

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ*FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KAYSERİ VE CİVARI ENERJİ KALİTE PROBLEMLERİNİN
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik Müh. Recep AKPAK

Anabilim Dalı: Elektrik Mühendisliği

Danışman: Yrd. Doç. Dr. E. Mustafa YEĞİN

KOCAELİ, 2006

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ*FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KAYSERİ VE CİVARI ENERJİ KALİTE PROBLEMLERİNİN
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik Müh. Recep AKPAK

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 30 Mayıs 2006

Tezin Savunulduğu Tarih : 26 Temmuz 2006

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. E. Mustafa YEĞİN



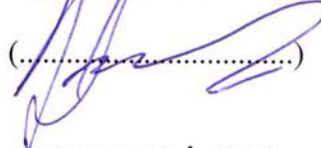
Üye

Yrd. Doç. Dr. Mehmet BAYRAK



Üye

Yrd. Doç. Dr. Hasbi İSMAİLOĞLU



KOCAELİ, 2006

ÖNSÖZ

Yarı iletken teknolojisinde meydana gelen hızlı gelişmelerle birlikte değişken hız sürücü devreleri ve anahtarlama güç kaynakları gibi doğrusal olmayan hassas yük kullanımının yaygınlaşması sonucunda güç kalitesi önemli bir sorun haline gelmiştir. Dolayısıyla elektrik tüketicileri açısından; ideal güç kalitesinden sapmanın hangi ölçülerde müsaade edilebileceği, kullanılan cihazların tipleri ve kullanıcının kendi ihtiyaçlarına olan bakış açısı gibi faktörler önem kazanmaya başlamıştır.

Bu tezde, K.C.E.T.A.Ş tarafından Kayseri ilinde kurulan sayaç otomasyon sisteminden elde edilen veriler incelenmiştir. Bu veriler; Kayseri geneli tüm tüketici gruplarının aylık, günlük ve saatlik yük eğrilerindeki etkilerini göz önüne koymuştur. Ayrıca plastik ve demir sektörlerinde faaliyet gösteren iki ayrı işletmeye ait ölçüm verileri sayesinde; işletmelere ait güç kalitesi problemleri sınıflandırılmış ve bu problemlerin oluşma nedenleri tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Çalışma boyunca her türlü desteği sağlayan K.C.E.T.A.Ş yetkilileri Sayın Ali CESUR, Sayın Mükremin ÇEPNİ ve Sayın Görkem Taylan HERDEM ile birlikte danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. E. Mustafa YEĞİN' e teşekkür ederim. Ayrıca çalışmamın her aşamasında benden destek ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Arş. Gör. Ömer Özgür GENCER'e teşekkürü bir borç bilirim.

Recep AKPAK

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLOLAR DİZİNİ	vi
SİMGELER.....	vii
ÖZET	viii
İNGİLİZCE ÖZET.....	ix
1. ELEKTRİK ENERJİSİNDE KALİTE KAVRAMI	1
2. ENERJİ KALİTESİ PROBLEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI	6
2.1. Kısa Süreli Gerilim Değişimleri	6
2.1.1. Gerilim yükselmesi	8
2.1.2. Gerilim kesintisi.....	8
2.1.3. Gerilim düşmesi.....	9
2.2. Uzun Süreli Gerilim Değişimleri	21
2.2.1. Aşırı gerilim	22
2.2.2 Düşük gerilim.....	22
2.3. Geçici Olaylar	23
2.3.1. Darbeli geçici olaylar	23
2.3.2. Salınımlı geçici olaylar	24
2.4. Gerilim Dengesizliği.....	27
2.5. Dalga Şekli Bozukluğu	28
2.5.1. D.C bileşen.....	28
2.5.2. Harmonikler	28
2.5.4. Çentik	33
2.5.5. Elektriksel gürültü.....	33
2.6. Gerilim Dalgalanması	34
2.7. Güç Frekans Değişimleri	34
3. TÜRKİYE’DE DAĞITIM VE İLETİM OTOMASYONU.....	36
3.1. Türkiye’de Dağıtım ve İletim Otomasyonunun Durumu.....	36
3.1.1. Elektrik iletim sisteminde otomasyon.....	36
3.1.2. Elektrik dağıtım sisteminde otomasyon.....	39
4. K.C.E.T.A.Ş’ TAN ALINAN ÖLÇÜM VERİLERİNİN İNCELENMESİ.....	42
4.1. K.C.E.T.A.Ş Hakkında Genel Bilgi	42
4.1.1. Sayaç otomasyon sistemi	43
4.1.2. Kayseri ve Civarı T.A.Ş’ nin genel yük profili.....	45
4.2. Plastik ve Demir Sektörlerinde Enerji Kalitesi Problemlerinin İncelenmesi.....	48
4.2.1. Plastik işletmesinde yıllara göre çekilen güçler	49
4.2.2. Demir işletmesinde yıllara göre çekilen güçler.....	51
4.2.3. Plastik işletmesindeki gerilim kalitesi	53
4.2.4. Demir işletmesindeki gerilim kalitesi	56
4.2.5. İşletmelerde algılanan geçici olaylar.....	59
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	69
KAYNAKLAR	71

EK-A: Plastik İşletmesi Nisan Arıza Data Kaydı.....	73
EK-B: Demir İşletmesi Nisan Arıza Data Kaydı.....	81
ÖZGEÇMİŞ	89

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Gerilimde oluşan kesilme, düşme ve yükselme olayları	7
Şekil 2.2. Tek faz