistemi kübik olarak değişmektedir. 3. akım harmoniği 1.8A ile 6.8A arası değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %1.2 seviyesinden %2.4 seviyesine kadar değişim göstermekte kuadratik bir şekilde yol izlemektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 6A seviyelerinden 36A seviyelerine kadar değerler almakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim içindedir. Burada dikkat edilecek durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.1 ile %0.45 seviyeleri arasında bir değişim

içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 2A ile 16A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.02 seviyelerinden %0.14 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkamamakta ve aynı zamanda kübik bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte ve 0.2A ile 1.2A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Sinangin Matbaa'ya ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.1 seviyesinden %0.6 seviyelerine kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 0.5A seviyelerinden 9.5A seviyesine kadar çıkmakta kübik bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.03 seviyesinden %0.17 seviyesi aralığına kadar çıkmakta ve kübik bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 0.5A ile yaklaşık 3.7A seviyeleri aralığına kadar değişmekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği grafiklerde %0.03 seviyesinden başlayıp %0.14 seviyesi aralığında bir değişim sergilemekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 0.1A seviyesinden 1.9A seviyesi aralığına kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.03 seviyesinden %0.18 seviyesine kadar çıkmakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği ise 0.4A seviyelerinden 3.4A seviyesine kadar bir değişim göstermiş ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.01 seviyesinden %0.85 seviyesine kadar değerler almakta ve kübik bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 0.2A seviyesinden 1.4A değerlerine kadar çıkmakta ve denklem kuadratik polinom şeklinde değişmektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.27.'daki gibi bulunacaktır.

Tablo 8.27.: Sinangin Matbaa L3 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L3	H3-U L3	H5-U L3	H7-U L3	H9-U L3	H11-U L3	H13-U L3
%25	2,20	0,51	2,04	0,30	0,05	0,50	0,09
%50	2,12	0,54	1,99	0,28	0,07	0,20	0,09
%75	2,14	0,61	1,99	0,39	0,08	0,18	0,15
MAX(%81)	2,38	0,59	2,22	0,43	0,09	0,40	0,12
Yüklenme	H15-U L3	H17-U L3	H19-U L3	KF-I L3	H3-I L3	H5-I L3	H7-I L3
%25	0,08	0,11	0,03	32,90	4,78	28,49	10,16
%50	0,05	0,10	0,05	12,57	2,77	21,48	6,89
%75	0,13	0,09	0,06	7,32	3,20	17,00	9,60
MAX(%81)	0,13	0,11	0,03	8,52	1,80	23,00	10,00
Yüklenme	H9-I L3	H11-I L3	H13-I L3	H15-I L3	H17-I L3	H19-I L3	
%25	0,67	5,73	2,73	0,78	1,71	0,64	
%50	0,70	6,85	1,14	0,50	2,61	0,55	
%75	0,60	6,60	3,40	0,20	3,20	2,20	
MAX(%81)	0,20	7,00	2,20	0,20	3,60	1,40	

### **8.3.5. Graphis Matbaacılık Ltd.Şti ( 200kW )**

#### **8.3.5.1. Fabrika hakkında genel bilgi**

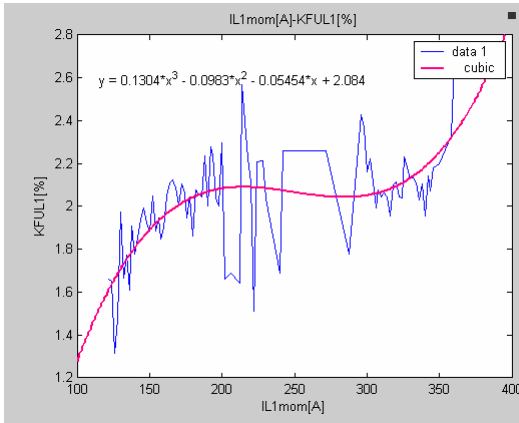
1968 yılında kurulmuştur. Kağıdın hammadde olarak tesise girişinden çıkışına kadar birçok işleminden burada geçirilmektedir. Graphis Matbaacılık grafik tasarım , kağıdın işlenmesi , mücellit yani kesim proseslerini içermektedir. Oldukça geniş bir makine parkuru İkitelli 100.yıl Matbaacılar sitesinde hizmet vermektedir.

Bu çalışmada ölçüm alınan fabrika Graphis Matbaacılık'ın İkitelli'deki fabrikasıdır. Ölçüm her faza ve faz-faz arası değerlere ait 3000 örnek içermektedir. Ölçüm aralıkları birer dakika olup , fabrikayı besleyen ana şalter çıkışından alınmıştır. Tek hat şemasında ayrıntılı olarak trafonun büyüklüğü , çeşidi , yüklerin gücü , ve multilog ölçüm cihazının bağlantı durumu görülmektedir.

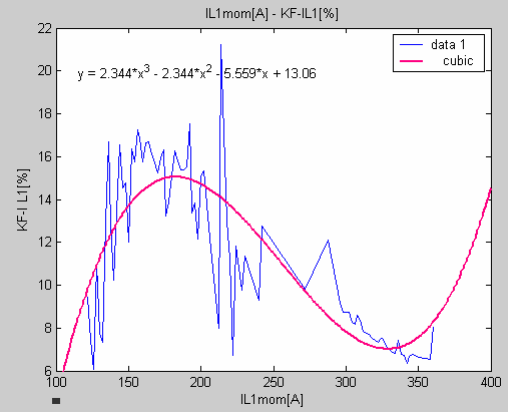


### 8.3.5.2. Graphis Matbaacılık Ltd.Şti'ye ait ölçümler

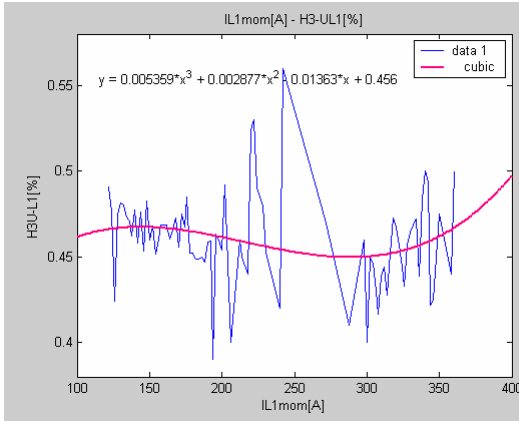
Bu bölümün içeriği L1 fazına ait faz akımına karşılık gelen sıralı harmonik değerlerin gösterilmesi içindir. Kullanılan değerler KFUL1(Toplam Harmonik Distorsiyon) , KFIL1(Toplam Akım Distorsiyonu) , akım ve gerilimin 3.,5.,7.,9.,11.,13.,15.,17.,19. harmonik değerleridir. L2 ve L3 fazlarına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.



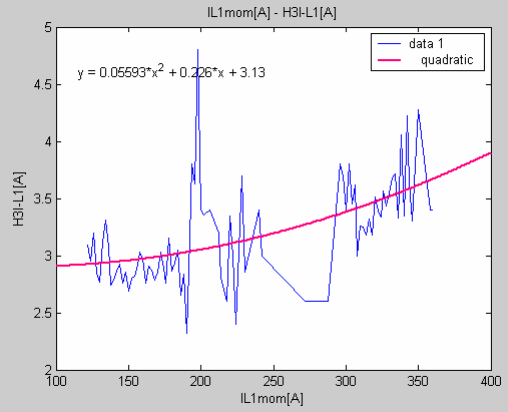
Şekil 8.191.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.192.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

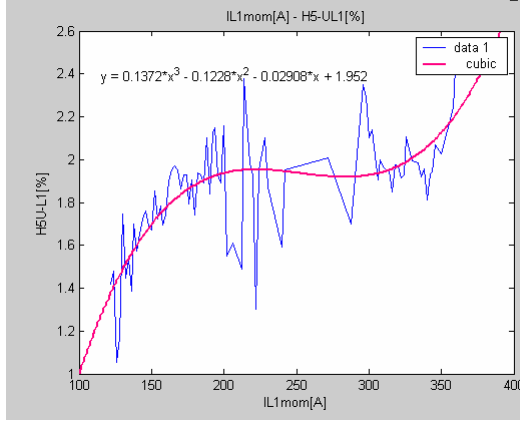


Şekil 8.193.: 3. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

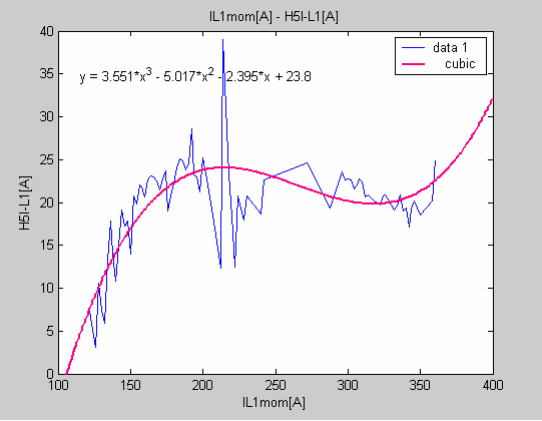


Şekil 8.194.: 3. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

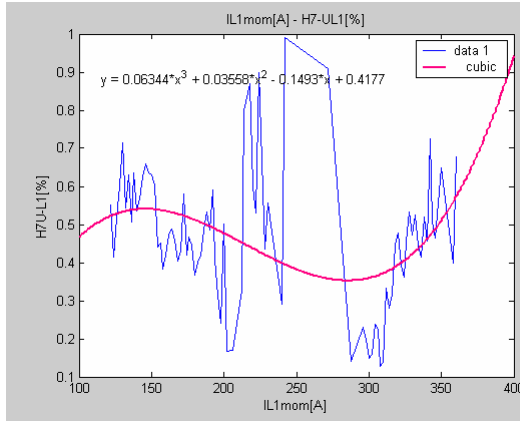




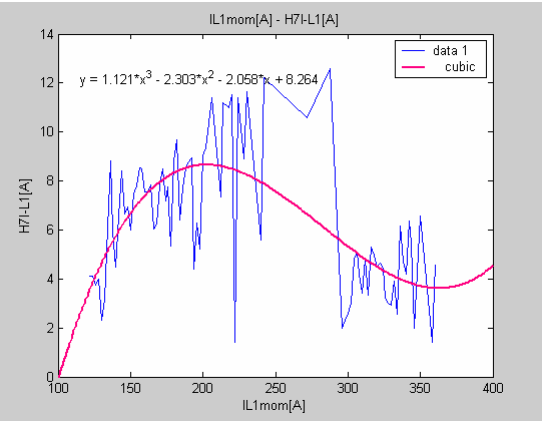
Şekil 8.195.: 5. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



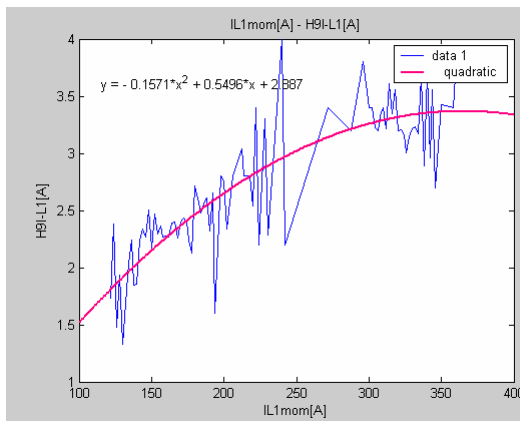
Şekil 8.196.: 5. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



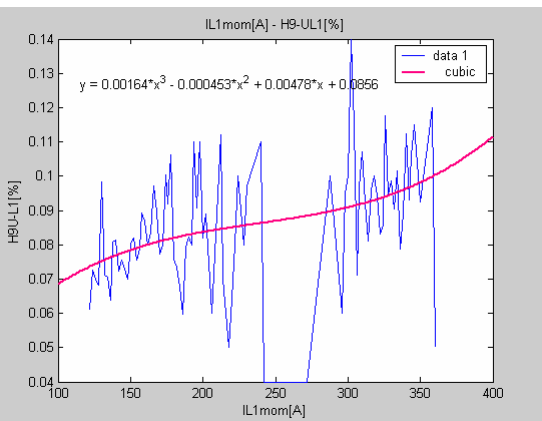
Şekil 8.197.: 7. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



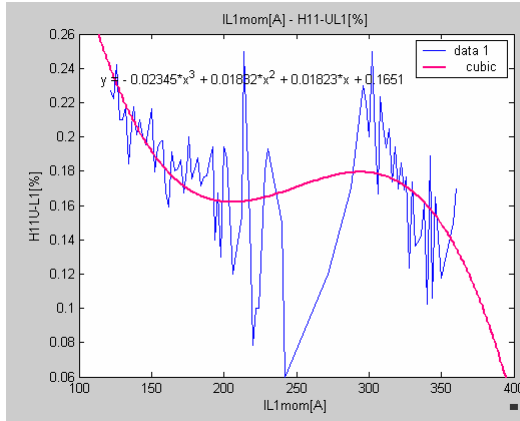
Şekil 8.198.: 7. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



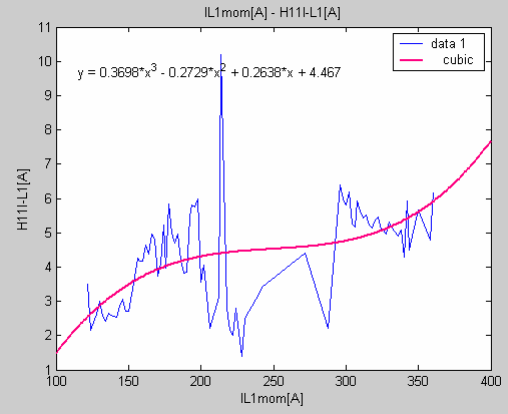
Şekil 8.199.: 9. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



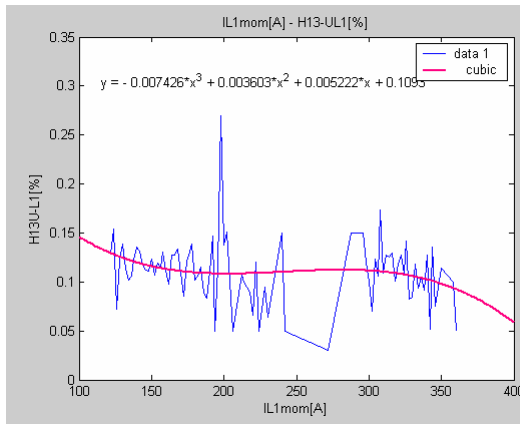
Şekil 8.200.: 9. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



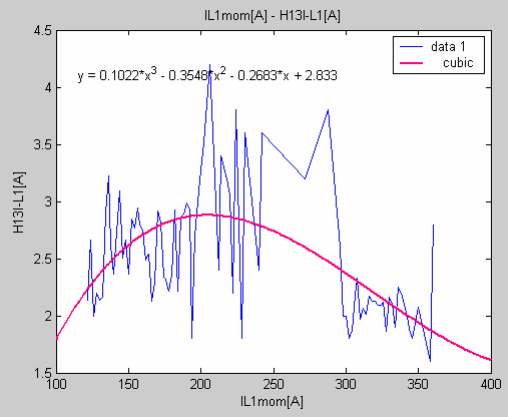
Şekil 8.201.: 11. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



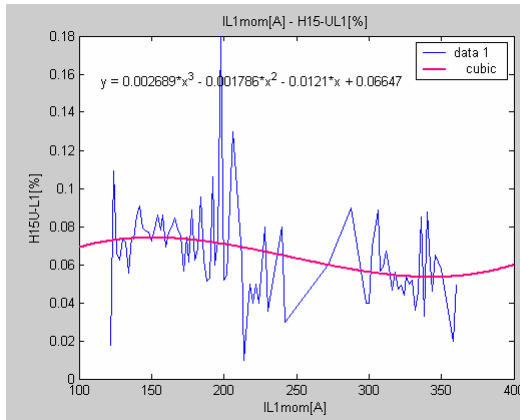
Şekil 8.202.:11.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



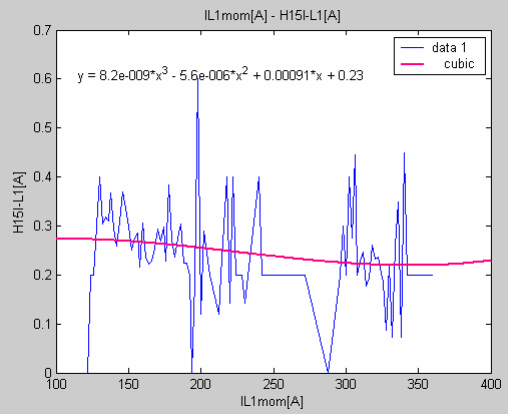
Şekil 8.203.: 13. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



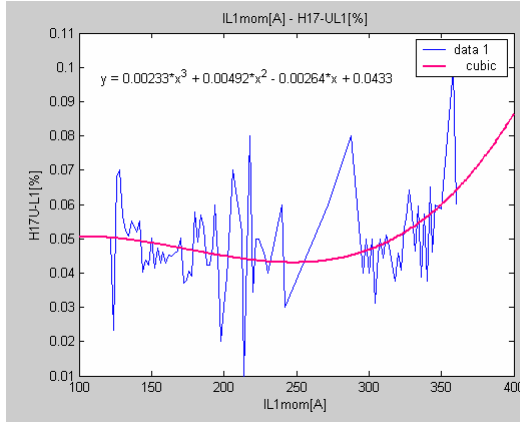
Şekil 8.204.:13.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



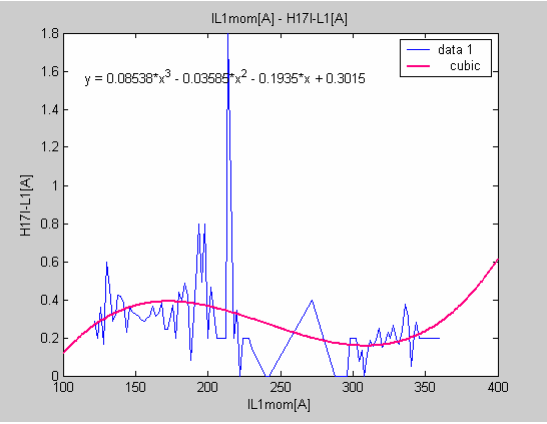
Şekil 8.205.:15.Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



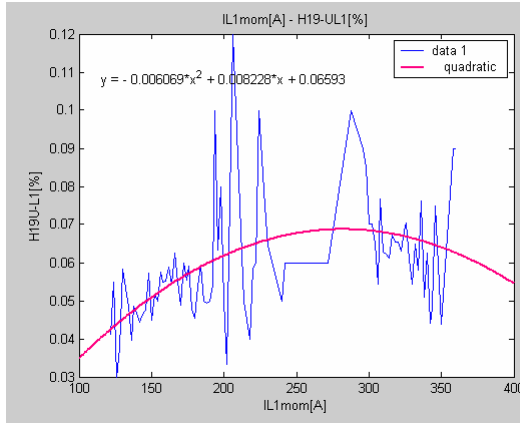
Şekil 8.206.:15.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



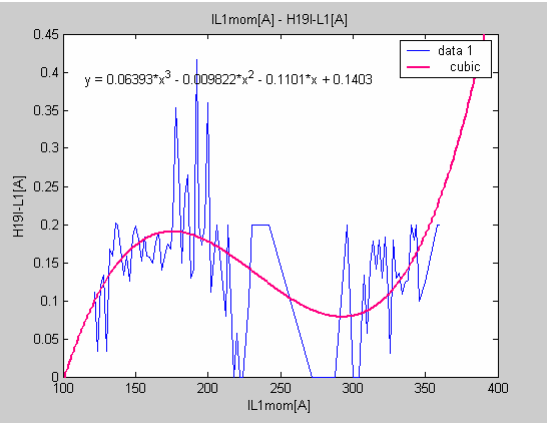
Şekil 8.207.:17.Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.208.:17.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.209.:19.Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.210.:19.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

### 8.3.5.3.L1 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde Graphis Matbaa'nın İkitelli'deki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L1 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 100A ile 400A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL1(THD-UL1) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL1 %1.3 ile %2.6 arasında değişen değerler almıştır. Denklem sistemi kübik bir yol izlemektedir. (L1 fazına ait Grafikler ayrıntılı olarak 8. bölümde ve L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL1

grafik sistemine karşılık gelen KFİL1(THD-İL1)'de kübik bir değişim göstermektedir. KFİL1 değeri %6 ile %21 mertebelerindedir. 3. gerilim harmoniği %0.3 değerinden %0.55 değerine kadar değişim göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. Bu grafik sistemi kübik olarak değişmektedir. 3. akım harmoniği 2.3A ile 4.8A arası değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kuadratik olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %1.1 seviyesinden %2.4 seviyesine kadar kübik bir şekilde değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 4A seviyelerinden 38A seviyelerine kadar bir değişim içindedir ve bu değişim kübik bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.12 ile %1 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 2A ile 12A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.04 seviyelerinden %0.14 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkamamakta ve aynı zamanda kübik bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kuadratik bir yol izlemekte ve 1.4 A ile 4A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Graphis Matbaa'ya ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.06 seviyesinden %0.25 seviyesine kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 1.5A seviyelerinden 10A seviyesine kübik bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.04 seviyesinden %0.26 seviyesine kadar kübik bir değişim içindedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 1.7A ile yaklaşık 4.2A seviyelerine kadar değişmekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği grafiklerde %0.01 seviyesinden başlayıp %0.18 seviyesine kadar kübik bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 0A seviyesinden 0.6A seviyesine kadar kübik bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.0 seviyesinden %0.1 seviyesine kübik bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği ise 0A seviyelerinden 1.8A seviyesine kadar bir değişim göstermiş ve kübik olarak değişmiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95

değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.03 seviyesinden %0.12 seviyesine kadar kuadratik bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 0A seviyesinden 0.4A seviyesine kübik bir yol izlemiştir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.28.'deki gibi bulunacaktır.

Tablo 8.28: Graphis Matbaa L1 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L1	H3-U L1	H5-U L1	H7-U L1	H9-U L1	H11-U L1	H13-U L1
MIN(%40)	1,66	0,49	1,42	0,55	0,06	0,23	0,13
%50	1,95	0,46	1,79	0,45	0,08	0,20	0,12
%75	2,03	0,45	1,87	0,56	0,10	0,19	0,06
MAX(%123)	2,53	0,51	2,27	0,94	0,06	0,20	0,14
Yüklenme	H15-U L1	H17-U L1	H19-U L1	KF-I L1	H3-I L1	H5-I L1	H7-I L1
MIN(%40)	0,02	0,05	0,04	9,46	3,09	7,38	4,13
%50	0,08	0,04	0,06	17,27	2,92	22,07	8,52
%75	0,04	0,04	0,06	11,35	2,86	20,77	11,66
MAX(%123)	0,06	0,04	0,05	6,07	3,20	19,80	5,60
Yüklenme	H9-I L1	H11-I L1	H13-I L1	H15-I L1	H17-I L1	H19-I L1	
MIN(%40)	1,73	3,49	2,13	0,00	0,29	0,11	
%50	2,36	4,27	2,94	0,29	0,29	0,18	
%75	2,29	2,51	3,60	0,14	0,14	0,20	
MAX(%123)	2,80	4,80	1,20	0,20	1,00	0,00	

#### 8.3.5.4.L2 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde Graphis Matbaa'nın İkitelli'deki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L2 fazlarının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 50A ile 350A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL2(THD-UL2) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL2 %1.4 ile %2.6 arasında değişen değerler almıştır. Denklem sistemi kübik bir yol izlemektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL2 grafik sistemine karşılık gelen KFIL2(THD-IL2)'de kübik bir değişim göstermektedir. KFIL2 değeri %9 ile %32 mertebelerindedir. 3. gerilim harmoniği %0.57 değerinden %0.71 değerine kadar değişim göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. Bu grafik sistemi kübik olarak değişmektedir. 3. akım harmoniği 0.8A ile 5.5A arası değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %1.1 seviyesinden

%2.4 seviyesine kadar değişim göstermekte kübik bir Şekilde yol izlemektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 1A seviyelerinden 43A seviyelerine kadar değerler almakta ve kübik polinom Şeklinde bir değişim içindedir. Burada dikkat edilecek durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.1 ile %1.2 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kuadratik polinom Şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 1A ile 13A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom Şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.11 seviyelerinden %0.24 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkamamakta ve aynı zamanda kübik bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte ve 0.3 A ile 2.4A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Graphis Matbaa'ya ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.07 seviyesinden %0.3 seviyelerine kadar çıkmakta kübik polinom Şeklinde bir değişim göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 1A seviyelerinden 17A seviyesine kadar çıkmakta kuadratik bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.03 seviyesinden %0.24 seviyesi aralığına kadar çıkmakta ve kübik bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 2A ile yaklaşık 4.8A seviyeleri aralığına kadar değişmekte ve kuadratik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği grafiklerde %0.02 seviyesinden başlayıp %0.16 seviyesi aralığında bir değişim sergilemekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 0.2A seviyesinden 1A seviyesi aralığına kadar çıkmakta kübik bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.01 seviyesinden %0.09 seviyesine kadar çıkmakta ve kübik bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği ise 0.0A seviyelerinden 2.2A seviyesine kadar bir değişim göstermiş ve kübik olarak değişmiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.03 seviyesinden %0.12 seviyesine kadar değerler almakta ve kübik bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 0.0A seviyesinden 0.6A değerlerine kadar çıkmakta ve denklem kübik olarak

değişmektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.29.'daki gibi bulunacaktır.

Tablo 8.29.: Graphis Matbaa L2 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L2	H3-U L2	H5-U L2	H7-U L2	H9-U L2	H11-U L2	H13-U L2
%25	1,85	0,65	1,57	0,60	0,17	0,19	0,13
%50	1,49	0,59	1,31	0,20	0,19	0,21	0,06
%75	2,36	0,64	2,22	0,30	0,21	0,19	0,17
MAX(%105)	2,49	0,66	2,19	0,93	0,14	0,23	0,15
Yüklenme	H15-U L2	H17-U L2	H19-U L2	KF-I L2	H3-I L2	H5-I L2	H7-I L2
%25	0,07	0,04	0,05	15,61	2,81	7,95	4,33
%50	0,09	0,04	0,06	24,31	5,60	27,80	13,40
%75	0,08	0,04	0,08	12,29	1,50	24,10	3,70
MAX(%105)	0,06	0,06	0,09	8,04	1,60	21,40	2,60
Yüklenme	H9-I L2	H11-I L2	H13-I L2	H15-I L2	H17-I L2	H19-I L2	
%25	1,04	3,57	2,84	0,82	0,31	0,19	
%50	1,80	2,00	4,00	0,80	0,20	0,20	
%75	1,30	9,00	2,90	0,90	0,00	0,30	
MAX(%105)	1,00	10,20	2,00	0,80	0,80	0,20	

### 8.3.5.5.L3 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde SİNANGİN Matbaa'nın İkitelli'deki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L1,L2,L3 fazlarının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 50A ile 300A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL3(THD-UL3) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL3 %1.5 ile %2.7 arasında değişen değerler almıştır. Denklem sistemi kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL3 grafik sistemine karşılık gelen KFIL3(THD-IL3)'de kübik bir değişim göstermektedir. KFIL3 değeri %6 ile %24 mertebelerindedir. 3. gerilim harmoniği %0.56 değerinden %0.7 değerine kadar değişim göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. Bu grafik sistemi kübik olarak değişmektedir. 3. akım harmoniği 0.4A ile 3.2A arası değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kuadratik olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %1.3 seviyesinden %2.6 seviyesine kadar değişim göstermekte kübik bir şekilde yol izlemektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 6A seviyelerinden 32A seviyelerine kadar değerler almakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim içindedir. Burada dikkat edilecek

durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.1 ile %1.2 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 2.5A ile 14A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.01 seviyelerinden %0.09 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkamamakta ve aynı zamanda kübik bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte ve 0.0A ile 1.4A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Graphis Matbaa'ya ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.1 seviyesinden %0.34 seviyelerine kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 2A seviyelerinden 10.5A seviyesine kadar çıkmakta kuadratik bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.05 seviyesinden %0.3 seviyesi aralığına kadar çıkmakta ve kübik bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 1.5A ile yaklaşık 4.2A seviyeleri aralığına kadar değişmekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği grafiklerde %0.04 seviyesinden başlayıp %0.19 seviyesi aralığında bir değişim sergilemekte ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 0.0A seviyesinden 0.42A seviyesi aralığına kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.01 seviyesinden %0.07 seviyesine kadar çıkmakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği ise 0.1A seviyelerinden 1.4A seviyesine kadar bir değişim göstermiş ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.025 seviyesinden %0.09 seviyesine kadar değerler almakta ve kübik bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 0.0A seviyesinden 0.48A değerlerine kadar çıkmakta ve denklem kuadratik polinom şeklinde değişmektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.30.'daki gibi bulunacaktır.



Tablo 8.30.: Sinangin Matbaa L3 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L3	H3-U L3	H5-U L3	H7-U L3	H9-U L3	H11-U L3	H13-U L3
%25	2,04	0,63	1,80	0,61	0,05	0,26	0,22
%50	2,82	0,70	2,44	1,19	0,04	0,21	0,16
%75	2,44	0,64	2,32	0,16	0,03	0,21	0,14
MAX(%107)	2,55	0,59	2,21	1,09	0,09	0,16	0,12
Yüklenme	H15-U L3	H17-U L3	H19-U L3	KF-I L3	H3-I L3	H5-I L3	H7-I L3
%25	0,19	0,04	0,06	13,22	2,40	7,60	3,20
%50	0,05	0,01	0,03	19,90	2,20	26,60	9,20
%75	0,06	0,04	0,07	9,96	1,80	19,95	2,70
MAX(%107)	0,05	0,04	0,07	7,58	1,00	19,00	3,80
Yüklenme	H9-I L3	H11-I L3	H13-I L3	H15-I L3	H17-I L3	H19-I L3	
%25	0,80	4,00	2,40	0,20	0,20	0,40	
%50	0,40	2,00	3,40	0,40	0,20	0,20	
%75	0,75	6,55	2,60	0,15	0,30	0,45	
MAX(%107)	0,00	5,20	1,00	0,20	0,80	0,40	

## **8.4. Metal İşleme ve İstifleme Sektörü**

### **8.4.1. Parsat Piston Dağıtım Tic. San. A.Ş. ( 2000kVA )**

#### **8.4.1.1. Fabrika hakkında genel bilgi**

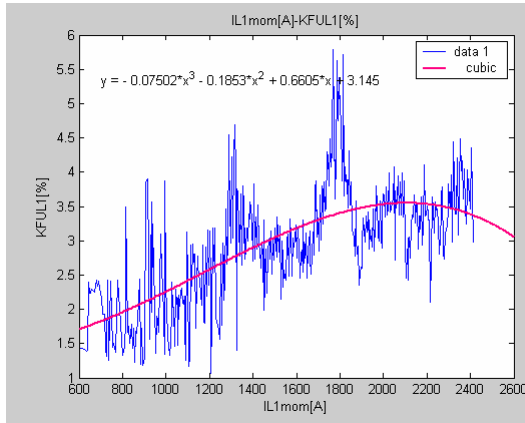
PARSAT PISTON DAGITIM TİCARET SANAYİ A.Ş. 1968'de kuruldu. PARSAT 1970 yılında ünlü Alman firması KOLBENSCHMIDT ile bir lisans anlaşması gerçekleştirerek üretimine başladı. Otuz yıllık çalışma süreci sonucunda PARSAT 2 milyon piston ve piston pini üretebilecek kapasiteye kadar geldi. 800 değişik piston tipi üretme kapasitesine sahip PARSAT'ın toplam üretiminin yüzde kırkı ihraç edilir durumdadır.

Bu çalışmada ölçüm alınan fabrika Parsat Piston Dağıtım'ın Yenibosna'daki fabrikasıdır. Ölçüm her faza ve faz-faz arası değerlere ait 3000 örnek içermektedir. Ölçüm aralıkları birer dakika olup , fabrikayı besleyen ana şalter çıkışından alınmıştır. Tek hat şemasında ayrıntılı olarak trafonun büyüklüğü , çeşidi , yüklerin gücü , ve multilog ölçüm cihazının bağlantı durumu gözükmemektedir.

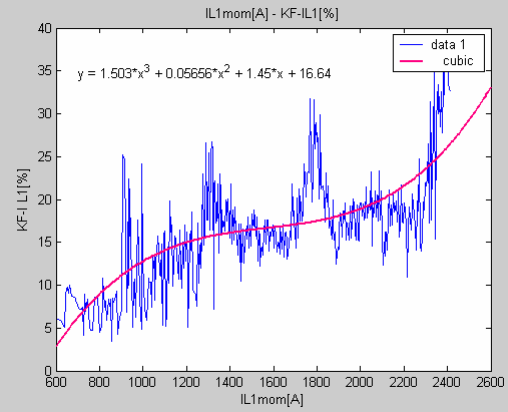


#### 8.4.1.2. Parsat Piston Dağıtım San.TicA.Ş.'ye ait ölçümler

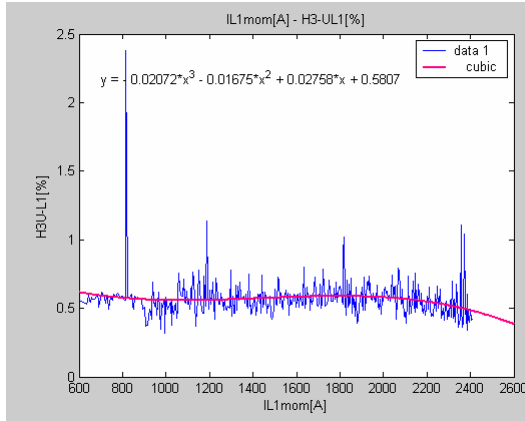
Bu bölümün içeriği L1 fazına ait faz akımına karşılık gelen sıralı harmonik değerlerin gösterilmesi içindir. Kullanılan değerler KFUL1(Toplam Harmonik Distorsiyon) , KFIL1(Toplam Akım Distorsiyonu) , akım ve gerilimin 3.,5.,7.,9.,11.,13.,15.,17.,19. harmonik değerleridir. L2 ve L3 fazlarına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.



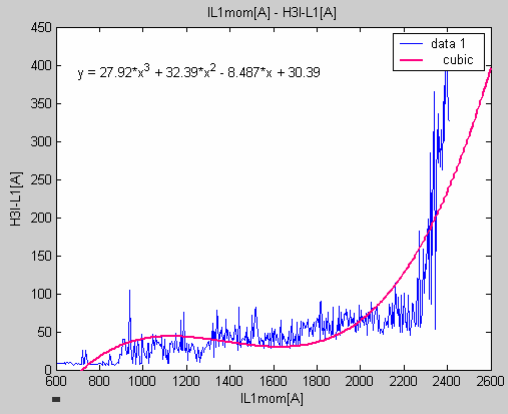
Şekil 8.212.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



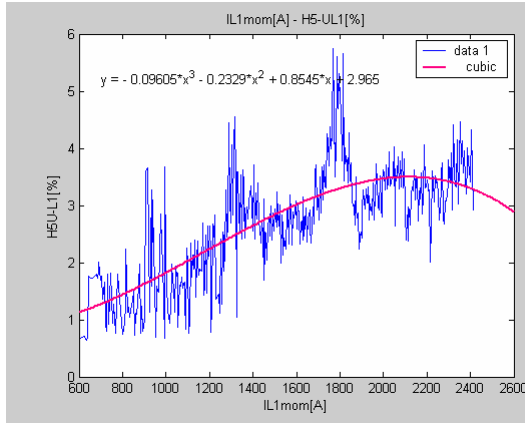
Şekil 8.213.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



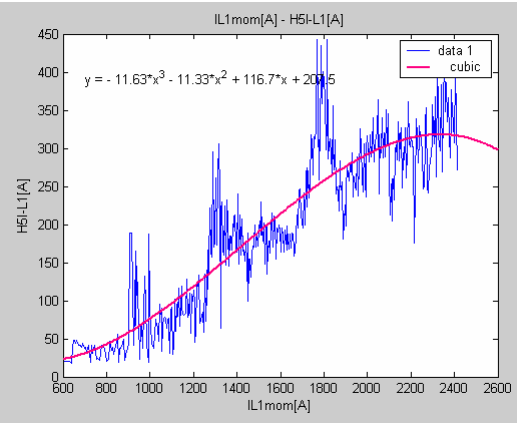
Şekil 8.214.: 3. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



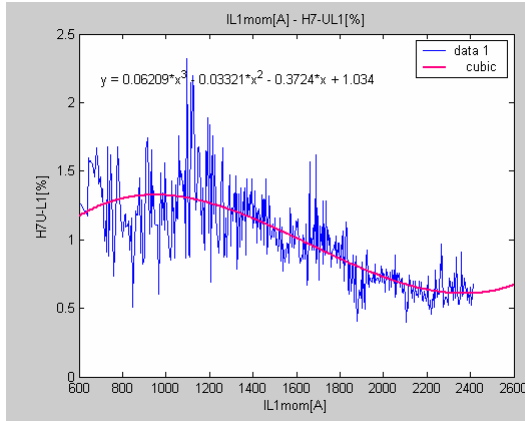
Şekil 8.215.: 3. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



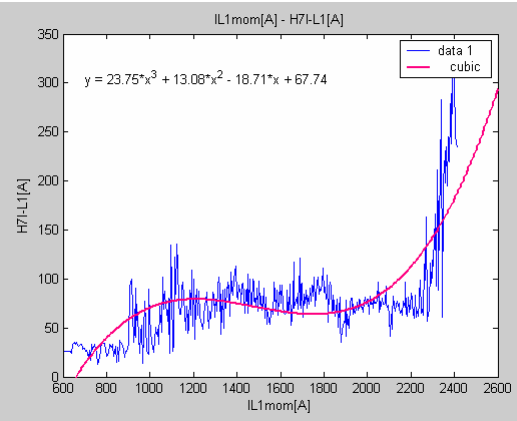
Şekil 8.216.: 5. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



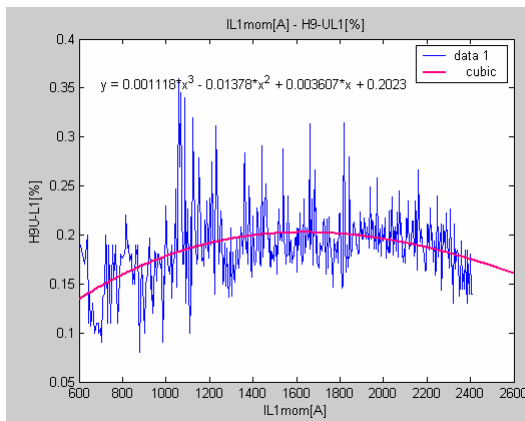
Şekil 8.217.: 5. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



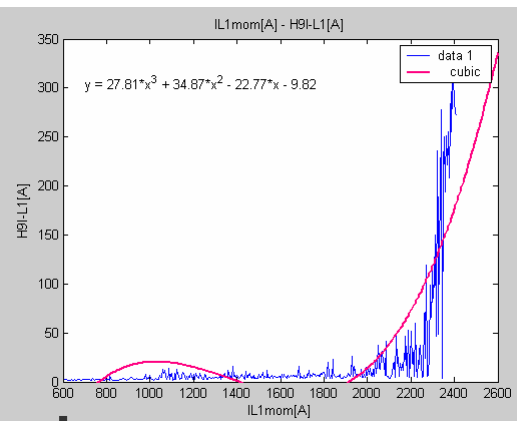
Şekil 8.218.: 7. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



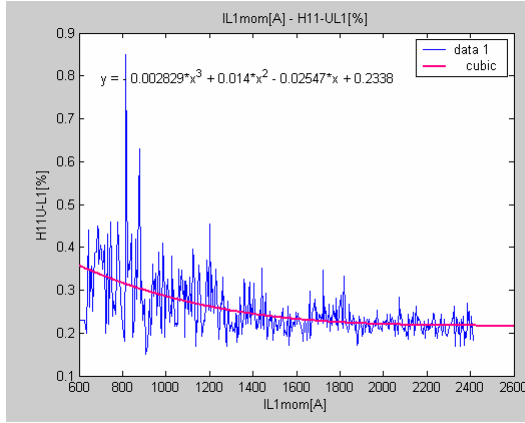
Şekil 8.219.: 7. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



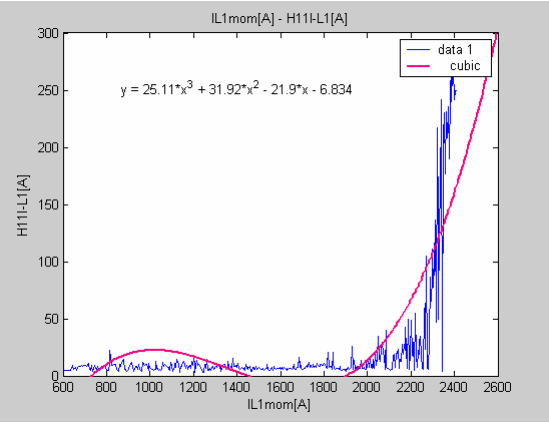
Şekil 8.220.: 9. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



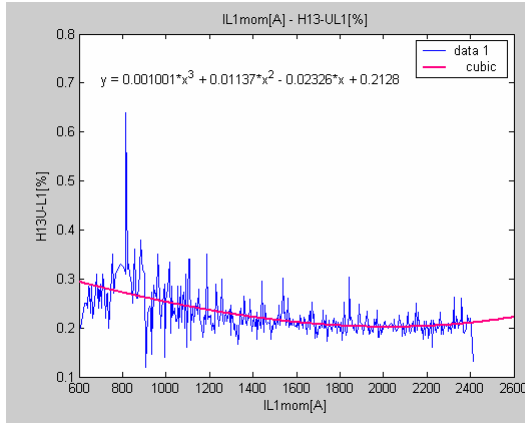
Şekil 8.221.: 9. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



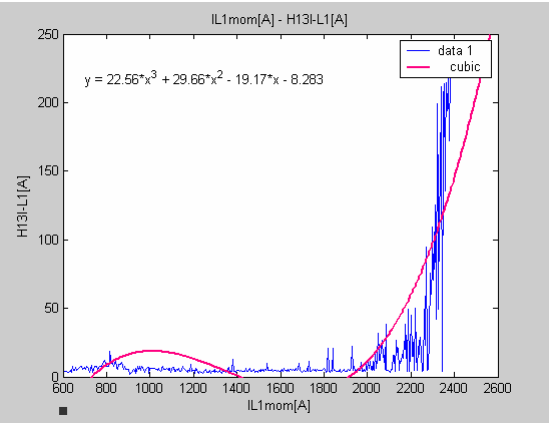
Şekil 8.222.: 11. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



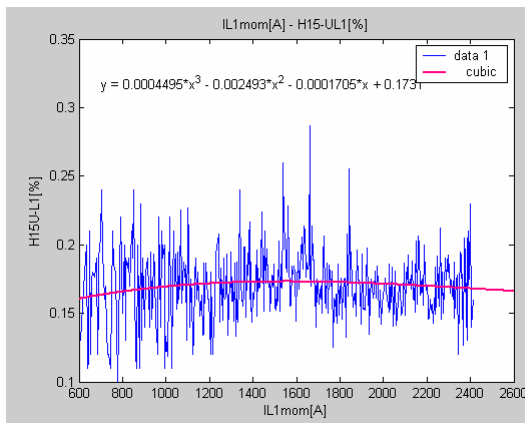
Şekil 8.223.:11.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



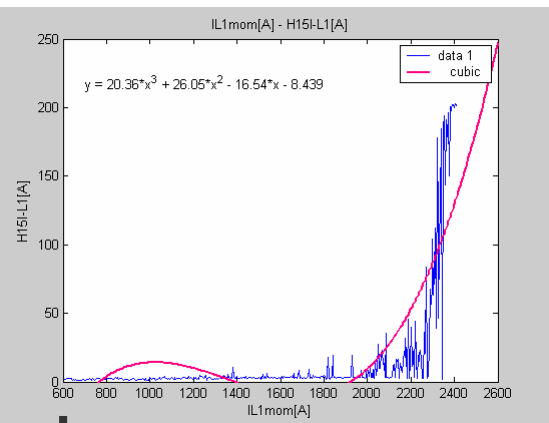
Şekil 8.224.: 13. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



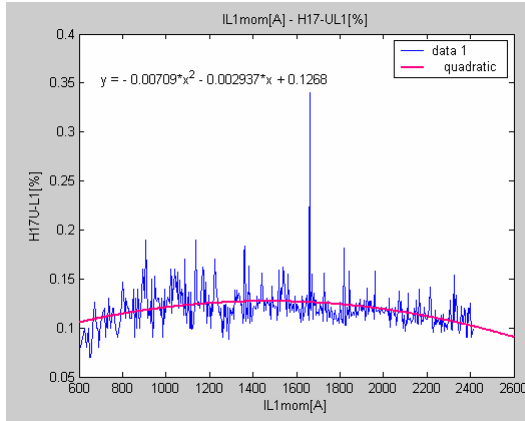
Şekil 8.225.:13.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



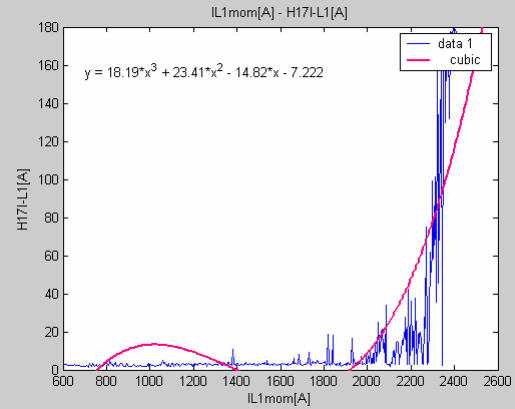
Şekil 8.226.:15.Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



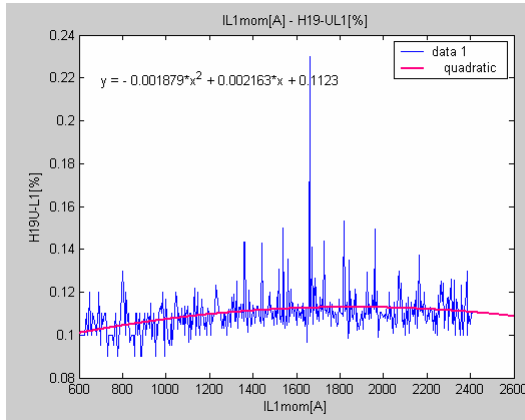
Şekil 8.227.:15.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



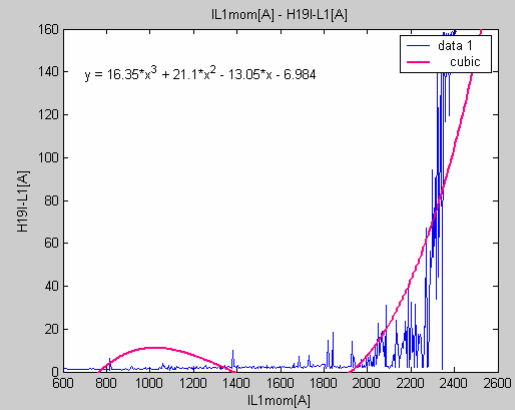
Şekil 8.228.:17.Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.229.:17.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.230.:19.Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.231.:19.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

#### 8.4.1.3.L1 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde Parsat Piston'un Yenibosna'daki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L1 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 600A ile 2600A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL1(THD-UL1) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL1 %1 ile %5.8 arasında değişen değerler almıştır. Denklem sistemi kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL1 grafik sistemine karşılık gelen

KFIL1(THD-IL1)'de kübik bir değişim göstermektedir. KFIL1 değeri %5 ile %35 mertebelerindedir. 3. gerilim harmoniği %0.4 değerinden %2.4 değerine kadar değişim göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. Bu grafik sistemi kübik polinom şeklinde değişmektedir. 3. akım harmoniği 0A ile 400A arası değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik polinom olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %0.8 seviyesinden %5.5 seviyesine kadar değişim göstermekte kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 25A seviyelerinden 450A seviyelerine kadar değerler almakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim içindedir. Burada dikkat edilecek durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.5 ile %2.25 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 20A ile 300A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.1 seviyelerinden %0.35 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkamamakta ve aynı zamanda kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte ve 0A ile 300A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Parsat Piston'a ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.2 seviyesinden %0.85 seviyelerine kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 0.0A seviyelerinden 250A seviyesine kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.15 seviyesinden %0.6 seviyesi aralığına kadar çıkmakta ve kübik bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 0.0A ile yaklaşık 230A seviyeleri aralığına kadar değişmekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği grafiklerde %0.1 seviyesinden başlayıp %0.3 seviyesi aralığında bir değişim sergilemekte ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 0.0A seviyesinden 200A seviyesi aralığına kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.08 seviyesinden %0.35 seviyesine kadar



çıkmakta ve kuadratik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği ise 0A seviyelerinden 160A seviyesine kadar bir değişim göstermiş ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.09 seviyesinden %0.22 seviyesine kadar değerler almakta ve kuadratik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 0.0A seviyesinden 140A değerlerine kadar çıkmakta ve denklem kübik polinom şeklinde değişmektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.31.'deki gibi bulunacaktır.

Tablo 8.31.: Parsat Piston L1 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L1	H3-U L1	H5-U L1	H7-U L1	H9-U L1	H11-U L1	H13-U L1
%25	2,41	0,59	1,82	1,62	0,11	0,46	0,27
%50	2,51	0,42	2,40	1,02	0,18	0,24	0,20
%75	3,11	0,54	3,06	0,51	0,19	0,24	0,20
MAX(%81)	2,96	0,43	2,91	0,68	0,14	0,18	0,13
Yüklenme	H15-U L1	H17-U L1	H19-U L1	KF-I L1	H3-I L1	H5-I L1	H7-I L1
%25	0,11	0,10	0,10	8,35	8,00	40,80	33,60
%50	0,18	0,14	0,11	14,38	39,80	170,00	71,30
%75	0,16	0,11	0,11	16,45	65,20	280,68	62,12
MAX(%81)	0,16	0,10	0,11	32,53	325,20	270,00	234,00
Yüklenme	H9-I L1	H11-I L1	H13-I L1	H15-I L1	H17-I L1	H19-I L1	
%25	2,00	9,20	8,00	1,20	2,00	1,20	
%50	3,70	8,30	4,10	2,20	2,70	1,80	
%75	22,40	22,49	22,00	19,72	18,55	17,75	
MAX(%81)	272,00	248,40	223,60	200,40	176,80	158,40	

#### 8.4.1.4.L2 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde Parsat Piston'un Yenibosna'daki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L2 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 400A ile 2200A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL2(THD-UL2) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL2 %1.1 ile %6 arasında değişen değerler almıştır. Denklem sistemi kuadratik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL2 grafik sistemine karşılık gelen KFIL2(THD-IL2)'de kuadratik bir değişim göstermektedir. KFIL2 değeri %5 ile

%22 mertebelerindedir. 3. gerilim harmoniği %0.6 değerinden %1.4 değerine kadar değişim göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. Bu grafik sistemi kübik polinom şeklinde değişmektedir. 3. akım harmoniği 10A ile 100A arası değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik polinom olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %1 seviyesinden %6 seviyesine kadar değişim göstermekte kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 25A seviyelerinden 400A seviyelerine kadar değerler almakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim içindedir. Burada dikkat edilecek durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.5 ile %2.5 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 10A ile 140A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.08 seviyelerinden %0.48 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkamamakta ve aynı zamanda kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte ve 2.5A ile 30A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Parsat Piston'a ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.15 seviyesinden %0.52 seviyelerine kadar çıkmakta kuadratik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 4A seviyelerinden 30A seviyesine kadar çıkmakta kuadratik polinom şeklinde bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.12 seviyesinden %0.3 seviyesi aralığına kadar çıkmakta ve kübik bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 2A ile yaklaşık 22A seviyeleri aralığına kadar değişmekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği grafiklerde %0.09 seviyesinden başlayıp %0.24 seviyesi aralığında bir değişim sergilemekte ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 1A seviyesinden 17A seviyesi aralığına kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.07 seviyesinden %0.21 seviyesine kadar çıkmakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 17.

akım harmoniği ise 1A seviyelerinden 18A seviyesine kadar bir değişim göstermiş ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.09 seviyesinden %0.15 seviyesine kadar değerler almakta ve kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 1A seviyesinden 18A değerlerine kadar çıkmakta ve denklem kübik polinom şeklinde değişmektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.32.'deki gibi bulunacaktır.

Tablo 8.32: Parsat Pistaon L2 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L2	H3-U L2	H5-U L2	H7-U L2	H9-U L2	H11-U L2	H13-U L2
%25	1,42	0,62	0,72	1,19	0,17	0,36	0,25
%50	3,10	0,90	2,80	1,05	0,18	0,23	0,25
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%73)	5,43	0,86	5,37	0,46	0,11	0,25	0,23
Yüklenme	H15-U L2	H17-U L2	H19-U L2	KF-I L2	H3-I L2	H5-I L2	H7-I L2
%25	0,22	0,10	0,11	6,53	21,60	22,40	31,60
%50	0,22	0,15	0,12	14,48	55,20	145,45	93,08
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%73)	0,14	0,11	0,10	21,74	32,00	354,40	85,20
Yüklenme	H9-I L2	H11-I L2	H13-I L2	H15-I L2	H17-I L2	H19-I L2	
%25	3,20	8,40	4,80	1,60	1,60	1,20	
%50	5,83	7,85	4,68	3,53	3,13	2,43	
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
MAX(%73)	4,40	6,00	4,40	2,00	3,60	2,00	

#### 8.4.1.5.L3 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde Parsat Piston'un Yenibosna'daki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L3 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 600A ile 2400A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL3(THD-UL3) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL3 %1 ile %50 arasında değişen değerler almıştır. Denklem sistemi kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL3 grafik sistemine karşılık gelen KFIL3(THD-IL3)'de kübik bir değişim göstermektedir. KFIL3 değeri %5 ile %30 mertebelerindedir. 3. gerilim harmoniği %1 değerinden %20 değerine kadar değişim

göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. Bu grafik sistemi kübik polinom şeklinde değişmektedir. 3. akım harmoniği 10A ile 240A arası değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik polinom olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %0.0 seviyesinden %45 seviyesine kadar değişim göstermekte kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 10A seviyelerinden 300A seviyelerine kadar değerler almakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim içindedir. Burada dikkat edilecek durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0 ile %16 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 20A ile 150A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.0 seviyelerinden %4.5 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkmakta ve aynı zamanda kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte ve 0.0A ile 240A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Parsat Piston'a ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.5 seviyesinden %5.5 seviyelerine kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 0.0A seviyelerinden 160A seviyesine kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.5 seviyesinden %5 seviyesi aralığına kadar çıkmakta ve kübik bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 5A ile yaklaşık 110A seviyeleri aralığına kadar değişmekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği grafiklerde %0.0 seviyesinden başlayıp %4 seviyesi aralığında bir değişim sergilemekte ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 0A seviyesinden 90A seviyesi aralığına kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.0 seviyesinden %2.7 seviyesine kadar çıkmakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği ise 0A seviyelerinden 80A seviyesine kadar bir değişim göstermiş ve kübik polinom

şeklinde bir değişim göstermiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.3 seviyesinden %2.6 seviyesine kadar değerler almakta ve kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 0.0A seviyesinden 70A değerlerine kadar çıkmakta ve denklem kübik polinom şeklinde değişmektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.33.'deki gibi bulunacaktır.

Tablo 8.33.: Parsat Piston L3 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L3	H3-U L3	H5-U L3	H7-U L3	H9-U L3	H11-U L3	H13-U L3
%25	7,48	1,91	5,06	5,53	0,46	1,53	0,92
%50	17,60	6,01	15,37	7,48	1,84	1,80	1,71
%75	14,36	7,40	12,25	3,28	1,50	1,97	1,90
MAX(%79)	5,46	4,18	3,55	1,01	0,56	0,60	0,53
Yüklenme	H15-U L3	H17-U L3	H19-U L3	KF-I L3	H3-I L3	H5-I L3	H7-I L3
%25	0,43	0,25	0,31	37,15	19,60	118,80	217,60
%50	1,35	0,97	0,91	114,63	388,00	1018,40	668,80
%75	1,48	1,04	0,96	60,69	347,20	802,80	581,60
MAX(%79)	0,31	0,27	0,20	61,93	498,80	621,60	507,20
Yüklenme	H9-I L3	H11-I L3	H13-I L3	H15-I L3	H17-I L3	H19-I L3	
%25	12,80	39,60	18,00	4,00	6,40	4,00	
%50	84,80	54,80	44,00	30,00	27,60	20,00	
%75	64,40	57,60	48,00	29,60	23,20	17,20	
MAX(%79)	458,00	342,40	232,40	199,60	174,40	154,40	

## **8.4.2. Astaş Aliminyum San. ve Tic.A.Ş.**

### **8.4.2.1. Fabrika hakkında genel bilgi**

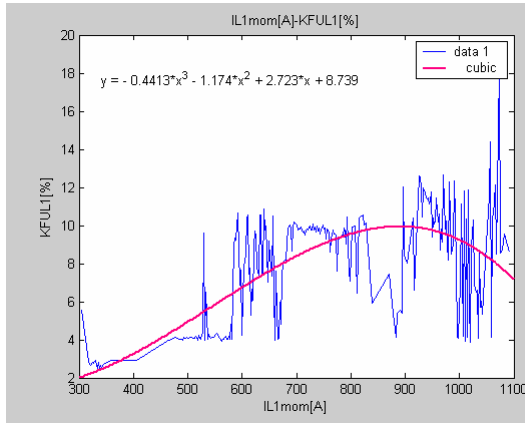
1974 yılında kurulmuştur. Şu anda 2 ayrı fabrika olarak hizmet vermektedir. Bunlardan ilki Avcılarda , ikincisi Çorlu Misinli'de imalatına devam etmektedir. Ölçümler çorlu Misinli'deki fabrikadan alınmıştır. Fabrika 2 ana bölümden oluşmaktadır. Bunlar eloksal ve profil'dir. Türkiye'nin en modern aliminyum işleme tesislerinden biridir.

Bu çalışmada ölçüm alınan fabrika Astaş Aliminyum San. ve Tic.A.Ş.'nin Çorlu 'daki fabrikasıdır. Ölçüm her faza ve faz-faz arası değerlere ait 3000 örnek içermektedir. Ölçüm aralıkları birer dakika olup , fabrikayı besleyen ana şalter çıkışından alınmıştır. Tek hat şemasında ayrıntılı olarak trafonun büyüklüğü , çeşidi , yüklerin gücü , ve multilog ölçüm cihazının bağlantı durumu gözükmektedir.

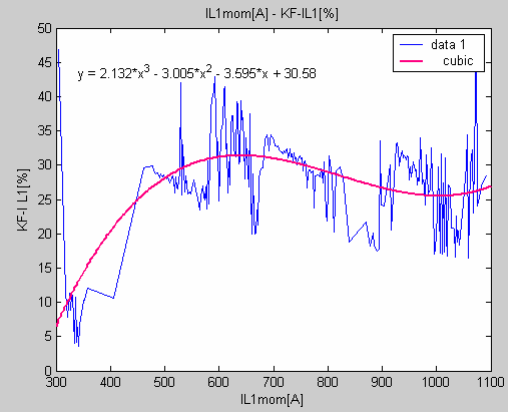


#### 8.4.2.2. Astaş Aliminyum Profil Kısımı'na ait ölçümler ( 1600kVA )

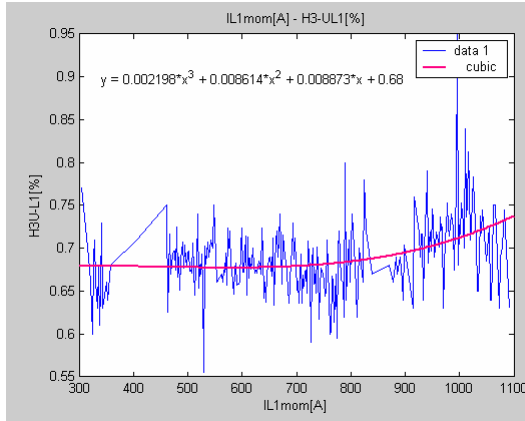
Bu bölümün içeriği L1 fazına ait faz akımına karşılık gelen sıralı harmonik değerlerin gösterilmesi içindir. Kullanılan değerler KFUL1(Toplam Harmonik Distorsiyon) , KFIL1(Toplam Akım Distorsiyonu) , akım ve gerilimin 3.,5.,7.,9.,11.,13.,15.,17.,19. harmonik değerleridir. L2 ve L3 fazlarına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.



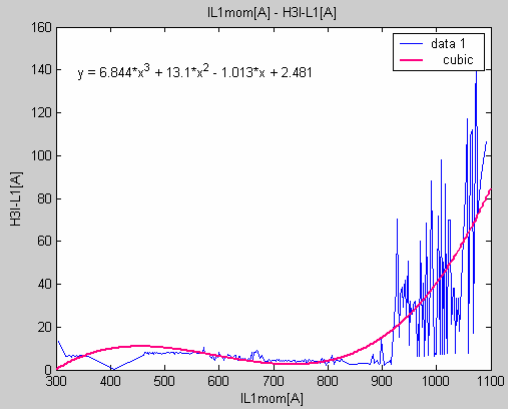
Şekil 8.233.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.234.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

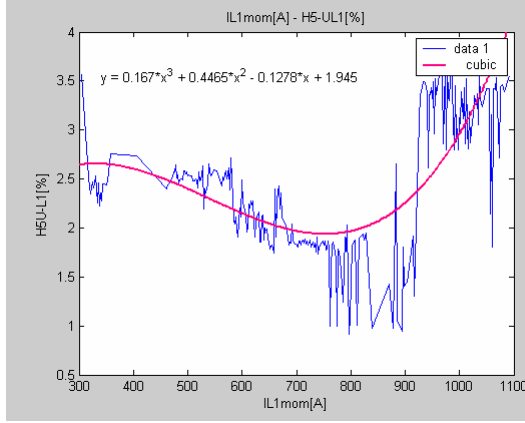


Şekil 8.235.: 3. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

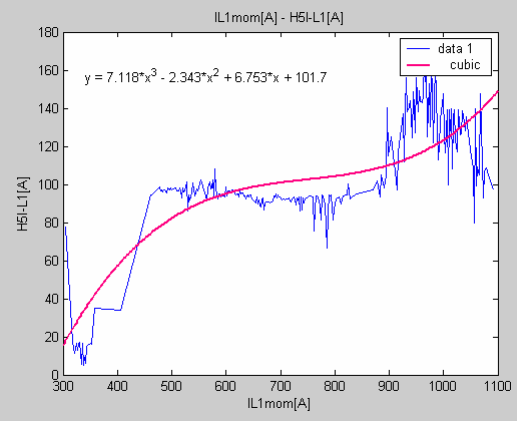


Şekil 8.236.: 3. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

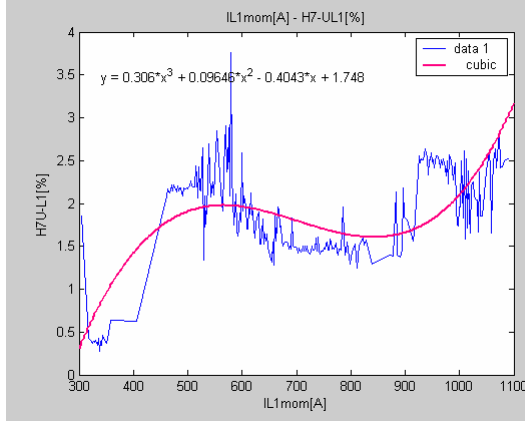




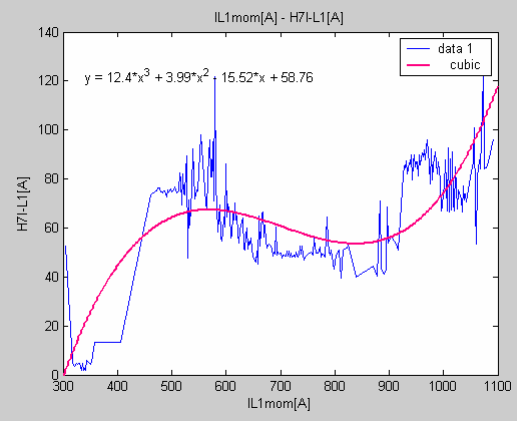
Şekil 8.237.: 5. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



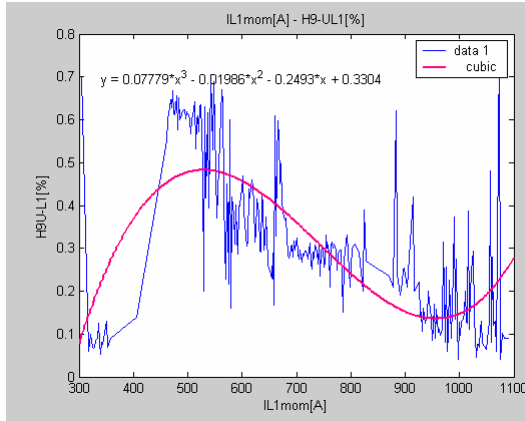
Şekil 8.238.: 5. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



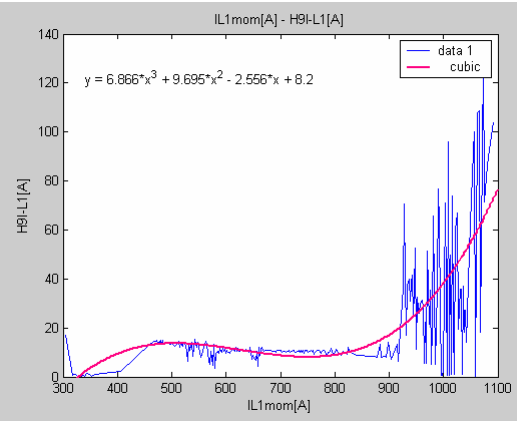
Şekil 8.239.: 7. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



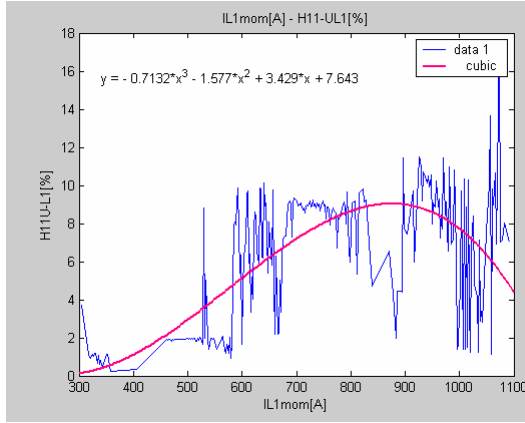
Şekil 8.240.: 7. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



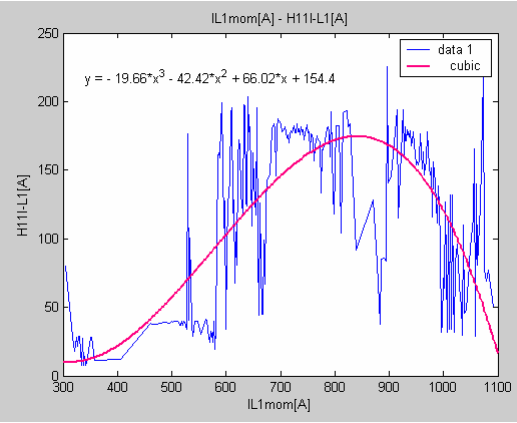
Şekil 8.241.: 9. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



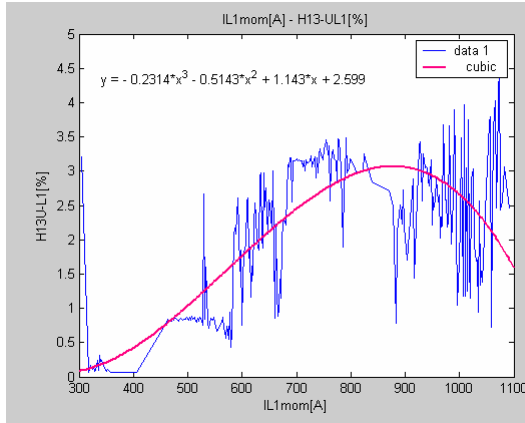
Şekil 8.242.: 9. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



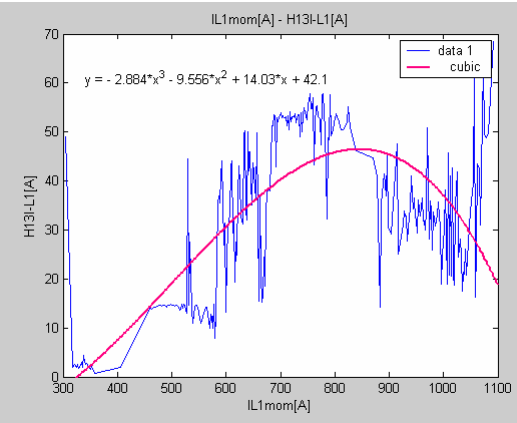
Şekil 8.243.: 11. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



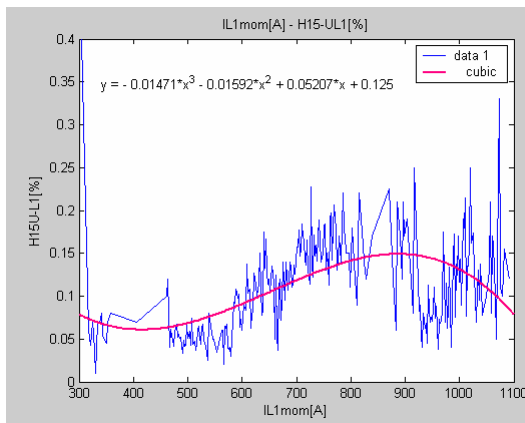
Şekil 8.244.:11.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



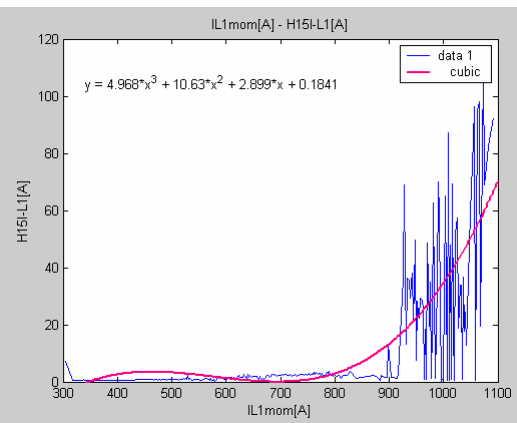
Şekil 8.245.: 13. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



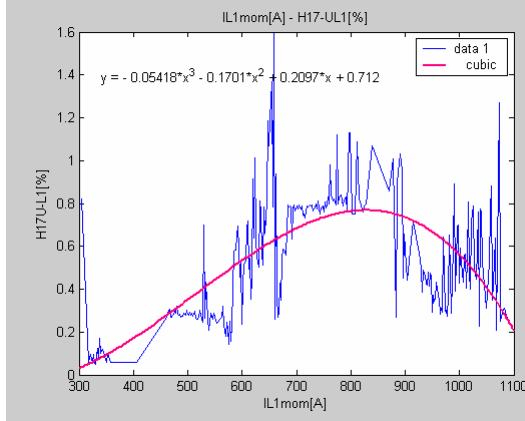
Şekil 8.246.:13.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



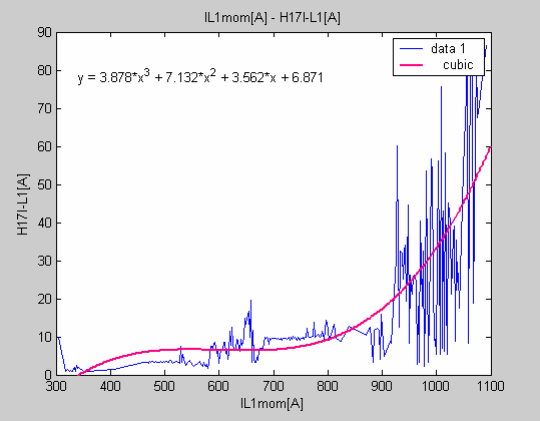
Şekil 8.247.:15.Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



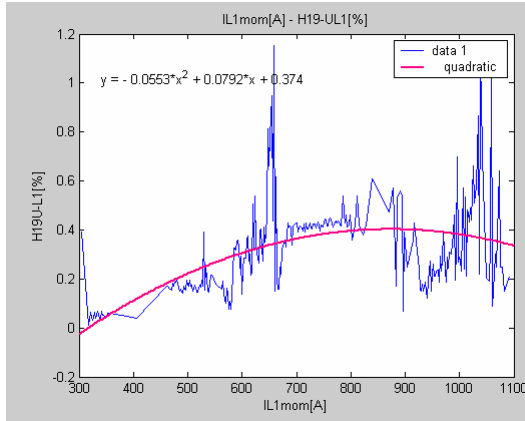
Şekil 8.248.:15.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



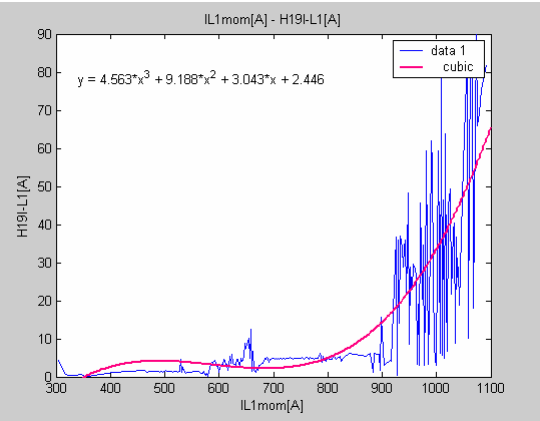
Şekil 8.249.:17.Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.250.:17.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.251.:19.Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.252.:19.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

#### 8.4.2.3.L1 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde Astaş Alüminyum Profil Fabrikası'nın Çorlu'daki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L1 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 300A ile 1100A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL1(THD-UL1) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL1 %3 ile %18 arasında değişen değerler almıştır. Denklem sistemi kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL1

grafik sistemine karşılık gelen KFİL1(THD-İL1)'de kübik bir değişim göstermektedir. KFİL1 değeri %5 ile %45 mertebelerindedir. 3. gerilim harmoniği %0.55 değerinden %0.9 değerine kadar değişim göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. Bu grafik sistemi kübik polinom şeklinde değişmektedir. 3. akım harmoniği 0A ile 140A arası değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik polinom olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %1 seviyesinden %3.5 seviyesine kadar değişim göstermekte kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 10A seviyelerinden 160A seviyelerine kadar değerler almakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim içindedir. Burada dikkat edilecek durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.5 ile %3.8 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 0.0A ile 120A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.05 seviyelerinden %0.7 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkamamakta ve aynı zamanda kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte ve 0A ile 120A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Astaş Alüminyum Profil Fabrikasına ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.0 seviyesinden %16 seviyelerine kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 10A seviyelerinden 210A seviyesine kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.0 seviyesinden %4.5 seviyesi aralığına kadar çıkmakta ve kübik bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 0.0A ile yaklaşık 60A seviyeleri aralığına kadar değişmekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği grafiklerde %0.02 seviyesinden başlayıp %0.4 seviyesi aralığında bir değişim sergilemekte ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 0.0A seviyesinden 100A seviyesi aralığına kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem

sistemimize karşılık gelen grafikte %0.1 seviyesinden %1.6 seviyesine kadar çıkmakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği ise 0A seviyelerinden 80A seviyesine kadar bir değişim göstermiş ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.0 seviyesinden %1.1 seviyesine kadar değerler almakta ve kuadratik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 0.0A seviyesinden 80A değerlerine kadar çıkmakta ve denklem kübik polinom şeklinde değişmektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.34.'deki gibi bulunacaktır.

Tablo 8.34.: Astaş Profil L1 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L1	H3-U L1	H5-U L1	H7-U L1	H9-U L1	H11-U L1	H13-U L1
%25	6,87	0,66	2,20	1,88	0,40	5,38	1,54
%50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%45)	8,62	0,63	3,55	2,53	0,09	7,02	2,45
Yüklenme	H15-U L1	H17-U L1	H19-U L1	KF-I L1	H3-I L1	H5-I L1	H7-I L1
%25	0,06	0,46	0,24	31,39	6,52	94,16	64,40
%50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%45)	0,12	0,23	0,21	28,52	107,00	97,00	96,60
Yüklenme	H9-I L1	H11-I L1	H13-I L1	H15-I L1	H17-I L1	H19-I L1	
%25	10,64	108,12	26,84	0,88	5,76	2,76	
%50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
MAX(%45)	104,20	49,80	68,60	92,60	86,60	82,00	

#### 8.4.2.4.L2 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde Astaş Alüminyum Profil Fabrikası'nın Çorlu'daki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L3 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 200A ile 1100A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL2(THD-UL2) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL2 %2.5 ile %14 arasında değişen değerler almıştır. Denklem sistemi kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL2 grafik sistemine karşılık gelen KFIL2(THD-IL2)'de kübik bir değişim

göstermektedir. KFİL2 değeri %5 ile %45 mertebelerindedir. 3. gerilim harmoniği %0.32 değerinden %0.65 değerine kadar değişim göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. Bu grafik sistemi kuadratik polinom şeklinde değişmektedir. 3. akım harmoniği 9A ile 100A arası değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik polinom olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %0.8 seviyesinden %3.8 seviyesine kadar değişim göstermekte kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 10A seviyelerinden 160A seviyelerine kadar değerler almakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim içindedir. Burada dikkat edilecek durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.5 ile %4 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 0.0A ile 140A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.1 seviyelerinden %1.2 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkamakta ve aynı zamanda kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte ve 0A ile 100A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Astaş Alüminyum Profil Fabrikasına ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %1 seviyesinden %12 seviyelerine kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 8A seviyelerinden 180A seviyesine kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.0 seviyesinden %5 seviyesi aralığına kadar çıkmakta ve kübik bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 0.0A ile yaklaşık 55A seviyeleri aralığına kadar değişmekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği grafiklerde %0.05 seviyesinden başlayıp %0.5 seviyesi aralığında bir değişim sergilemekte ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 0.0A seviyesinden 90A seviyesi aralığına kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.2 seviyesinden %2.3 seviyesine kadar

çıkmakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği ise 3A seviyelerinden 80A seviyesine kadar bir değişim göstermiş ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.1 seviyesinden %1.3 seviyesine kadar değerler almakta ve kuadratik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 0.0A seviyesinden 80A değerlerine kadar çıkmakta ve denklem kübik polinom şeklinde değişmektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.35.'deki gibi bulunacaktır.

Tablo 8.35: Astaş Profil L2 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L2	H3-U L2	H5-U L2	H7-U L2	H9-U L2	H11-U L2	H13-U L2
%25	6,32	0,48	2,11	1,84	0,33	4,97	1,61
%50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%45)	4,16	0,63	3,26	1,61	0,22	1,18	0,64
Yüklenme	H15-U L2	H17-U L2	H19-U L2	KF-I L2	H3-I L2	H5-I L2	H7-I L2
%25	0,21	0,56	0,21	28,26	6,63	93,03	62,58
%50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%45)	0,16	0,78	1,09	16,42	3,20	142,00	63,40
Yüklenme	H9-I L2	H11-I L2	H13-I L2	H15-I L2	H17-I L2	H19-I L2	
%25	10,25	93,38	28,65	2,83	6,38	2,35	
%50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
MAX(%45)	3,60	27,60	12,60	1,80	9,40	10,00	

#### 8.4.2.5.L3 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde Astaş Alüminyum Profil Fabrikası'nın Çorlu'daki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L3 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 300A ile 1100A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL3(THD-UL3) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL3 %3 ile %13 arasında değişen değerler almıştır. Denklem sistemi kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL3 grafik sistemine karşılık gelen KFIL3(THD-IL3)'de kübik bir değişim göstermektedir. KFIL3 değeri %4 ile %35 mertebelerindedir. 3. gerilim harmoniği

%0.45 değerinden %0.7 değerine kadar değişim göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. Bu grafik sistemi kuadratik polinom şeklinde değişmektedir. 3. akım harmoniği 10A ile 100A arası değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik polinom olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %1 seviyesinden %3.5 seviyesine kadar değişim göstermekte kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 10A seviyelerinden 170A seviyelerine kadar değerler almakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim içindedir. Burada dikkat edilecek durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.4 ile %3 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 5A ile 105A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.1 seviyelerinden %0.6 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkamamakta ve aynı zamanda kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte ve 0A ile 100A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Astaş Aliminyum Profil Fabrikasına ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.5 seviyesinden %9 seviyelerine kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 10A seviyelerinden 190A seviyesine kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.0 seviyesinden %7 seviyesi aralığına kadar çıkmakta ve kübik bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 5A ile yaklaşık 88A seviyeleri aralığına kadar değişmekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği grafiklerde %0.0 seviyesinden başlayıp %0.4 seviyesi aralığında bir değişim sergilemekte ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 0.0A seviyesinden 90A seviyesi aralığına kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.1 seviyesinden %1.5 seviyesine kadar çıkmakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği



ise 0.0A seviyelerinden 70A seviyesine kadar bir değişim göstermiş ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.0 seviyesinden %2 seviyesine kadar değerler almakta ve kuadratik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 0.0A seviyesinden 80A değerlerine kadar çıkmakta ve denklem kübik polinom şeklinde değişmektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.36.'daki gibi bulunacaktır.

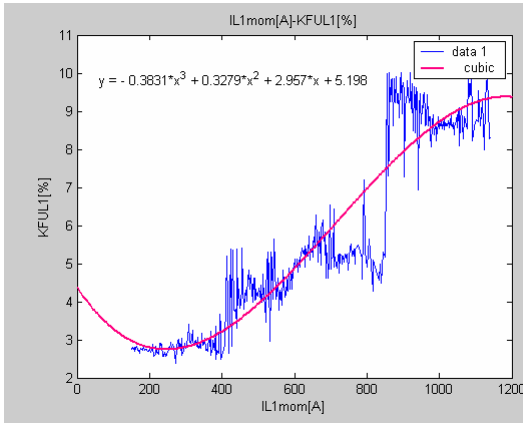
Tablo 8.36.: Astaş Profil L3 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L3	H3-U L3	H5-U L3	H7-U L3	H9-U L3	H11-U L3	H13-U L3
%25	7,52	0,59	2,03	1,78	0,39	5,94	3,33
%50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%45)	8,53	0,62	3,34	2,48	0,19	6,18	4,13
Yüklenme	H15-U L3	H17-U L3	H19-U L3	KF-I L3	H3-I L3	H5-I L3	H7-I L3
%25	0,20	0,71	0,47	31,94	8,75	91,45	62,10
%50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%45)	0,14	0,35	0,10	23,35	72,80	114,80	75,20
Yüklenme	H9-I L3	H11-I L3	H13-I L3	H15-I L3	H17-I L3	H19-I L3	
%25	6,90	120,95	56,03	3,65	8,20	4,60	
%50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
MAX(%45)	76,80	59,40	7,40	70,80	64,00	66,80	

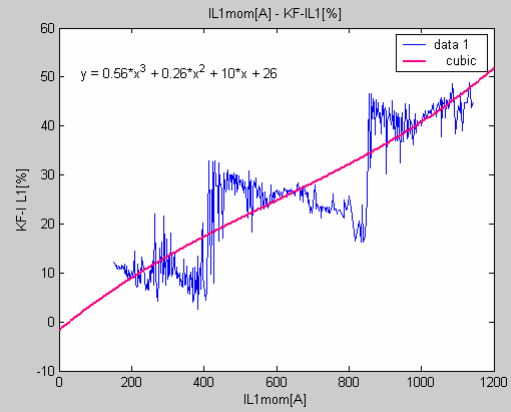


#### 8.4.2.6. Astaş Aliminyum Eloksal Kısım'na ait ölçümler ( 1250kVA )

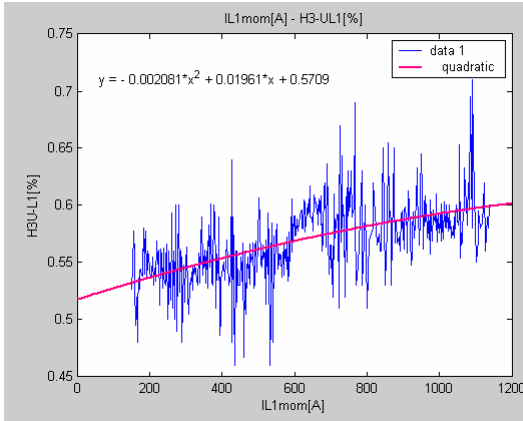
Bu bölümün içeriği L1 fazına ait faz akımına karşılık gelen sıralı harmonik değerlerin gösterilmesi içindir. Kullanılan değerler KFUL1(Toplam Harmonik Distorsiyon) , KFIL1(Toplam Akım Distorsiyonu) , akım ve gerilimin 3.,5.,7.,9.,11.,13.,15.,17.,19. harmonik değerleridir. L2 ve L3 fazlarına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.



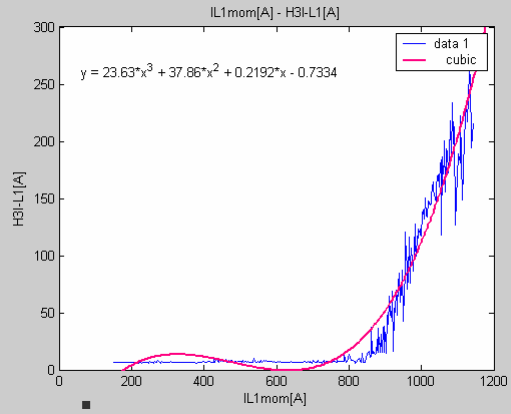
Şekil 8.254.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



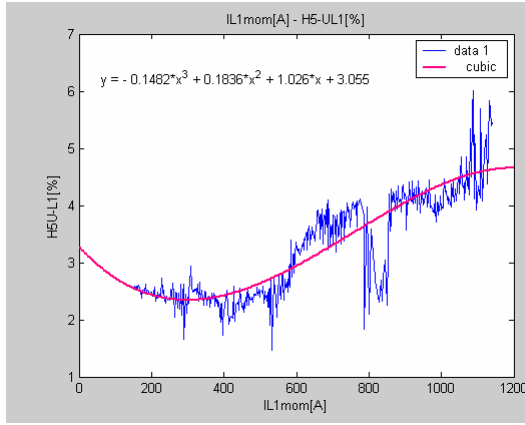
Şekil 8.255.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



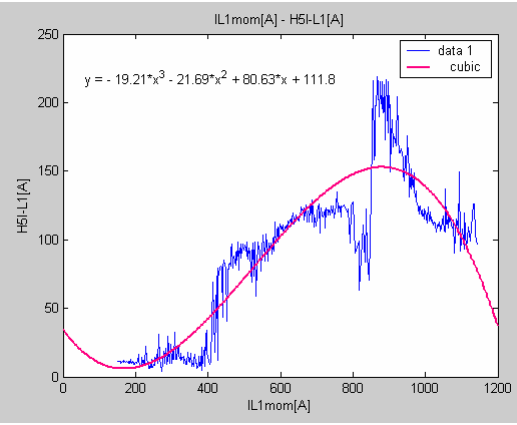
Şekil 8.256.: 3. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



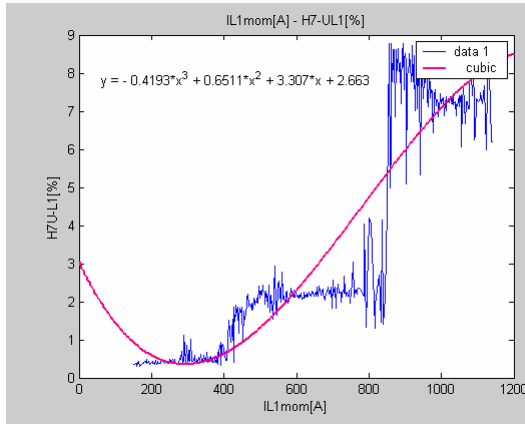
Şekil 8.257.: 3. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



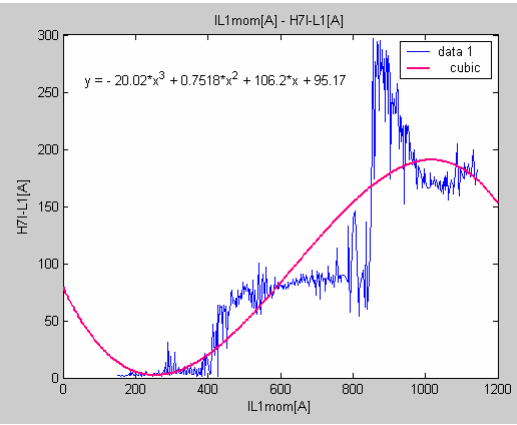
Şekil 8.258.: 5. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



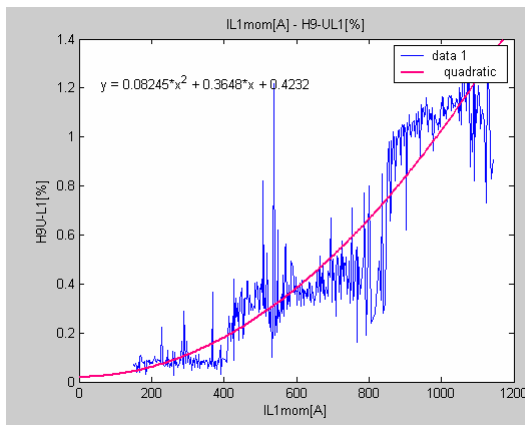
Şekil 8.259.: 5. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



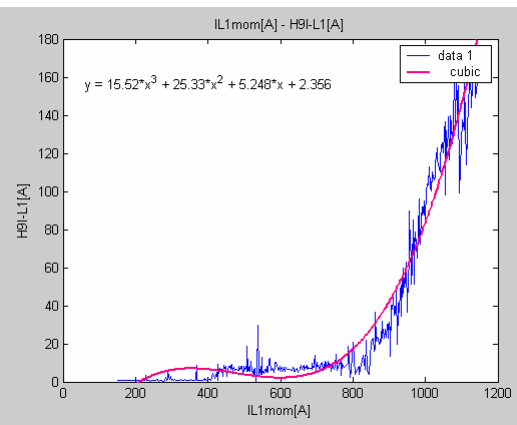
Şekil 8.260.: 7. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



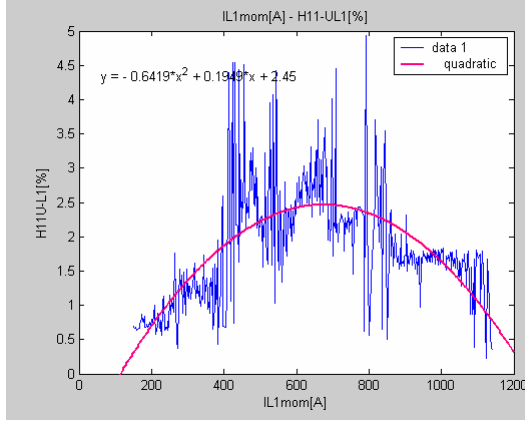
Şekil 8.261.: 7. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



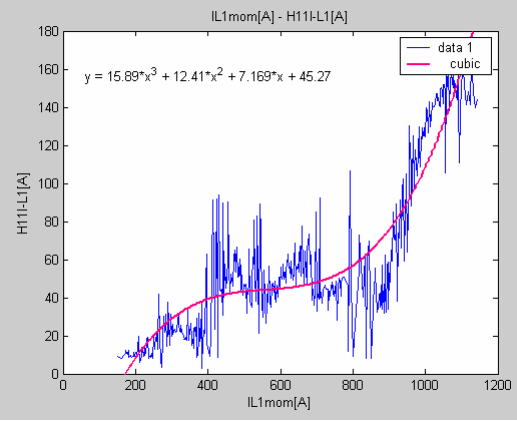
Şekil 8.262.: 9. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



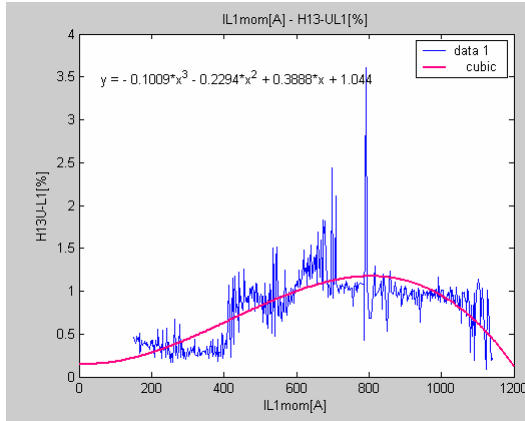
Şekil 8.263.: 9. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



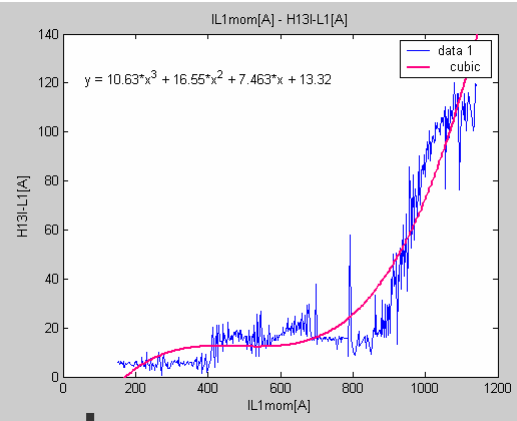
Şekil 8.264.: 11. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



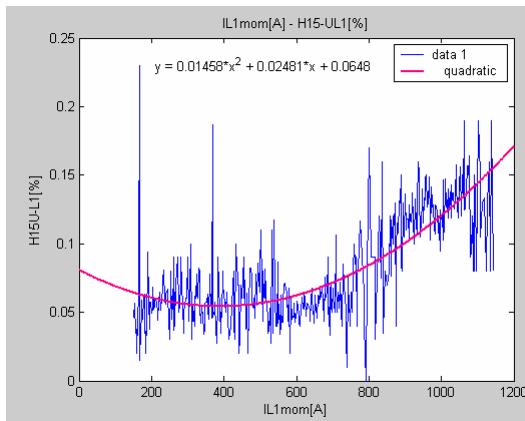
Şekil 8.265.:11.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



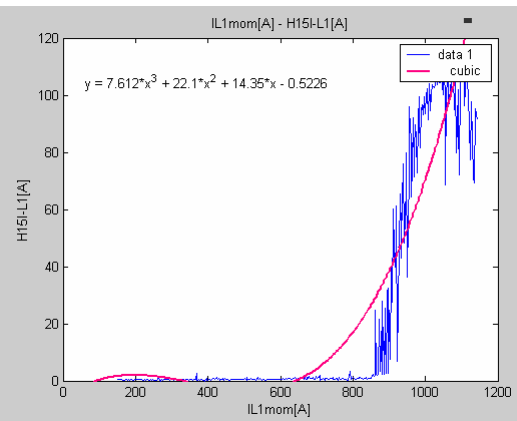
Şekil 8.266.: 13. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



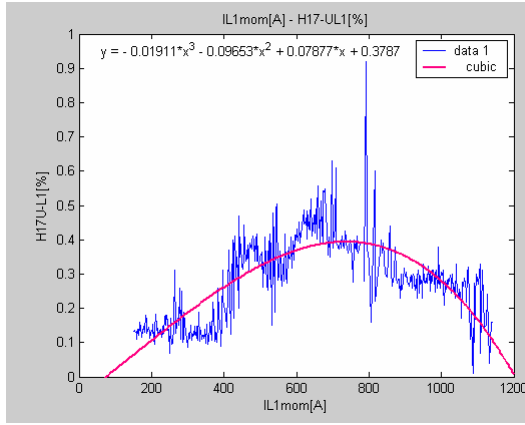
Şekil 8.267.:13.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



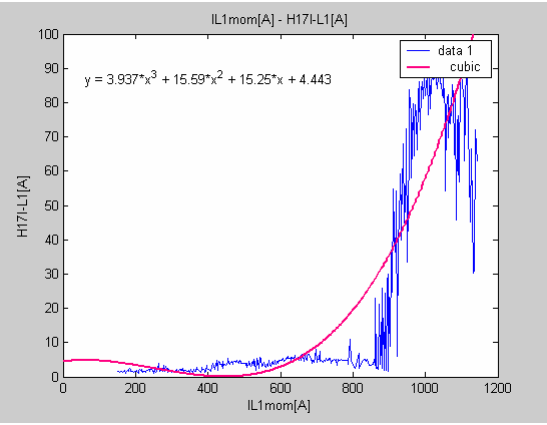
Şekil 8.268.:15.Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



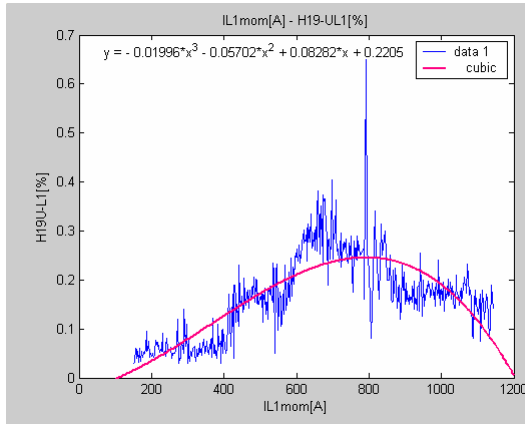
Şekil 8.269.:15.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



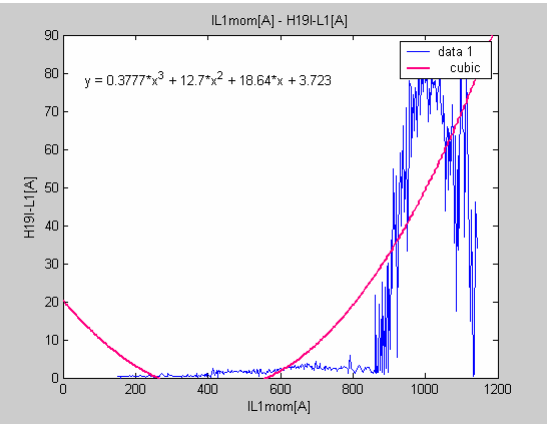
Şekil 8.270.:17.Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.271.:17.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.272.:19.Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.273.:19.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

#### 8.4.2.7.L1 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde Astaş Alüminyum Eloksal Fabrikası'nın Çorlu'daki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L1 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 0A ile 1200A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL1(THD-UL1) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL1 %2.5 ile %10 arasında değişen değerler almıştır. Denklem sistemi kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL1 grafik sistemine karşılık gelen KFIL1(THD-IL1)'de kübik bir değişim

göstermektedir. KFİL1 değeri %5 ile %50 mertebelerindedir. 3. gerilim harmoniği %0.48 değerinden %0.7 değerine kadar değişim göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. Bu grafik sistemi kuadratik polinom şeklinde değişmektedir. 3. akım harmoniği 10A ile 250A arası değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik polinom olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %1.5 seviyesinden %6 seviyesine kadar değişim göstermekte kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 10A seviyelerinden 230A seviyelerine kadar değerler almakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim içindedir. Burada dikkat edilecek durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.5 ile %8.8 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 0A ile 300A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.1 seviyelerinden %1.2 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkmakta ve aynı zamanda kuadratik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte ve 0A ile 150A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Astaş Aliminyum Eloksal Fabrikasına ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.5 seviyesinden %4.9 seviyelerine kadar çıkmakta kuadratik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 10A seviyelerinden 160A seviyesine kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.3 seviyesinden %3.5 seviyesi aralığına kadar çıkmakta ve kübik bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 10A ile yaklaşık 120A seviyeleri aralığına kadar değişmekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği grafiklerde %0.0 seviyesinden başlayıp %0.22 seviyesi aralığında bir değişim sergilemekte ve kuadratik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 0.0A seviyesinden 110A seviyesi aralığına kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.0 seviyesinden %0.9 seviyesine kadar

çıkmakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği ise 5A seviyelerinden 90A seviyesine kadar bir değişim göstermiş ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.05 seviyesinden %0.65 seviyesine kadar değerler almakta ve kübik bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 0.0A seviyesinden 80A değerlerine kadar çıkmakta ve denklem kübik polinom şeklinde değişmektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.37.'deki gibi bulunacaktır.

Tablo 8.37.: Astaş Eloksal L1 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L1	H3-U L1	H5-U L1	H7-U L1	H9-U L1	H11-U L1	H13-U L1
%25	4,30	0,51	2,51	2,19	0,41	2,43	0,94
%50	9,24	0,58	4,08	8,04	1,04	1,61	0,86
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%69)	8,75	0,56	4,70	7,21	1,04	1,23	0,43
Yüklenme	H15-U L1	H17-U L1	H19-U L1	KF-I L1	H3-I L1	H5-I L1	H7-I L1
%25	0,02	0,39	0,18	31,12	6,90	96,50	77,10
%50	0,11	0,23	0,14	41,34	61,80	166,44	228,00
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%69)	0,10	0,11	0,05	58,07	218,60	242,20	170,00
Yüklenme	H9-I L1	H11-I L1	H13-I L1	H15-I L1	H17-I L1	H19-I L1	
%25	9,20	50,10	16,90	0,50	4,50	2,10	
%50	50,80	80,12	49,48	52,80	47,32	46,96	
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
MAX(%69)	321,20	128,80	47,40	130,20	88,00	32,60	

#### 8.4.2.8.L2 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde Astaş Alüminyum Eloksal Fabrikası'nın Çorlu'daki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L2 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 0A ile 1200A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL2(THD-UL2) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL2 %2.5 ile %11 arasında değişen değerler almıştır. Denklem sistemi kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL2 grafik sistemine karşılık gelen KFIL2(THD-IL2)'de kübik bir değişim göstermektedir. KFIL2 değeri %3 ile %50 mertebelerindedir. 3. gerilim harmoniği



%0.2 değerinden %0.75 değerine kadar değişim göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. Bu grafik sistemi kuadratik polinom şeklinde değişmektedir. 3. akım harmoniği 0.0A ile 300A arası değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik polinom olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %1.5 seviyesinden %6 seviyesine kadar değişim göstermekte kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 20A seviyelerinden 240A seviyelerine kadar değerler almakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim içindedir. Burada dikkat edilecek durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.5 ile %10 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 0.0A ile 300A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.1 seviyelerinden %1 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkmakta ve aynı zamanda kuadratik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte ve 0A ile 210A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Astaş Aliminyum Eloksal Fabrikasına ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.8 seviyesinden %5 seviyelerine kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 10A seviyelerinden 140A seviyesine kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.1 seviyesinden %1.8 seviyesi aralığına kadar çıkmakta ve kübik bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 10A ile yaklaşık 120A seviyeleri aralığına kadar değişmekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği grafiklerde %0.03 seviyesinden başlayıp %0.25 seviyesi aralığında bir değişim sergilemekte ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 0.0A seviyesinden 100A seviyesi aralığına kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.1 seviyesinden %0.65 seviyesine kadar çıkmakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği ise 0.0A seviyelerinden 80A seviyesine

kadar bir değişim göstermiş ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.0 seviyesinden %0.25 seviyesine kadar değerler almakta ve kuadratik oplinom şeklinde bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 0.0A seviyesinden 80A değerlerine kadar çıkmakta ve denklem kübik polinom şeklinde değişmektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.38.'deki gibi bulunacaktır.

Tablo 8.38.: Astaş Eloksal L2 fazı yüklenme cetveli

Yüklenme	KF-U L2	H3-U L2	H5-U L2	H7-U L2	H9-U L2	H11-U L2	H13-U L2
%25	3,58	0,43	2,32	1,72	0,57	1,88	0,61
%50	10,50	0,45	4,52	9,33	0,70	1,67	0,59
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%71)	9,15	0,38	4,67	7,65	0,89	1,62	0,58
Yüklenme	H15-U L2	H17-U L2	H19-U L2	KF-I L2	H3-I L2	H5-I L2	H7-I L2
%25	0,13	0,28	0,06	24,96	5,80	82,20	58,40
%50	0,16	0,29	0,04	46,70	84,04	176,58	252,09
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%71)	0,33	0,23	0,04	70,29	302,00	264,00	268,80
Yüklenme	H9-I L2	H11-I L2	H13-I L2	H15-I L2	H17-I L2	H19-I L2	
%25	18,60	34,00	10,20	1,00	3,80	0,80	
%50	88,85	80,40	58,49	63,20	57,95	56,07	
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
MAX(%71)	335,00	65,60	52,00	30,80	96,20	71,40	

#### 8.4.2.9.L3 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde Astaş Aliminyum Eloksal Fabrikası'nın Çorlu'daki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L3 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 0A ile 1200A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL3(THD-UL3) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL3 %2.5 ile %11.5 arasında değişen değerler almıştır. Denklem sistemi kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL3 grafik sistemine karşılık gelen KFIL3(THD-IL3)'de kuadratik bir değişim göstermektedir. KFIL3 değeri %5 ile %50 mertebelerindedir. 3. gerilim harmoniği %0.2 değerinden %0.75 değerine kadar değişim göstermektedir. Standartlarda bu

değer %1.5 olarak yerini almıştır. Bu grafik sistemi lineer bir denklem şeklinde değişmektedir. 3. akım harmoniği 0.0A ile 300A arası değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik polinom olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %1.5 seviyesinden %6 seviyesine kadar değişim göstermekte kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 10A seviyelerinden 220A seviyelerine kadar değerler almakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim içindedir. Burada dikkat edilecek durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.5 ile %10 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 5A ile 325A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.1 seviyelerinden %1 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkmakta ve aynı zamanda kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte ve 0A ile 220A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Astaş Alüminyum Eloksal Fabrikasına ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.5 seviyesinden %5 seviyelerine kadar çıkmakta kuadratik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 8A seviyelerinden 140A seviyesine kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.1 seviyesinden %1.8 seviyesi aralığına kadar çıkmakta ve kübik bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 0A ile yaklaşık 120A seviyeleri aralığına kadar değişmekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği grafiklerde %0.02 seviyesinden başlayıp %0.25 seviyesi aralığında bir değişim sergilemekte ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 0.0A seviyesinden 100A seviyesi aralığına kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.1 seviyesinden %0.65 seviyesine kadar çıkmakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği ise 0.0A seviyelerinden 80A seviyesine kadar bir değişim göstermiş ve kübik

polinom şeklinde bir değişim göstermiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.0 seviyesinden %0.25 seviyesine kadar değerler almakta ve kübik oplinom şeklinde bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 0.0A seviyesinden 80A değerlerine kadar çıkmakta ve denklem kuadratik polinom şeklinde değişmektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.39.'daki gibi bulunacaktır.

Tablo 8.39.: Astaş Eloksal L3 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L3	H3-U L3	H5-U L3	H7-U L3	H9-U L3	H11-U L3	H13-U L3
%25	28,41	5,01	14,56	10,61	3,49	18,50	6,12
%50	80,40	5,79	41,06	65,95	1,76	13,49	7,26
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%70)	8,65	0,99	4,47	7,18	0,31	1,46	0,78
Yüklenme	H15-U L3	H17-U L3	H19-U L3	KF-I L3	H3-I L3	H5-I L3	H7-I L3
%25	0,31	2,07	1,20	166,77	50,40	479,80	347,40
%50	0,69	1,58	1,09	370,93	816,80	1342,60	1642,80
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%70)	0,08	0,17	0,10	48,17	305,80	97,00	204,60
Yüklenme	H9-I L3	H11-I L3	H13-I L3	H15-I L3	H17-I L3	H19-I L3	
%25	77,60	364,20	107,40	7,80	25,80	11,00	
%50	797,00	874,00	624,20	641,80	587,60	557,00	
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
MAX(%70)	192,80	127,20	58,40	16,40	23,20	49,00	

### **8.4.3. Yasan Yassı Metal San.Tic.A.Ş. (1000kVA)**

#### **8.4.3.1. Fabrika hakkında genel bilgi**

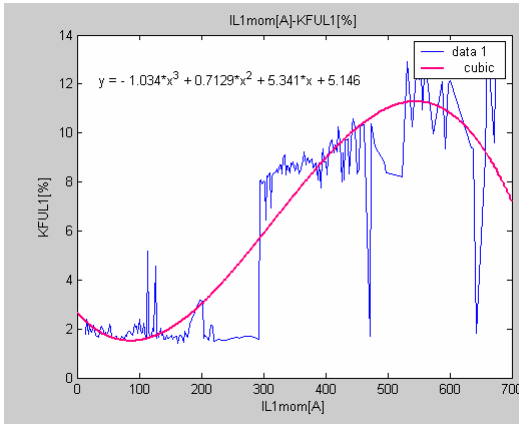
Yasan Yassı Metal San.Tic.A.Ş. geçmişı son 30 seneye dayanan bir firmadır. Organize Sanayi Bolgesi , Yukari Dudullu'da üretimini sürdürmektedir. Üretimlerinden bazıları sanayi boruları ,kare profiller, dikdörtgen profiller ve açık profillerdir.

Bu çalışmada ölçüm alınan fabrika Yasan Yassı Metal San.Tic.A.Ş.'nin Dudullu'daki fabrikasıdır. Ölçüm her faza ve faz-faz arası değerlere ait 3000 örnek içermektedir. Ölçüm aralıkları birer dakika olup , fabrikayı besleyen ana şalter çıkışından alınmıştır. Tek hat şemasında ayrıntılı olarak trafonun büyüklüğü , çeşidi , yüklerin gücü , ve multilog ölçüm cihazının bağlantı durumu gözükmektedir.

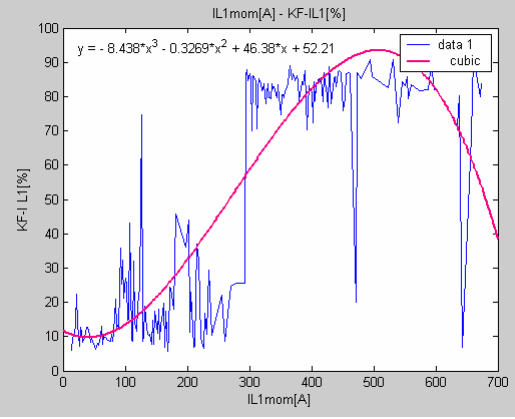


### 8.4.3.2. Yasan Yassı Metal San.Tic.A.Ş.'ye ait ölçümler

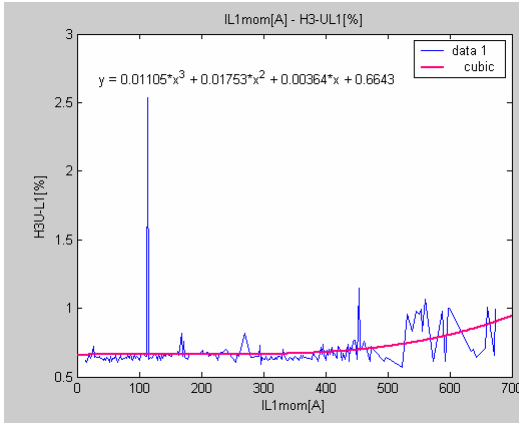
Bu bölümün içeriği L1 fazına ait faz akımına karşılık gelen sıralı harmonik değerlerin gösterilmesi içindir. Kullanılan değerler KFUL1(Toplam Harmonik Distorsiyon) , KFIL1(Toplam Akım Distorsiyonu) , akım ve gerilimin 3.,5.,7.,9.,11.,13.,15.,17.,19. harmonik değerleridir. L2 ve L3 fazlarına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.



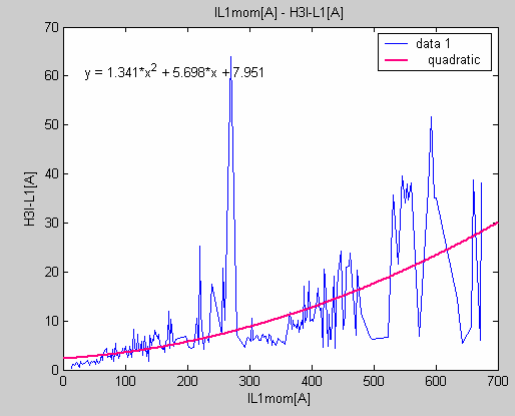
Şekil 8.275.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



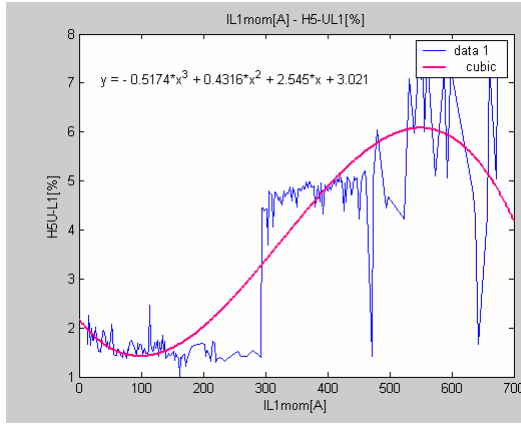
Şekil 8.276.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



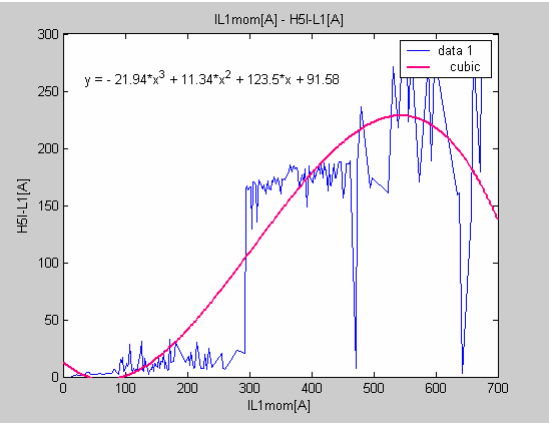
Şekil 8.277.: 3. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



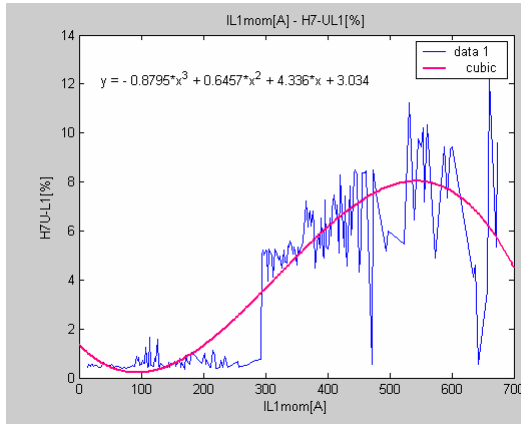
Şekil 8.278.: 3. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



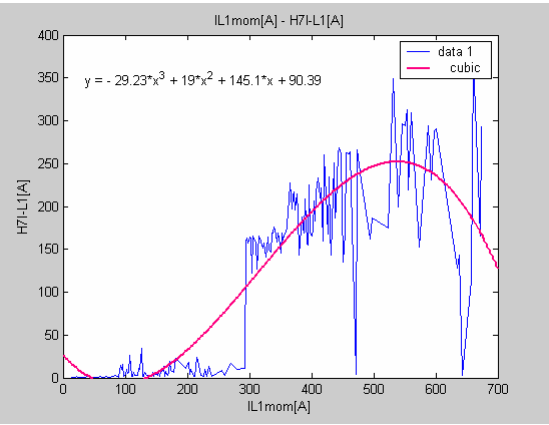
Şekil 8.279.: 5. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



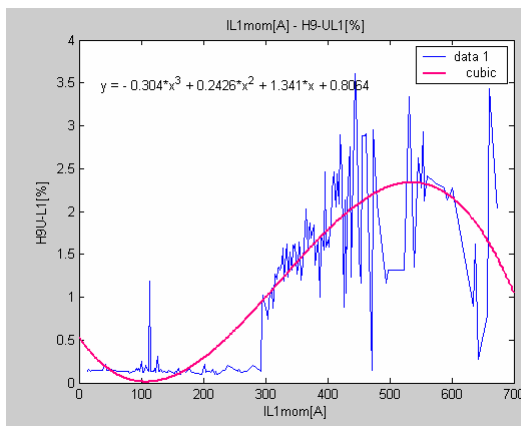
Şekil 8.280.: 5. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



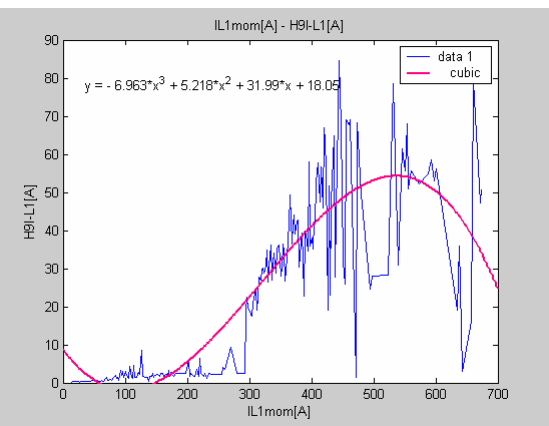
Şekil 8.281.: 7. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.282.: 7. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

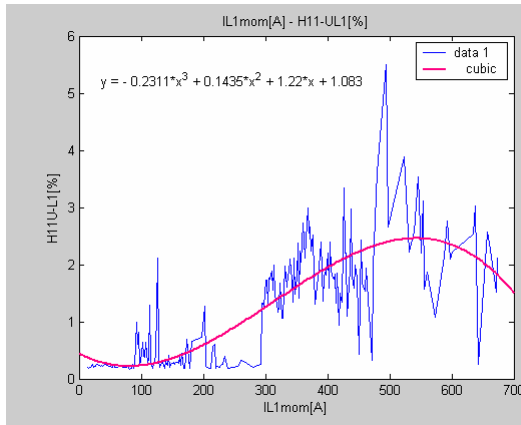


Şekil 8.283.: 9. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

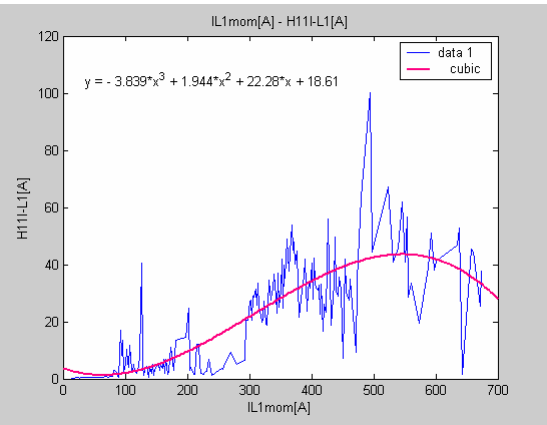


Şekil 8.284.: 9. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

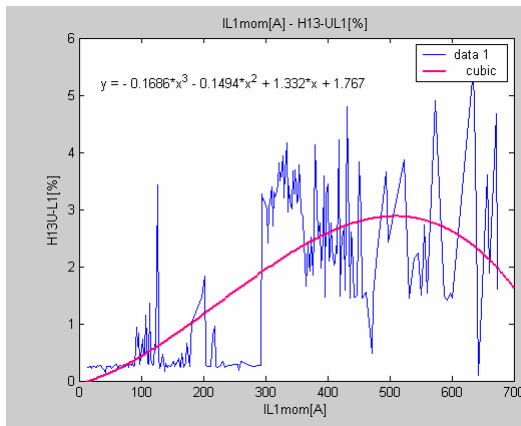




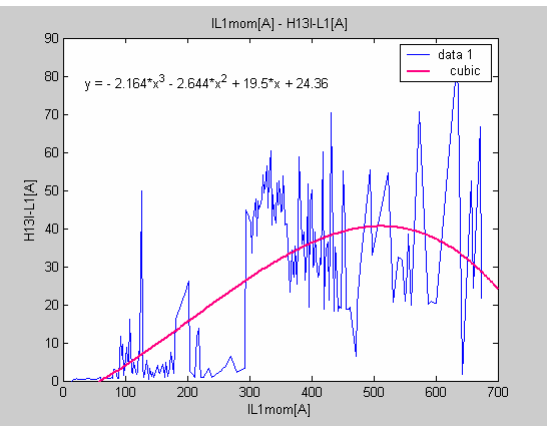
Şekil 8.285.: 11. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



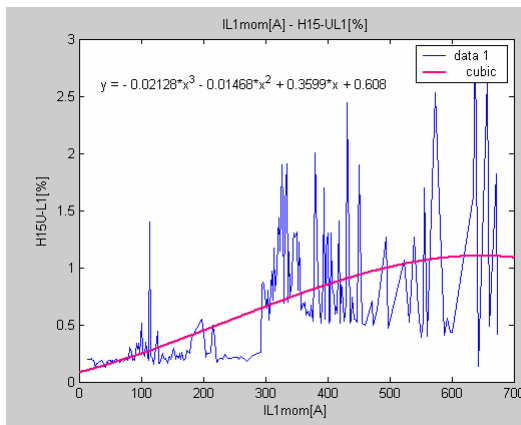
Şekil 8.286.:11.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



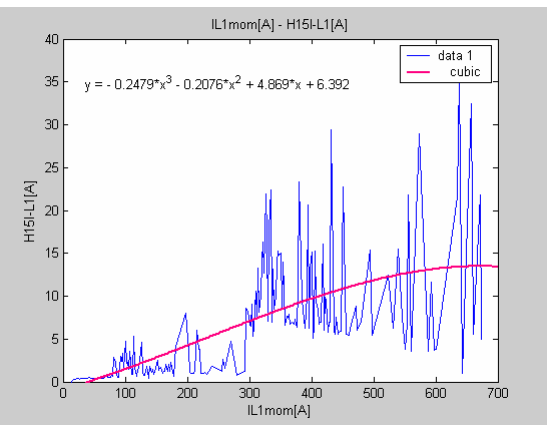
Şekil 8.287.: 13. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



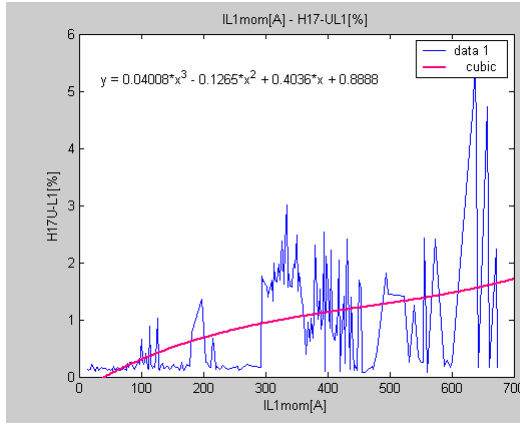
Şekil 8.288.:13.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



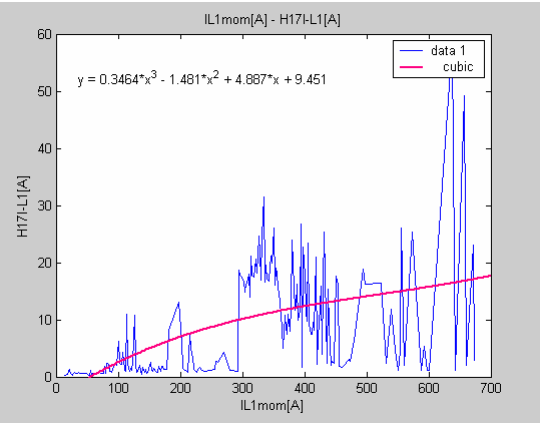
Şekil 8.289.:15.Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



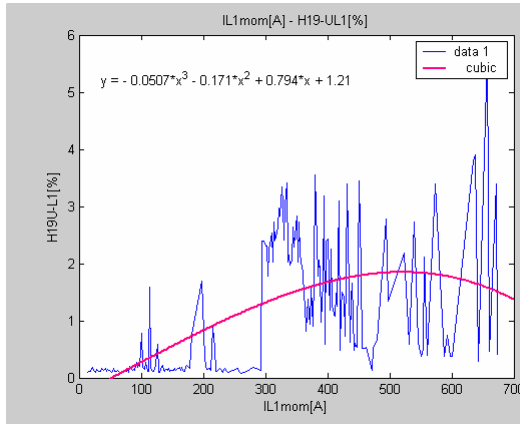
Şekil 8.290.:15.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



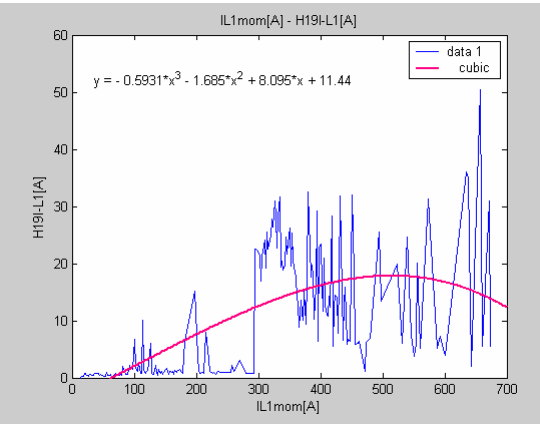
Şekil 8.291.:17.Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.292.:17.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.293.:19.Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.294.:19.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

#### 8.4.3.3.L1 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde Yasan Yassı Metal Sanayi'nin Kocaeli Organize Sanayi'deki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L1 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 0A ile 700A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL1(THD-UL1) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL1 %2 ile %13 arasında değişen değerler almıştır. Denklem sistemi kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL1 grafik sistemine karşılık gelen KFIL1(THD-IL1)'de kübik bir değişim

göstermektedir. KFİL1 değeri %9 ile %90 mertebelerindedir. 3. gerilim harmoniği %0.6 değerinden %2.5 değerine kadar değişim göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. Bu grafik sistemi kübik olarak değişmektedir. 3. akım harmoniği 0A ile 65A arası değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kuadratik olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %1 seviyesinden %7 seviyesine kadar değişim göstermekte kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 0A seviyelerinden 270A seviyelerine kadar değerler almakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim içindedir. Burada dikkat edilecek durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.5 ile %12 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 0.0A ile 350A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.2 seviyelerinden %3.5 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkmakta ve aynı zamanda kübik bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte ve 0A ile 85A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Yasan yassı metal'e ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.2 seviyesinden %5.5 seviyelerine kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 0A seviyelerinden 100A seviyesine kadar çıkmakta kübik bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.2 seviyesinden %5 seviyesi aralığına kadar çıkmakta ve kübik bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 0.0A ile yaklaşık 80A seviyeleri aralığına kadar değişmekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği grafiklerde %0.3 seviyesinden başlayıp %2.6 seviyesi aralığında bir değişim sergilemekte ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 0.0A seviyesinden 35A seviyesi aralığına kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.2 seviyesinden %5 seviyesine kadar çıkmakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği ise 0A seviyelerinden 50A seviyesine kadar bir değişim göstermiş ve

kübik polinom şeklinde bir değişim göstermiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.2 seviyesinden %5 seviyesine kadar değerler almakta ve kübik bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 0.0A seviyesinden 50A değerlerine kadar çıkmakta ve denklem kübik polinom şeklinde değişmektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.40.'daki gibi bulunacaktır.

Tablo 8.40.: Yasan Yassı Hadde L1 fazı yüklenme cetveli

Yüklenme	KF-U L1	H3-U L1	H5-U L1	H7-U L1	H9-U L1	H11-U L1	H13-U L1
%25	8,99	0,64	4,99	6,82	1,86	2,66	1,93
%50	10,97	0,84	6,00	7,17	2,12	1,57	2,73
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%54)	9,66	0,64	5,19	7,66	2,25	2,66	1,59
Yüklenme	H15-U L1	H17-U L1	H19-U L1	KF-I L1	H3-I L1	H5-I L1	H7-I L1
%25	0,57	0,61	0,94	86,24	9,00	184,40	216,65
%50	1,70	2,44	2,12	79,38	34,60	223,20	219,70
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%54)	0,65	0,36	0,70	92,87	59,60	202,80	243,20
Yüklenme	H9-I L1	H11-I L1	H13-I L1	H15-I L1	H17-I L1	H19-I L1	
%25	44,18	47,96	27,20	6,73	7,40	10,02	
%50	50,90	28,60	38,50	21,80	26,10	20,10	
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
MAX(%54)	60,40	47,80	23,40	8,00	10,00	9,40	

#### 8.4.3.4.L2 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde Yasan Yassı Metal Sanayi'nin Kocaeli Organize Sanayi'deki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L2 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 0A ile 700A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL2(THD-UL2) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL2 %3 ile %14 arasında değişen değerler almıştır. Denklem sistemi kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL2 grafik sistemine karşılık gelen KFIL2(THD-IL2)'de kübik bir değişim göstermektedir. KFIL2 değeri %5 ile %88 mertebelerindedir. 3. gerilim harmoniği %0.6 değerinden %1.5 değerine kadar değişim göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. Bu grafik sistemi kübik olarak değişmektedir. 3.

akım harmoniği 0A ile 60A arası değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik polinom şeklinde bir değişim göstermiştir. 5.gerilim harmoniği %1 seviyesinden %8 seviyesine kadar değişim göstermekte kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 0A seviyelerinden 300A seviyelerine kadar değerler almakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim içindedir. Burada dikkat edilecek durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.5 ile %11 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 0.0A ile 350A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.1 seviyelerinden %2.6 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkmakta ve aynı zamanda kübik bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte ve 0A ile 70A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Yasan yassı metal'e ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.1 seviyesinden %4.5 seviyelerine kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 0A seviyelerinden 90A seviyesine kadar çıkmakta kübik bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.3 seviyesinden %3.2 seviyesi aralığına kadar çıkmakta ve kübik bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 0.0A ile yaklaşık 50A seviyeleri aralığına kadar değişmekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği grafiklerde %0.1 seviyesinden başlayıp %5.1 seviyesi aralığında bir değişim sergilemekte ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 0.0A seviyesinden 70A seviyesi aralığına kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.0 seviyesinden %11 seviyesine kadar çıkmakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği ise 0A seviyelerinden 120A seviyesine kadar bir değişim göstermiş ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.0 seviyesinden %4.5 seviyesine

kadar değerler almakta ve kübik bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 0.0A seviyesinden 44A değerlerine kadar çıkmakta ve denklem kübik polinom şeklinde değişmektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.41.'daki gibi bulunacaktır.

Tablo 8.41.: Yasan Yassı Hadde L2 fazı yüklenme cetveli

Yüklenme	KF-U L2	H3-U L2	H5-U L2	H7-U L2	H9-U L2	H11-U L2	H13-U L2
%25	41,00	3,33	26,07	26,99	3,87	9,37	8,95
%50	11,83	0,74	4,00	3,24	0,29	2,72	1,85
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%61)	4,59	1,89	3,81	2,67	0,60	1,08	0,96
Yüklenme	H15-U L2	H17-U L2	H19-U L2	KF-I L2	H3-I L2	H5-I L2	H7-I L2
%25	2,48	10,77	7,31	401,03	40,00	984,40	902,60
%50	4,23	8,43	4,19	59,87	12,20	152,60	114,00
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%61)	0,63	0,39	0,48	64,80	129,00	65,40	44,40
Yüklenme	H9-I L2	H11-I L2	H13-I L2	H15-I L2	H17-I L2	H19-I L2	
%25	96,40	167,00	128,40	26,00	119,80	78,00	
%50	7,80	50,40	29,00	53,40	92,60	39,80	
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
MAX(%61)	48,00	55,20	35,40	30,00	24,60	19,80	

#### 8.4.3.5.L3 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde Yasan Yassı Metal Sanayi'nin Kocaeli Organize Sanayi'deki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L3 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 0A ile 1000A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL3(THD-UL3) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL3 %2.5 ile %14.8 arasında değişen değerler almıştır. Denklem sistemi kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL3 grafik sistemine karşılık gelen KFIL3(THD-IL3)'de kübik bir değişim göstermektedir. KFIL3 değeri %0.0 ile %90 mertebelerindedir. 3. gerilim harmoniği %0.7 değerinden %1.5 değerine kadar değişim göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. Bu grafik sistemi kübik olarak değişmektedir. 3. akım harmoniği 5A ile 65A arası değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kuadratik

polinom şeklinde bir değişim göstermiştir. 5.gerilim harmoniği %1 seviyesinden %8 seviyesine kadar değişim göstermekte kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 0A seviyelerinden 350A seviyelerine kadar değerler almakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim içindedir. Burada dikkat edilecek durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.5 ile %10.5 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 0.0A ile 350A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.1 seviyelerinden %2.7 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkmakta ve aynı zamanda kübik bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte ve 0A ile 70A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Yasan yassı metal'e ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.2 seviyesinden %4.5 seviyelerine kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 0A seviyelerinden 85A seviyesine kadar çıkmakta kübik bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.3 seviyesinden %3.4 seviyesi aralığına kadar çıkmakta ve kübik bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 0.0A ile yaklaşık 50A seviyeleri aralığına kadar değişmekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği grafiklerde %0.0 seviyesinden başlayıp %5.5 seviyesi aralığında bir değişim sergilemekte ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 0.0A seviyesinden 70A seviyesi aralığına kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.0 seviyesinden %11 seviyesine kadar çıkmakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği ise 0A seviyelerinden 120A seviyesine kadar bir değişim göstermiş ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.2 seviyesinden %4.5 seviyesine kadar değerler almakta ve kübik bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 0.0A

seviyesinden 43A değerlerine kadar çıkmakta ve denklem kübik polinom şeklinde değişmektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.42.'deki gibi bulunacaktır.

Tablo 8.42...: Yasan Yassı Hadde L3 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L3	H3-U L3	H5-U L3	H7-U L3	H9-U L3	H11-U L3	H13-U L3
%25	8,20	0,67	5,21	5,40	0,77	1,87	1,79
%50	11,83	0,74	4,00	3,24	0,29	2,72	1,85
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%61)	1,53	0,63	1,27	0,89	0,20	0,36	0,32
Yüklenme	H15-U L3	H17-U L3	H19-U L3	KF-I L3	H3-I L3	H5-I L3	H7-I L3
%25	0,50	2,15	1,46	80,21	8,00	196,88	180,52
%50	4,23	8,43	4,19	59,87	12,20	152,60	114,00
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX(%61)	0,21	0,13	0,16	21,60	43,00	21,80	14,80
Yüklenme	H9-I L3	H11-I L3	H13-I L3	H15-I L3	H17-I L3	H19-I L3	
%25	19,28	33,40	25,68	5,20	23,96	15,60	
%50	7,80	50,40	29,00	53,40	92,60	39,80	
%75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
MAX(%61)	16,00	18,40	11,80	10,00	8,20	6,60	



#### **8.4.4. Göktaş Yassı Hadde Mamulleri San. ve Tic. A.Ş. ( 1000kVA )**

##### **8.4.4.1. Fabrika hakkında genel bilgi**

1977 yılında aile şirketi olarak kurulan Göktaş A.Ş, ihracata yönelik boyuna dikişli çelik boru ve profil üretimi yapmaktadır.

Göktaş A.Ş.. çelik boru ve profil fabrikası, 120.000 ton/yıl olan boru/profil üretim kapasitesinin %65'ini ihracata yönlendirmektedir. Firmanın mevcut makine parkında rulo dilme makineleri, boyuna kaynaklı boru üretim hatları, doğrultma makineleri bulunmaktadır ve makine parkı yeni yatırımlarla sürekli geliştirilmektedir.

Mevcut Çelik Servis Merkezi ile, çelik rulo, sac bant ve levha üretimi yapmaktadır. 350.000 ton/yıl çelik servis merkezi ürünleri kapasitesi olan Göktaş A.Ş. yeni yatırımlar yaparak sürekli büyümekte ve artan tonajıyla hizmet vermeye devam etmektedir.

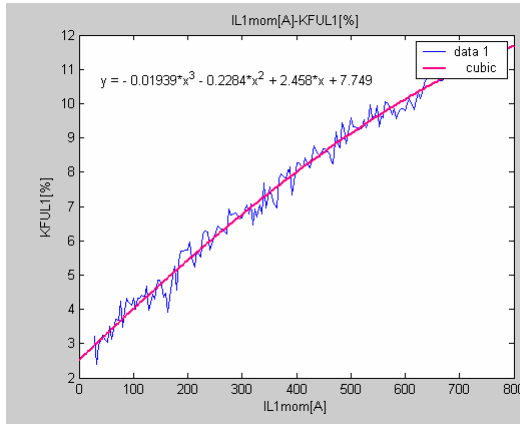
Tesislerindeki mevcut soğuk ve sıcak yassı ürünler için ayrı ayrı doğrultmalı boy kesme ve dilme hatları parkını yeni yatırımlarla sürekli geliştiren ve iç pazara satış yapan bir firmadır.

Bu çalışmada ölçüm alınan fabrika Göktaş Yassı Hadde Mamulleri San. ve Tic. A.Ş.'nin Kocaeli Organize Sanayi Bölgesindeki fabrikasıdır. Ölçüm her faza ve faz-faz arası değerlere ait 3000 örnek içermektedir. Ölçüm aralıkları birer dakika olup , fabrikayı besleyen ana şalter çıkışından alınmıştır. Tek hat şemasında ayrıntılı olarak trafonun büyüklüğü , çeşidi , yüklerin gücü , ve multilog ölçüm cihazının bağlantı durumu gözükmektedir.

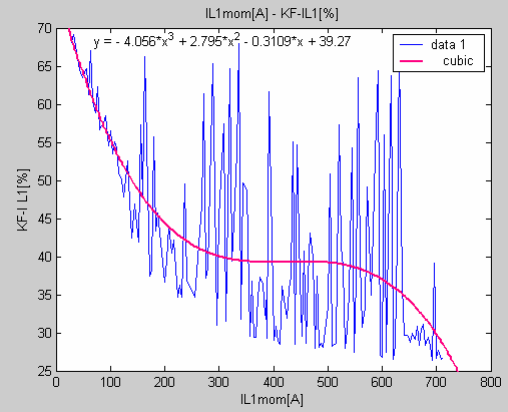


#### 8.4.4.2. Göktaş Yassı Hadde Mamulleri San. ve Tic. A.Ş.'ye ait ölçümler

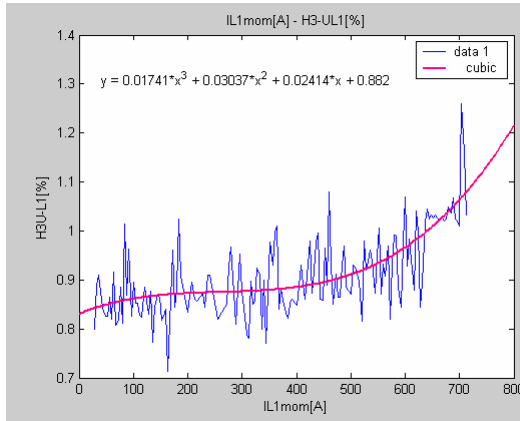
Bu bölümün içeriği L1 fazına ait faz akımına karşılık gelen sıralı harmonik değerlerin gösterilmesi içindir. Kullanılan değerler KFUL1(Toplam Harmonik Distorsiyon) , KFIL1(Toplam Akım Distorsiyonu) , akım ve gerilimin 3.,5.,7.,9.,11.,13.,15.,17.,19. harmonik değerleridir. L2 ve L3 fazlarına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.



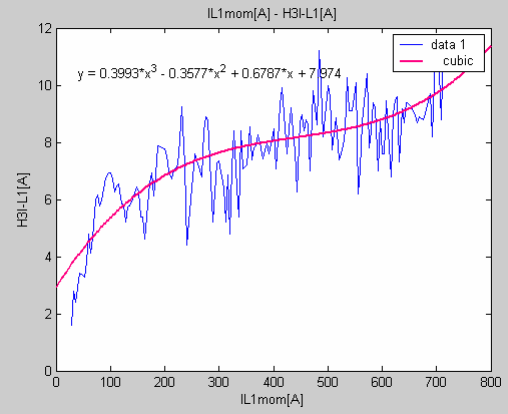
Şekil 8.296.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



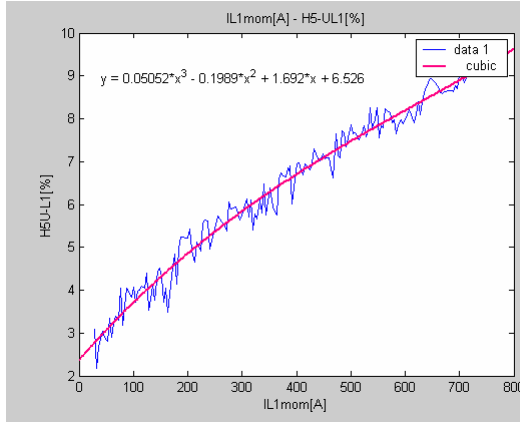
Şekil 8.297.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



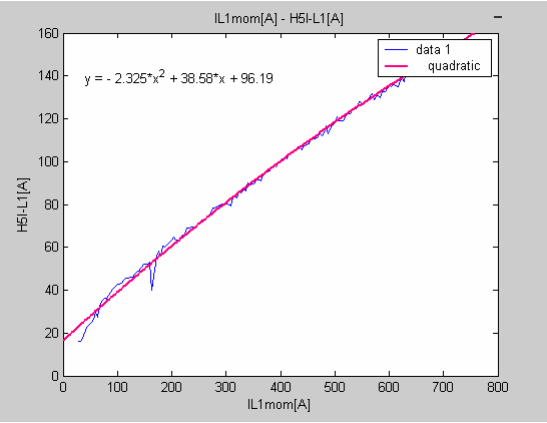
Şekil 8.298.: 3. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



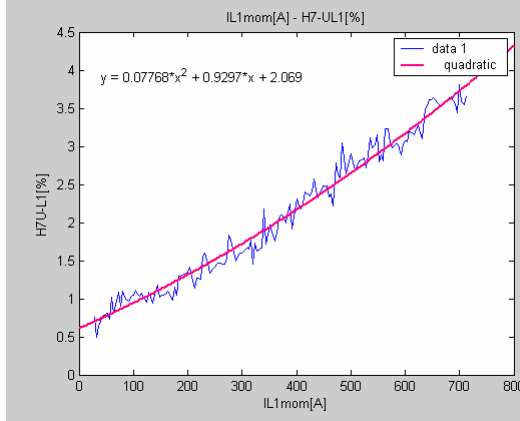
Şekil 8.299.: 3. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



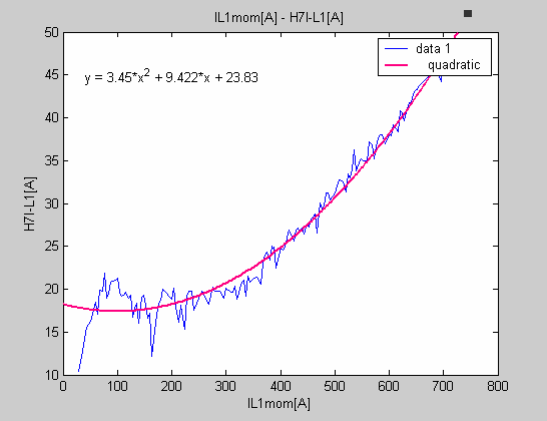
Şekil 8.300.: 5. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



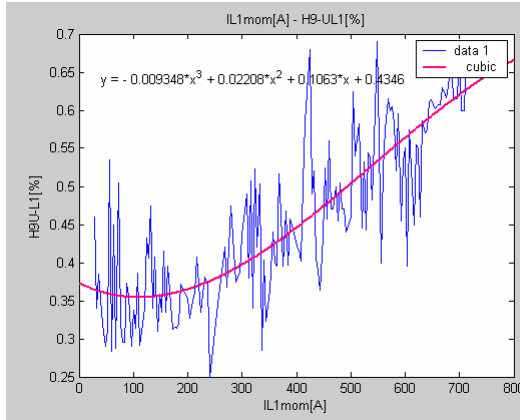
Şekil 8.301.: 5. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



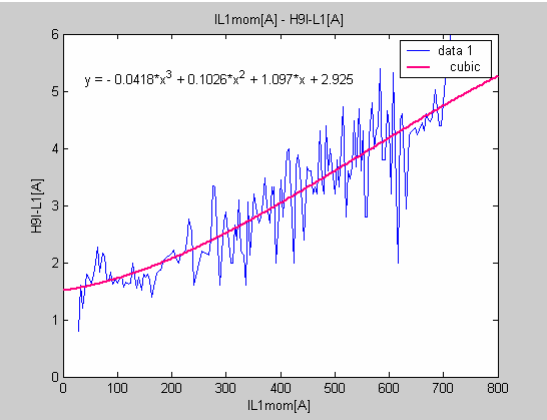
Şekil 8.302.: 7. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



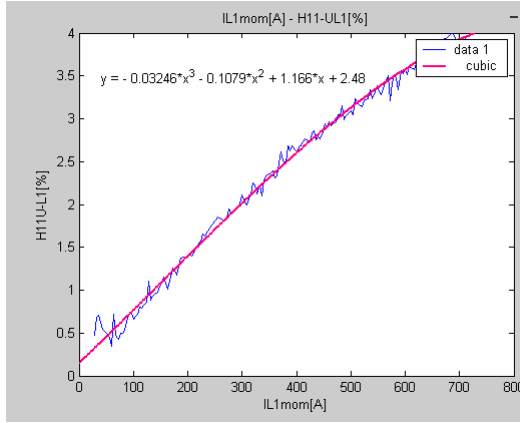
Şekil 8.303.: 7. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



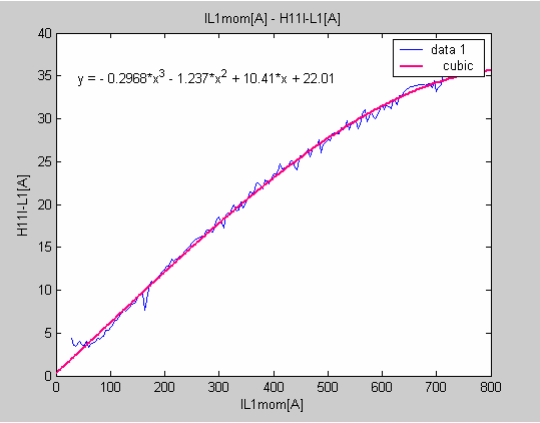
Şekil 8.304.: 9. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



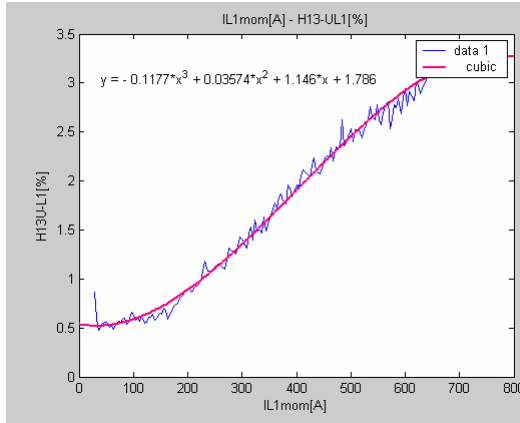
Şekil 8.305.: 9. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



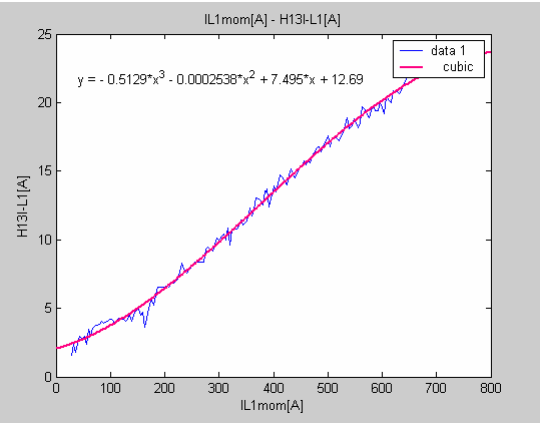
Şekil 8.306.: 11. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



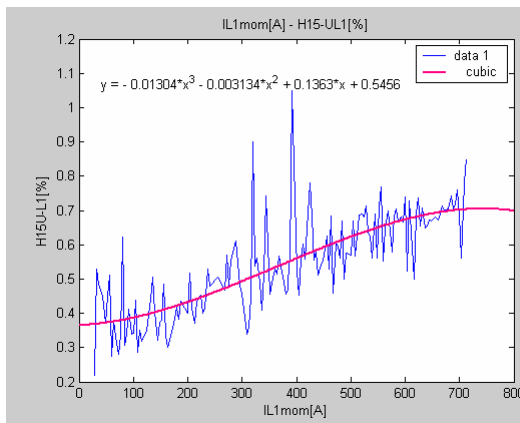
Şekil 8.307.:11.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



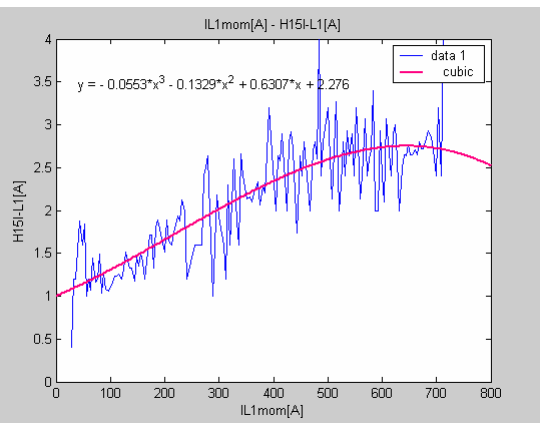
Şekil 8.308.: 13. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



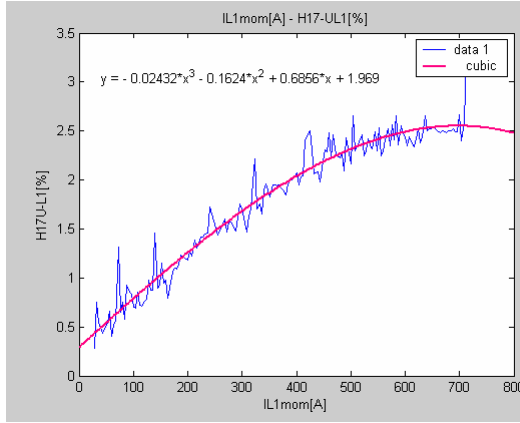
Şekil 8.309.:13.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



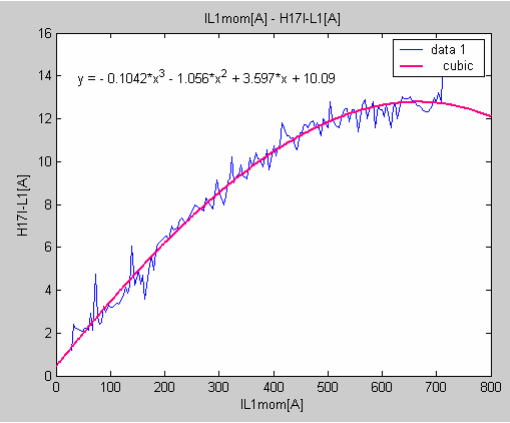
Şekil 8.310.:15.Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



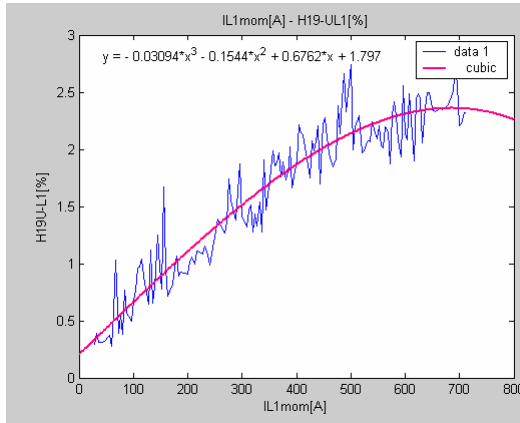
Şekil 8.311.:15.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



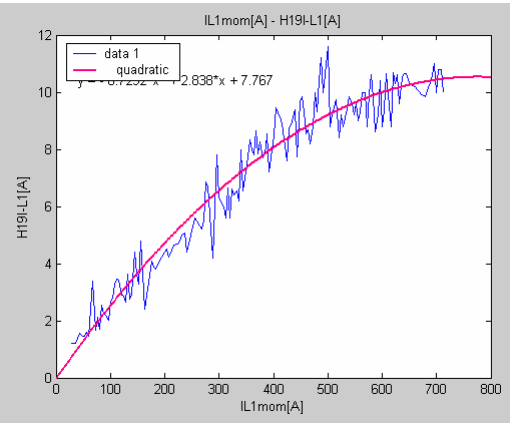
Şekil 8.312.:17.Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.313.:17.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.314.:19.Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.315.:19.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

#### 8.4.4.3.L1 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde Göktaş Yassı Hadde 'nin Kocaeli Organize Sanayi'deki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L1 fazlarının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 0A ile 800A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL1(THD-UL1) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL1 %2.5 ile %10.5 arasında değişen değerler almıştır. Denklem sistemi kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL1

grafik sistemine karşılık gelen KFİL1(THD-İL1)'de kübik bir değişim göstermektedir. KFİL1 değeri %26 ile %70 mertebelerindedir. 3. gerilim harmoniği %0.75 değerinden %1.25 değerine kadar değişim göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. Bu grafik sistemi kübik olarak değişmektedir. 3. akım harmoniği 2A ile 11A arası değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %2.5 seviyesinden %9 seviyesine kadar değişim göstermekte kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 20A seviyelerinden 140A seviyelerine kadar değerler almakta ve kuadratik polinom şeklinde bir değişim içindedir. Burada dikkat edilecek durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.5 ile %3.7 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kuadratik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 10A ile 50A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.25 seviyelerinden %0.68 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkmakta ve aynı zamanda kübik bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte ve 1A ile 5.5A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Göktaş yassı hadde'ye ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.5 seviyesinden %3.6 seviyelerine kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 5A seviyelerinden 35A seviyesine kadar çıkmakta kübik bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.5 seviyesinden %3 seviyesi aralığına kadar çıkmakta ve kübik bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 1A ile yaklaşık 22A seviyeleri aralığına kadar değişmekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği grafiklerde %0.25 seviyesinden başlayıp %1 seviyesi aralığında bir değişim sergilemekte ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 0.5A seviyesinden 4A seviyesi aralığına kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.4 seviyesinden %3 seviyesine kadar çıkmakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim

göstermektedir. 17. akım harmoniği ise 1A seviyelerinden 14A seviyesine kadar bir değişim göstermiş ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.3 seviyesinden %2.6 seviyesine kadar değerler almakta ve kübik bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 1A seviyesinden 11.7A değerlerine kadar çıkmakta ve denklem kuadratik polinom şeklinde değişmektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.43.'deki gibi bulunacaktır.

Tablo 8.43.: Göktaş Yassı Hadde L1 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L1	H3-U L1	H5-U L1	H7-U L1	H9-U L1	H11-U L1	H13-U L1
%25	7,96	0,88	6,73	2,10	0,46	2,62	1,87
%50	11,29	1,00	9,25	3,73	0,65	3,96	3,19
%75	10,67	1,03	8,60	3,53	0,63	3,91	3,25
MAX(%90)	9,92	0,80	7,75	3,03	0,44	3,51	2,87
Yüklenme	H15-U L1	H17-U L1	H19-U L1	KF-I L1	H3-I L1	H5-I L1	H7-I L1
%25	0,53	1,92	1,76	34,81	8,28	94,40	23,94
%50	0,76	2,59	2,12	59,51	9,20	157,20	48,80
%75	0,71	2,51	2,35	28,31	8,89	146,87	44,51
MAX(%90)	0,58	2,43	2,32	99,63	10,00	136,80	37,60
Yüklenme	H9-I L1	H11-I L1	H13-I L1	H15-I L1	H17-I L1	H19-I L1	
%25	3,48	22,46	12,95	2,34	10,12	7,85	
%50	5,20	33,60	22,00	3,20	12,40	9,60	
%75	4,60	34,00	22,31	2,80	12,59	10,03	
MAX(%90)	4,80	31,60	20,00	2,80	12,00	9,60	

#### 8.4.4.4.L2 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde Göktaş Yassı Hadde 'nin Kocaeli Organize Sanayi'deki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L2 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 0A ile 800A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL2(THD-UL2) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL2 %2.5 ile %10.5 arasında değişen değerler almıştır. Denklem sistemi kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL2 grafik sistemine karşılık gelen KFIL2(THD-IL2)'de kübik bir değişim



göstermektedir. KFİL2 değeri %25 ile %70 mertebelerindedir. 3. gerilim harmoniği %0.8 değerinden %2 değerine kadar değişim göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. Bu grafik sistemi kübik olarak değişmektedir. 3. akım harmoniği 3A ile 19A arası değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %2.2 seviyesinden %9 seviyesine kadar değişim göstermekte kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 20A seviyelerinden 140A seviyelerine kadar değerler almakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim içindedir. Burada dikkat edilecek durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.5 ile %3.7 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kuadratik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 12A ile 41A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kuadratik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.25 seviyelerinden %0.8 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkmakta ve aynı zamanda kübik bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte ve 1.5A ile 6.5A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Göktaş yassı hadde'ye ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.5 seviyesinden %3.5 seviyelerine kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 4A seviyelerinden 32A seviyesine kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.5 seviyesinden %3 seviyesi aralığına kadar çıkmakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 3A ile yaklaşık 22A seviyeleri aralığına kadar değişmekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği grafiklerde %0.2 seviyesinden başlayıp %1.1 seviyesi aralığında bir değişim sergilemekte ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 1A seviyesinden 4.4A seviyesi aralığına kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.4 seviyesinden %2.6 seviyesine kadar çıkmakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği

ise 2A seviyelerinden 14A seviyesine kadar bir değişim göstermiş ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.4 seviyesinden %2.7 seviyesine kadar değerler almakta ve kübik bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 1A seviyesinden 12A değerlerine kadar çıkmakta ve denklem kübik polinom şeklinde değişmektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.44.'deki gibi bulunacaktır.

Tablo 8.44.: Göktaş Yassı Hadde L2 fazı yüklenme cetveli

Yüklenme	KF-U L2	H3-U L2	H5-U L2	H7-U L2	H9-U L2	H11-U L2	H13-U L2
%25	7,90	0,99	6,63	2,10	0,50	2,56	1,96
%50	11,48	1,13	9,16	3,86	0,48	3,85	3,35
%75	9,71	1,04	7,60	3,05	0,55	3,50	2,96
MAX(%90)	2,49	0,67	2,34	0,35	0,23	0,16	0,34
Yüklenme	H15-U L2	H17-U L2	H19-U L2	KF-I L2	H3-I L2	H5-I L2	H7-I L2
%25	0,53	1,87	1,80	28,36	5,84	91,60	22,80
%50	0,88	2,48	2,28	59,18	6,40	154,00	50,80
%75	0,75	2,34	2,28	97,43	6,80	133,60	36,40
MAX(%90)	0,16	0,11	0,07	99,52	2,80	9,60	8,00
Yüklenme	H9-I L2	H11-I L2	H13-I L2	H15-I L2	H17-I L2	H19-I L2	
%25	3,28	22,00	12,96	2,52	10,16	7,96	
%50	4,40	32,80	23,20	3,20	13,20	9,60	
%75	4,40	31,20	20,00	3,20	13,20	10,00	
MAX(%90)	1,20	1,20	1,20	1,20	0,80	0,40	

#### 8.4.4.5.L3 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde Göktaş yassı hadde 'nin Kocaeli Organize Sanayi'deki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L3 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 0A ile 800A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL3(THD-UL3) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL3 %2.5 ile %10.5 arasında değişen değerler almıştır. Denklem sistemi kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL3 grafik sistemine karşılık gelen KFIL3(THD-IL3)'de kübik bir değişim göstermektedir. KFIL3 değeri %25 ile %78 mertebelerindedir. 3. gerilim harmoniği %0.7 değerinden %1.3 değerine kadar değişim göstermektedir. Standartlarda bu

değer %1.5 olarak yerini almıştır. Bu grafik sistemi kübik olarak değişmektedir. 3. akım harmoniği 2A ile 12A arası değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %2.5 seviyesinden %9 seviyesine kadar değişim göstermekte kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 18A seviyelerinden 160A seviyelerine kadar değerler almakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim içindedir. Burada dikkat edilecek durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.5 ile %4 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kuadratik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 10A ile 45A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kuadratik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.22 seviyelerinden %0.7 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkamamakta ve aynı zamanda kübik bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte ve 1A ile 6A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Göktaş yassı hadde'ye ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.5 seviyesinden %4 seviyelerine kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 5A seviyelerinden 35A seviyesine kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.5 seviyesinden %3 seviyesi aralığına kadar çıkmakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 3A ile yaklaşık 23A seviyeleri aralığına kadar değişmekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği grafiklerde %0.25 seviyesinden başlayıp %1.1 seviyesi aralığında bir değişim sergilemekte ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 0.57A seviyesinden 4.57A seviyesi aralığına kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.5 seviyesinden %2.8 seviyesine kadar çıkmakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği ise 2.5A seviyelerinden 15A seviyesine kadar bir değişim göstermiş ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95

değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.5 seviyesinden %2.7 seviyesine kadar değerler almakta ve kübik bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 1A seviyesinden 12A değerlerine kadar çıkmakta ve denklem kübik polinom şeklinde değişmektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.45.'deki gibi bulunacaktır.

Tablo 8.45.: Göktaş Yassı Hadde L3 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L3	H3-U L3	H5-U L3	H7-U L3	H9-U L3	H11-U L3	H13-U L3
%25	8,03	0,87	6,75	2,09	0,56	2,62	1,87
%50	11,71	1,36	9,47	3,94	0,57	4,01	3,24
%75	9,87	0,89	7,85	2,80	0,51	3,70	2,83
MAX(%86)	1,34	0,56	1,17	0,34	0,11	0,14	0,21
Yüklenme	H15-U L3	H17-U L3	H19-U L3	KF-I L3	H3-I L3	H5-I L3	H7-I L3
%25	0,52	2,00	1,94	29,35	5,90	95,20	22,10
%50	0,79	2,82	2,00	63,52	13,60	160,00	46,40
%75	0,53	2,60	2,18	99,57	7,20	138,80	37,20
MAX(%86)	0,15	0,06	0,05	67,82	2,80	2,00	1,20
Yüklenme	H9-I L3	H11-I L3	H13-I L3	H15-I L3	H17-I L3	H19-I L3	
%25	3,60	22,70	12,80	2,40	10,40	8,70	
%50	4,80	34,40	21,20	3,20	12,80	9,60	
%75	3,60	31,60	18,80	2,80	13,20	9,60	
MAX(%86)	1,20	1,20	0,80	0,80	0,40	0,80	

#### **8.4.5. Halex Extrüsiyon Kalıp San. Tic. Ltd. Şti ( 630kVA )**

##### **8.4.5.1. Fabrika hakkında genel bilgi**

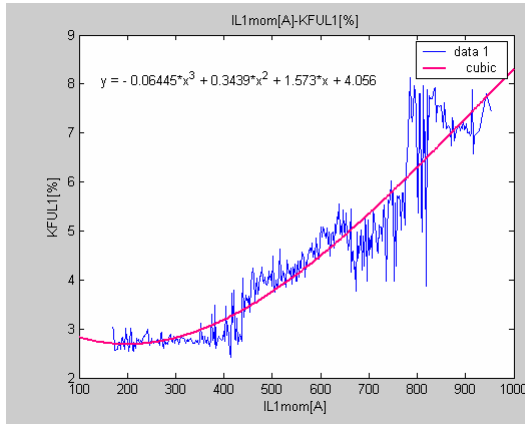
1980 yılında kurulmuştur. Aliminyum ekstürsiyon ve profil üzerine çalışmaktadır. Üretimini Büyükçekmece'deki fabrikasında sürdürmektedir.

Bu çalışmada ölçüm alınan fabrika Halex Extrüsiyon Kalıp San. Tic. Ltd. Şti'nin Büyükçekmece'deki fabrikasıdır. Ölçüm her faza ve faz-faz arası değerlere ait 3000 örnek içermektedir. Ölçüm aralıkları birer dakika olup , fabrikayı besleyen ana şalter çıkışından alınmıştır. Tek hat şemasında ayrıntılı olarak trafonun büyüklüğü , çeşidi , yüklerin gücü , ve multilog ölçüm cihazının bağlantı durumu gözükmemektedir.

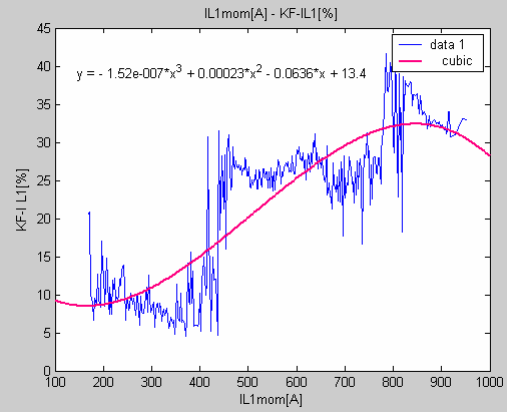


#### 8.4.5.2. Halex Ekstürsiyon Kalıp San. Tic. Ltd. Şti'ye ait ölçümler

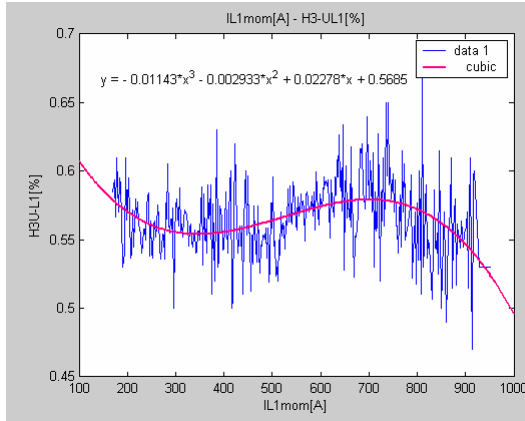
Bu bölümün içeriği L1 fazına ait faz akımına karşılık gelen sıralı harmonik değerlerin gösterilmesi içindir. Kullanılan değerler KFUL1(Toplam Harmonik Distorsiyon) , KFIL1(Toplam Akım Distorsiyonu) , akım ve gerilimin 3.,5.,7.,9.,11.,13.,15.,17.,19. harmonik değerleridir. L2 ve L3 fazlarına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.



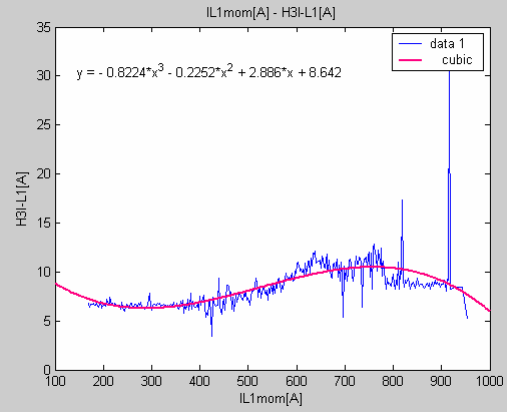
Şekil 8.317.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



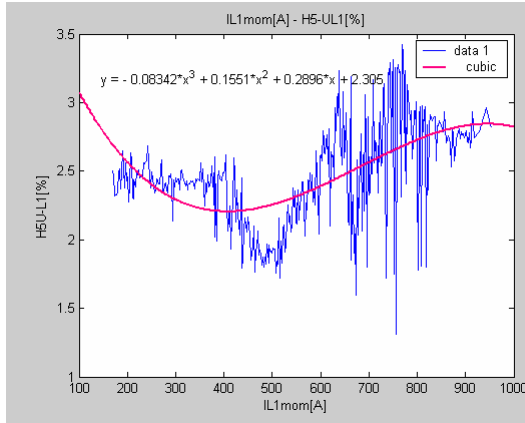
Şekil 8.318.: Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonunun IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



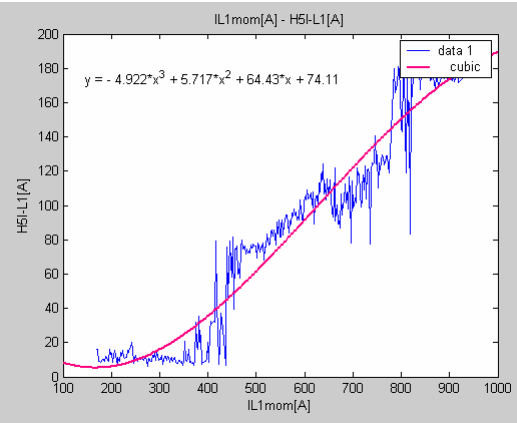
Şekil 8.319.: 3. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



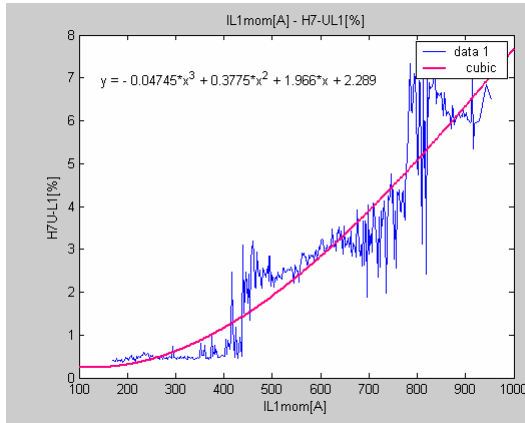
Şekil 8.320.: 3. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



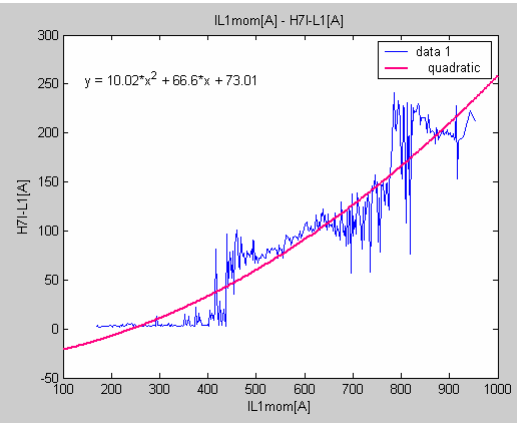
Şekil 8.321.: 5. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



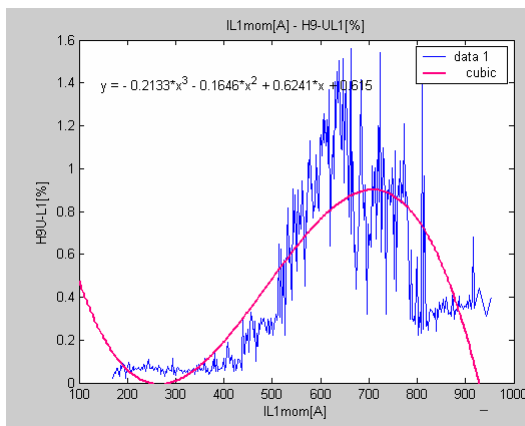
Şekil 8.322.: 5. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



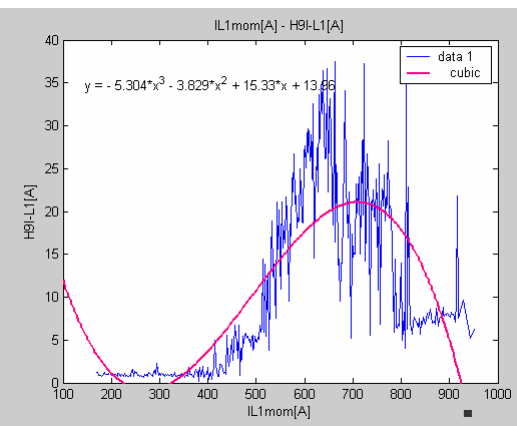
Şekil 8.323.: 7. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.324.: 7. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

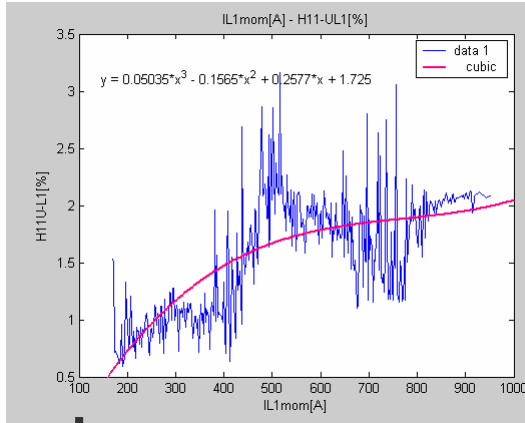


Şekil 8.325.: 9. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

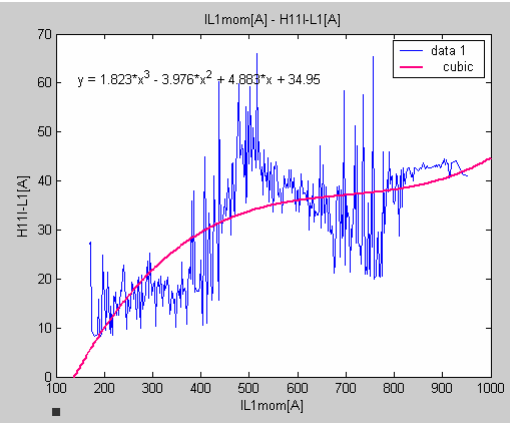


Şekil 8.326.: 9. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

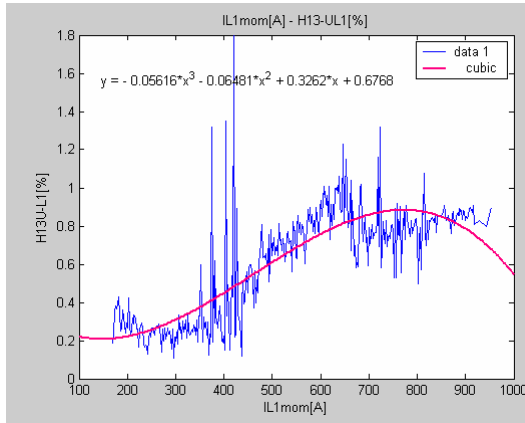




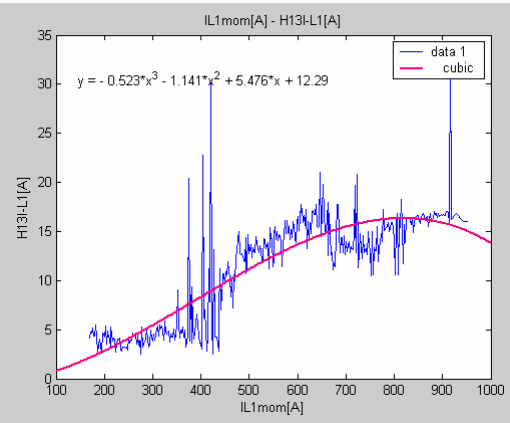
Şekil 8.327.: 11. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



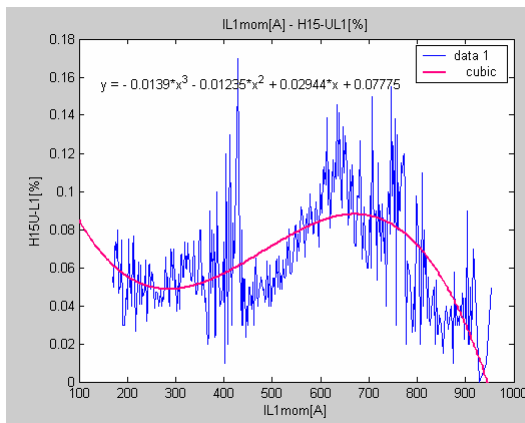
Şekil 8.328.: 11. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



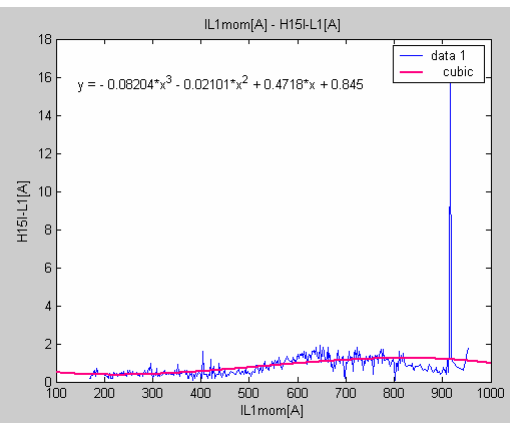
Şekil 8.329.: 13. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



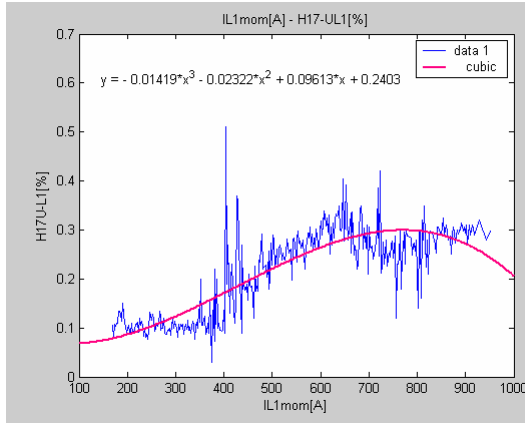
Şekil 8.330.: 13. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



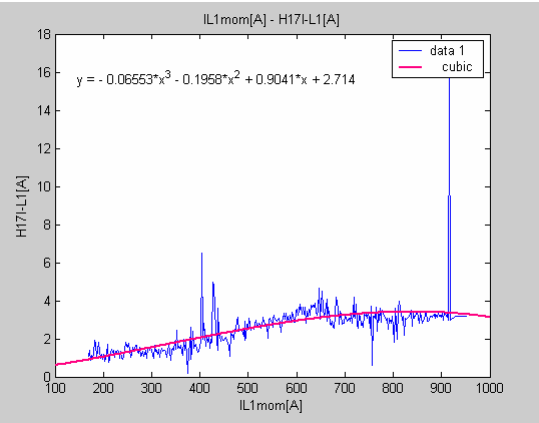
Şekil 8.331.: 15. Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



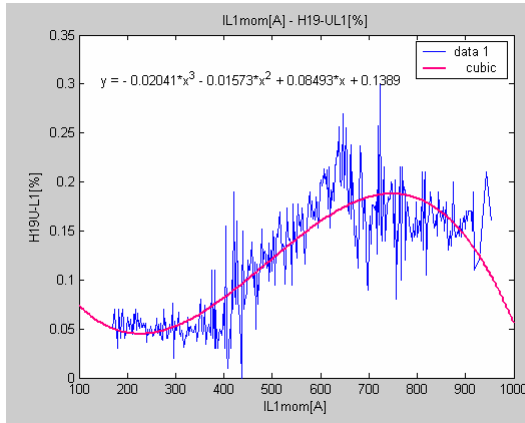
Şekil 8.332.: 15. Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



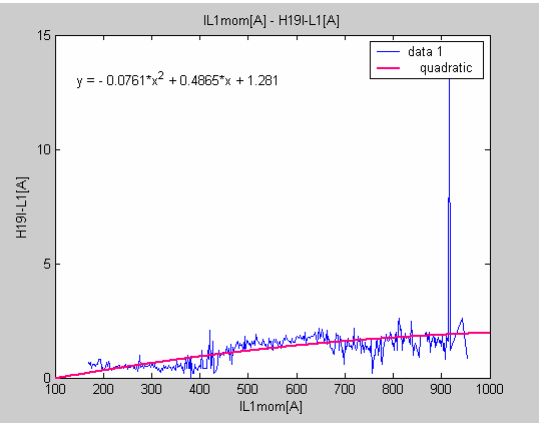
Şekil 8.333.:17.Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.334.:17.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.335.:19.Harmonik Gerilim Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi



Şekil 8.336.:19.Harmonik Akım Değerinin IL1 faz akımına bağlı olan değişimi

#### 8.4.5.3.L1 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde Halex Aliminyum'un Büyükçekmece'deki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L1 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 100A ile 1000A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL1(THD-UL1) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL1 %2.5 ile %8 arasında değişen değerler almıştır. Denklem sistemi kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL1 grafik sistemine karşılık gelen KFIL1(THD-IL1)'de kübik bir değişim

göstermektedir. KFİL1 değeri %5 ile %40 mertebelerindedir. 3. gerilim harmoniği %0.46 değerinden %0.67 değerine kadar değişim göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. Bu grafik sistemi kübik olarak değişmektedir. 3. akım harmoniği 4A ile 30A arası değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %1.5 seviyesinden %3.4 seviyesine kadar değişim göstermekte kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 10A seviyelerinden 180A seviyelerine kadar değerler almakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim içindedir. Burada dikkat edilecek durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.5 ile %7.2 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 0.0A ile 250A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kuadratik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.1 seviyelerinden %1.5 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkmakta ve aynı zamanda kübik bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte ve 2A ile 37A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Halex Aliminyum'a ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.6 seviyesinden %3.2 seviyelerine kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 10A seviyelerinden 65A seviyesine kadar çıkmakta kübik bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.1 seviyesinden %1.8 seviyesi aralığına kadar çıkmakta ve kübik bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 3A ile yaklaşık 30A seviyeleri aralığına kadar değişmekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği grafiklerde %0.0 seviyesinden başlayıp %0.17 seviyesi aralığında bir değişim sergilemekte ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 0.0A seviyesinden 16A seviyesi aralığına kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.1 seviyesinden %0.5 seviyesine kadar çıkmakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği

ise 0.0A seviyelerinden 16A seviyesine kadar bir değişim göstermiş ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.0 seviyesinden %0.3 seviyesine kadar değerler almakta ve kübik bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 0.1A seviyesinden 13A değerlerine kadar çıkmakta ve denklem kuadratik polinom şeklinde değişmektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.46.'deki gibi bulunacaktır.

Tablo 8.46.: Halex Aliminyum L1 fazı yüklenme cetveli

Yüklenme	KF-U L1	H3-U L1	H5-U L1	H7-U L1	H9-U L1	H11-U L1	H13-U L1
%25	2,86	0,56	2,56	0,61	0,09	0,89	0,19
%50	4,04	0,53	1,94	2,93	0,23	1,58	0,52
%75	4,73	0,61	2,34	3,30	0,70	1,61	0,71
MAX(%101)	7,44	0,53	2,82	6,48	0,40	2,09	0,90
Yüklenme	H15-U L1	H17-U L1	H19-U L1	KF-I L1	H3-I L1	H5-I L1	H7-I L1
%25	0,05	0,08	0,06	12,05	6,55	15,78	5,54
%50	0,05	0,19	0,12	29,38	7,44	75,80	93,36
%75	0,10	0,27	0,17	23,82	10,20	100,10	108,35
MAX(%101)	0,05	0,30	0,16	33,02	5,20	174,80	211,40
Yüklenme	H9-I L1	H11-I L1	H13-I L1	H15-I L1	H17-I L1	H19-I L1	
%25	0,75	17,66	3,06	0,40	0,95	0,55	
%50	4,08	34,84	10,60	0,44	2,16	1,32	
%75	15,20	32,65	12,90	0,95	3,10	1,25	
MAX(%101)	6,40	41,00	16,00	1,80	3,20	0,80	

#### 8.4.5.4.L2 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde Halex Aliminyum'un Büyükçekmece'deki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L2 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 100A ile 1000A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL2(THD-UL2) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL2 %2.5 ile %9 arasında değişen değerler almıştır. Denklem sistemi kuadratik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL2 grafik sistemine karşılık gelen KFIL2(THD-IL2)'de kübik bir değişim göstermektedir. KFIL2 değeri %5 ile %40 mertebelerindedir. 3. gerilim harmoniği %0.36 değerinden %0.52 değerine kadar değişim göstermektedir. Standartlarda bu

değer %1.5 olarak yerini almıştır. Bu grafik sistemi kübik olarak değişmektedir. 3. akım harmoniği 5A ile 30A arası değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %1.5 seviyesinden %3.4 seviyesine kadar değişim göstermekte kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 10A seviyelerinden 160A seviyelerine kadar değerler almakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim içindedir. Burada dikkat edilecek durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.5 ile %8 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 0.0A ile 270A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.1 seviyelerinden %1.2 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkmakta ve aynı zamanda kübik bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte ve 0.0A ile 36A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Halex Aliminyum'a ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.5 seviyesinden %2.5 seviyelerine kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 10A seviyelerinden 45A seviyesine kadar çıkmakta kübik bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.1 seviyesinden %1.9 seviyesi aralığına kadar çıkmakta ve kübik bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 2A ile yaklaşık 32A seviyeleri aralığına kadar değişmekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği grafiklerde %0.03 seviyesinden başlayıp %0.22 seviyesi aralığında bir değişim sergilemekte ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 0.3A seviyesinden 3.5A seviyesi aralığına kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.05 seviyesinden %0.4 seviyesine kadar çıkmakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği ise 0.5A seviyelerinden 5A seviyesine kadar bir değişim göstermiş ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği

sistemimizde %0.01 seviyesinden %0.17 seviyesine kadar değerler almakta ve kübik bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 0.0A seviyesinden 2.6A değerlerine kadar çıkmakta ve denklem kübik polinom şeklinde değişmektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.47.'deki gibi bulunacaktır.

Tablo 8.47.: Halex Aliminyum L2 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L2	H3-U L2	H5-U L2	H7-U L2	H9-U L2	H11-U L2	H13-U L2
%25	2,78	0,46	2,46	0,55	0,10	0,99	0,18
%50	3,88	0,42	1,82	2,80	0,28	1,65	0,43
%75	4,67	0,47	2,34	3,35	0,62	1,64	0,58
MAX(%104)	8,03	0,35	2,62	7,38	0,29	1,70	0,55
Yüklenme	H15-U L2	H17-U L2	H19-U L2	KF-I L2	H3-I L2	H5-I L2	H7-I L2
%25	0,08	0,08	0,05	11,33	6,98	14,46	5,16
%50	0,09	0,22	0,04	28,30	6,20	78,50	85,50
%75	0,11	0,30	0,11	25,03	7,03	116,30	107,63
MAX(%104)	0,18	0,34	0,04	30,56	31,40	168,60	210,80
Yüklenme	H9-I L2	H11-I L2	H13-I L2	H15-I L2	H17-I L2	H19-I L2	
%25	0,80	17,16	2,72	0,42	0,88	0,54	
%50	9,05	32,80	8,65	0,75	2,50	1,05	
%75	18,23	29,23	10,90	1,30	3,67	0,97	
MAX(%104)	19,20	25,80	6,40	4,00	2,40	0,40	

#### 8.4.5.5.L3 fazına ait yorumlar :

Bu bölümde Halex Aliminyum'un Büyükçekmece'deki fabrikasından alınan harmonik akım ve gerilim değerleri yorumlanmıştır. Bu değerler L3 fazının akım değerlerine karşılık gelen harmonik değerlerinin sıralanmasıyla oluşturulmuştur. Ölçüm alınan 50 saatlik süreç içerisinde 3000 adet örnek alınmıştır. Aynı süreç içerisinde fabrika tarafından şebekeden 100A ile 1000A arası değerlere sahip akımlar çekilmiştir. KFUL3(THD-UL3) değeri standartlarda maksimum %7 değerini alabilmektedir. Buna karşılık grafik sistemimizde KFUL3 %2.1 ile %8 arasında değişen değerler almıştır. Denklem sistemi kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. (L2 ve L3 kısmına ait grafikler EK-1 kısmında verilmiştir.) KFUL3 grafik sistemine karşılık gelen KFIL3(THD-IL3)'de kübik bir değişim göstermektedir. KFIL3 değeri %5 ile %40 mertebelerindedir. 3. gerilim harmoniği %0.6 değerinden %0.74 değerine kadar değişim göstermektedir. Standartlarda bu değer %1.5 olarak yerini almıştır. Bu grafik sistemi kübik olarak değişmektedir. 3. akım harmoniği 5A ile 50A arası değerler almaktadır. Ve denklem sistemi kübik

olarak değişmektedir. 5.gerilim harmoniği %1 seviyesinden %3.7 seviyesine kadar değişim göstermekte kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Buna karşılık gelen 5.akım harmoniği 10A seviyelerinden 180A seviyelerine kadar değerler almakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim içindedir. Burada dikkat edilecek durum 5. harmoniğin standart değerinin %5 seviyelerinde olmasıdır. 7.gerilim harmoniği %0.5 ile %7.5 seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. Burada dikkat edilecek durum 7. gerilim harmoniğinin standart değerinin %4 seviyelerinde olmasıdır. 7.akım harmoniği 0.0A ile 250A seviyeleri arasında bir değişim içindedir ve bu değişim kübik polinom şeklinde bir yol izlemektedir. 9.gerilim harmoniği %0.1 seviyelerinden %0.5 seviyelerine tırmanmakta , standart değer %0.8 değerinin üzerine çıkamamakta ve aynı zamanda kübik bir değişim göstermektedir. Akım harmoniği ise kübik bir yol izlemekte ve 0.0A ile 45A arası değerlere sahip olmaktadır. 11. gerilim harmoniğinin standart değeri %3 seviyelerindedir. Halex Aliminyum'a ait grafiklerde 11. gerilim harmoniği %0.5 seviyesinden %2.5 seviyelerine kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 11. akım harmoniği ise 10A seviyelerinden 60A seviyesine kadar çıkmakta kübik bir değişim içinde olmaktadır. 13. harmoniğin standart değeri %2 seviyesindedir. 13. gerilim harmoniği %0.2 seviyesinden %1.5 seviyesi aralığına kadar çıkmakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. Buna karşılık gelen 13.harmonik akım eğrisi 2A ile yaklaşık 40A seviyeleri aralığına kadar değişmekte ve kübik bir değişim göstermektedir. 15. gerilim harmoniğinin standart değeri %0.3 seviyesindedir. 15. gerilim harmoniği grafiklerde %0.01 seviyesinden başlayıp %0.12 seviyesi aralığında bir değişim sergilemekte ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 15. akım harmoniği ise 0.0A seviyesinden 50A seviyesi aralığına kadar çıkmakta kübik polinom şeklinde bir değişim ile gerilim harmoniğini takip etmiştir. 17.gerilim harmoniği standartlarda %1.2 sınır değerini almıştır. 17. gerilim harmoniği denklem sistemimize karşılık gelen grafikte %0.1 seviyesinden %0.5 seviyesine kadar çıkmakta ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermektedir. 17. akım harmoniği ise 0.0A seviyelerinden 45A seviyesine kadar bir değişim göstermiş ve kübik polinom şeklinde bir değişim göstermiştir. 19. gerilim harmoniği standartlarda %0.95 değerini almaktadır. 19. gerilim harmoniği sistemimizde %0.01 seviyesinden %0.25 seviyesine kadar değerler almakta ve kübik

bir yol izlemektedir. 19. akım harmoniği ise 0.0A seviyesinden 50A değerlerine kadar çıkmakta ve denklem kübik polinom şeklinde değişmektedir. Buradan da çeşitli yüklenme oranlarını belirleyip bir tablo haline getirecek olursak sonuç tablo 8.48.'deki gibi bulunacaktır.

Tablo 8.48.: Halex Aliminyum L3 fazı yükleme cetveli

Yüklenme	KF-U L3	H3-U L3	H5-U L3	H7-U L3	H9-U L3	H11-U L3	H13-U L3
%25	2,75	0,65	2,33	0,43	0,05	1,12	0,15
%50	3,69	0,69	1,83	2,59	0,25	1,54	0,56
%75	3,85	0,67	2,05	2,45	0,30	1,64	0,70
MAX(%107)	7,60	0,82	3,03	6,70	0,13	1,63	0,77
Yüklenme	H15-U L3	H17-U L3	H19-U L3	KF-I L3	H3-I L3	H5-I L3	H7-I L3
%25	0,06	0,08	0,06	13,06	6,80	15,56	4,00
%50	0,04	0,19	0,09	26,29	6,60	80,44	80,48
%75	0,06	0,25	0,16	20,42	6,52	99,00	79,08
MAX(%107)	0,06	0,17	0,08	29,72	17,60	175,60	207,60
Yüklenme	H9-I L3	H11-I L3	H13-I L3	H15-I L3	H17-I L3	H19-I L3	
%25	1,56	21,36	2,32	0,28	1,20	0,40	
%50	6,64	34,12	10,72	0,40	1,80	1,00	
%75	7,52	31,84	11,60	0,60	2,52	1,24	
MAX(%107)	0,80	33,40	10,20	4,40	2,80	4,00	



## 9.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüzde sınai ve ticari faaliyetlerin yürütülmesinde kaliteli enerji temini son derece büyük önem taşımaktadır. Güç sistemlerinde teknoloji ile gelişen ve non-lineer özellik gösteren donanımların artmasıyla güç sistemlerinde güç kalitesi ile ilgili önemli problemler meydana gelmektedir. Yakın geçmişe kadar elektrik dağıtım şebekesi şirketlerinin kontrolünde kalan güç kalitesi, yaklaşık 90'lı yıllardan bu yana elektrik ve elektronik sektöründe meydana gelen hızlı gelişmeler paralelinde, sürücüler (değişken hızlı) ve anahtarlama modundaki güç kaynakları gibi doğrusal olmayan yük kullanımının yaygınlaşması sonucunda, son kullanıcının tesisatlarda kullanılan elektriğin kalitesini belirlemedeki önemli rolü ön plana çıkmıştır. İdeal olarak güç, sabit frekans ve gerilimde kesintisiz, tam sinüsoidal ve üç faz durumunda da simetrik dalga şeklinde beslenmesi gerekliliği bu tezin konularından biridir.

Bu Yüksek Lisans Tez çalışması 9 ana bölümden oluşmaktadır. Bunlardan ilki güç kalitesi ve güç kalitesine ilişkin problemlerdir. Bu kısımda güç kalitesinin ne olduğu ve etkileyen faktörlerin neler olduğuna değinilmiştir. Üçüncü bölümde Harmonik analizine ilişkin formüller verilmiş ve dönüşümler gösterilmiştir. Dördüncü bölümde harmonik üreten elemanlar ayrıntılarıyla açıklanmıştır. Beşinci bölümde ise harmoniklerin elektriksel cihazlar üzerindeki etkileri ayrıntılarıyla irdelenmiştir. Altıncı bölümde uluslararası ve yerel standartlar okuyucunun bilgisine sunulmuştur. Yedinci bölümde ise incelen sektörlerle ilgili oluşturulacak denklemlerin simüle edilmesinde kullanılan en küçük kareler yöntemi eğri uydurma metodu olarak anlatılmıştır. Yine aynı bölümde matlab'te denklemlerin eldesine kadar geçen süreç ayrıntılarıyla anlatılmıştır. Sekizinci bölümde ise Metal işleme-istifleme , Matbaa , Tekstil gibi Türkiye'nin lokomotif sektörlerine ait 15 farklı fabrika incelenmiş ve bunların kullandığı enerjinin kalitesi hakkında ayrıntılı olarak araştırmalar yapılmış ve elde edilen veriler yorumlanmıştır. Burada incelenen fabrikalara ait trafolar metal istifleme sektöründe Yasan Yassı Metal San.Tic.A.Ş.'nin Dudulluda'ki tesislerinde

kurulu olan 1000kVA ABB marka yağlı tip trafosu , Gökteş Yassı Hadde Mamulleri San. ve Tic.A.Ş.'nin Kocaeli organize Sanayi Bölgesinde bulunan fabrikasında kurulu 1000kVA yağlı tip ABB marka trafosu , Aliminyum sektörüne ait Astaş Aliminyum Sanayi ve Tic.A.Ş.'nin Çorlu fabrikasında kurulu olan 2 adet (1250kVA-Eloksal ,1600kVA-profil) bölümlerine ait ABB marka yağlı tip trafolar , yine aliminyum işleme sektörüne ait Halex Aliminyum Kalıp San. Tic.Ltd.Şti.'ye ait Büyükçekmece'deki fabrikasında kurulu olan 630kVA ABB marka yağlı tip trafo , Metal işleme sektörüne ait motor gömleği ve piston pimi üreten Parsat Piston Dağıtım Tic.San.A.Ş.'nin Yenibosna'daki Fabrikasında kurulu olan 2000kVA ABB marka yağlı tip trafosundan , tekstil sektörüne ait Kilim Tekstil'in Edirne'deki tesisinden 1600kVA ABB marka yağlı tip dağıtım trafosundan , Tekboy Tekstil ve Boyama San.ve Tic.A.Ş.'nin Lüleburgaz'daki tesisinde kurulu olan 1600kVA ABB marka yağlı tip dağıtım trafosundan , Caan Tekstil San.veTic.A.Ş.'nin Yenibosna'daki tesisinde kurulu olan 1600kVA ABB marka kuru tip trafosundan , İnterçağla Tekstil San.veTic.Ltd.Şti'nin Yenibosna'daki tesisinde kurulu olan 800kVA ABB marka yağlı tip dağıtım trafosundan , CHT Tekstil Kimya A.Ş.'nin Yenibosna'daki tesisinde kurulu olan 400kVA ABB marka yağlı tip trafosundan, matbaa sektörüne ait Türkiye'nin en büyük matbaaları olan Oluşur Matbaa(300kW) , Boyut Matbaa(300kW) , BVD Matbaa (300kW) , Sinangin Matbaa (265kW) , Graphis Matbaa (200kW) güçlere sahip fabrikalar multilog adı verdiğimiz enerji analizörü yardımıyla birer dakika arayla alınan L1,L2,L3 fazlarına ait faz akımı değerleri , THDU ve THDI değerleride dahil olmak üzere 3.,5.,7.,9.,11.,13.,15.,17.,19., akım ve gerilim harmonikleri 3000'er adet örneklemeyle matlab 6.5 yardımıyla modellenmiştir ve bu ölçümler sekizinci bölümde ayrıntılarıyla incelenmiştir.

Bu çalışma ile elde edilen sonuçlar şu şekilde sıralanabilir :

1. Lineer olmayan yükler içeren elektrik güç sistemlerinde harmonikler sebebiyle kayıplar , gerilim düşümleri , rezonans olayları , dielektrik zorlanma , ölçme , koruma ve kontrol sistemlerinin hatalı çalışması vb. gibi problemler ortaya çıkmaktadır. Ortaya çıkan ek kayıpların hesaplanması , güç faktörünün düzeltilmesi , gerilimdeki harmonik bileşenlerin ve Toplam Harmonik Dsitorsiyonu değerlerinin

belirlenmesi ve harmoniklerin olumsuz etkilerinin giderilmesi açısından harmonik analiz önem taşımaktadır.

2. Sektörlere ait analiz sonuçlarına bakıldığında ve Ek-2'deki sektörel bazda oluşturulmuş tablolar incelendiğinde metal işleme ve istifleme sektöründeki tüm fabrikaların Toplam Gerilim Harmonik Distorsiyonu (THDU) sınır değerler üzerinde çıkmaktadır. Yine aynı şekilde Tekstil sektöründe ise incelenen beş fabrikanın dördünde aynı durum gözükmektedir . Matbaa sektöründe filtre devreleri olmamasına rağmen , incelenen fabrikaların tümünde harmonik değerleri standart değerlerin altında kalmaktadır. Bunun sebebi son teknoloji ile üretilen basım makinelerinin kendi filtre düzeneklerine sahip olmasıdır.

3. Harmonikler süzülmedikleri takdirde , şebeke ve önemli cihazlar üzerinde zarara, gerilim düşümü ve kayıpların artmasına, motorlarda ve çeşitli makinalarda aşırı ısınma ve salınımlara , kondansatörlerde güç düşmesine ve sistem kompanzasyonunda problemlere yol açmaktadır. Aynı zamanda rezonans tehlikesi de arz etmektedir. Standartlara göre yüksek olan harmoniklerin pasif filtre devreleri yardımıyla etkilerinin ortadan kaldırılması önem taşımaktadır. İncelenen sanayi kuruluşlarının Türkiye'nin başlıca sektörlerinde bulunması durumun önemini daha açıkça ortaya koymaktadır.

4. Avrupa Birliği süreci içerisinde Türkiye'de enerji ile ilgili standartların oluşturulması , uygulanması ve denetlenmesinin, üretime dayalı sektörlerde ne kadar önemli olduğunun vurgulanması gerekliliği açıkça gözükmektedir.

5. Yeni tesis edilecek fabrikaların tasarım aşamasında bir ön bilgi olması açısından harmonik bozunum değerleri önem taşımaktadır. İncelenen sektörlerle ilişkin fabrikalardan elde edilen değerlerin standart değerler üzerinde kalmış olanları aşağıdaki gibidir . ( Fabrikaların sıralaması tez içindeki sıralama ile aynıdır.)

Tablo 9.1.: Tekstil sektörüne ait harmoniklerin gösterimi

TEKSTİL	THDU	H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17	H19
FABRİKA1										
FABRİKA2										
FABRİKA3										
FABRİKA4										
FABRİKA5										

Tablo 9.2.: Metal sektörüne ait harmoniklerin gösterimi

METAL	THDU	H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17	H19
FABRİKA1										
FABRİKA2										
FABRİKA3										
FABRİKA4										
FABRİKA5										
FABRİKA6										

Matbaa sektöründeki yüklerin pasif filtreleri kendi üzerinde barındırmalarından dolayı harmonik değerleri hiçbir noktada standart değerlerin üzerine çıkmamıştır.

Bu çalışma sonucunda aşağıdaki önerilere yer verilebilir :

1. Elektrik güç sistemlerinde çok sayıda yüksek ve düşük güçlü lineer olmayan yük bulunduğu göz önüne alınırsa , ek kayıpların , harmonik gerilimlerinin ve THD değerlerinin de yüksek değerlere ulaşacağı açıkça görülmektedir. Bu durum aynı şebekeden beslenen lineer yüklerin sinüsoidal olmayan gerilime maruz kalmasına yol açacaktır. Bu durum cihazların bozulmasına ve tüketici haklarına yeni bir boyut kazandıracaktır. Harmoniklerin sistemden süzülmemesi durumunda enerji maliyetleri yükselecek ve bu durum üreticiden tüketiciye yansıtacaktır.
2. Gelecekte güç sistemlerinde nonlineer çalışma özelliği gösteren yüklerin artması kaçınılmazdır. Bu durumda daha tesisin kuruluş ve tasarım aşamasında düşük seviyede harmonik üretmesi için tedbirler alınmalıdır. Bunlardan bir tanesi benzer fabrikaların kurulum aşamasında enerji sorunlarına ışık tutabilmek amacıyla bir bilgi alt yapısı hazırlanmalıdır.
3. Tüketicileri dengeli gerilim ile beslemek için gerekli önlemler alınmalıdır. Faz akımlarının dengeli olmaması , harmonik kayıpları daha da arttırmaktadır. Alçak gerilim dağıtım sistemlerinde gerilimlerin dengeli olmasını sağlamak , dengesiz akımlar sebebiyle nötr iletkenin yüklenmesini önlemek için yüklerin fazlara eşit dağılımının sağlanmasına özen gösterilmelidir.
4. Güç sistemlerinde kompanzasyon maksatlı olarak kullanılan kondansatör elemanlarının uygun seçilmemesi durumunda toplam harmonik distorsiyonu değerinde artış olabilecektir. Kompanzasyon işleminde mutlaka harmoniklerin bulunduğu şartlar altında analiz yapılmalıdır.

5. Fabrikaların enerji spektrumları ayrıntılı olarak çıkarılmalıdır ve THD değeri yüksek olanlar tespit edildiğinde enerji fiyatını belirleyen kurum tarafından farklı tarife uygulanması harmoniklerin azaltılması açısından önemli bir girişim olacaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] Özen,N.,”Türkiye’de güç kalitesinin değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmit, 2004.
- [2] Adak,S.,”Enerji Sistemlerinde Harmonik Distorsiyonun Azaltılması”, Doktora tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi* , İstanbul , 2002.
- [3] Şahin,Ö.”Elektrik Güç Sistemlerinde Harmonik Analizi” , Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 2003.
- [4] Ferracci,P.,Schneider Electric , October(2001) “Cahier Technique no:199 Power Quality” , [www.schneiderlectric.com.tr](http://www.schneiderlectric.com.tr) , **Ziyaret tarihi:01/05/2005**
- [5] Atasal,M.,”Güç Kalitesi ve Fliker” , Yüksek Lisans Tezi , *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* , İstanbul, 2000.
- [6] Arrilaga ,J., Bradley,D.A. and Bodger,P.”Power System Harmonics”,John Willey ,1985 , *İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi*.
- [7] Kocatepe,C.Pr.Dr.,”Elektrik Tesislerinde Harmonikler” ,*Birsen Yayınevi*, 2005.
- [8] Curve fitting, <http://www.efunda.com/math/leastsquares/leastsquares.cfm> , **Ziyaret Tarihi:04/05/2006**
- [9] Curvefit toolbox , Matlab R6.5 , [www.mathworks.com](http://www.mathworks.com) , **Ziyaret Tarihi:04/05/2006**

## **EK - A**

L2 ve L3 fazlarına ait grafikler tezin arka kapağındaki cep bölümündedir.

## **ÖZGEÇMİŞ**

23/07/1979' da İstanbul'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2003 yılında Kocaeli Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Aynı sene Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Bölümünde Yüksek Lisans eğitimine başladı.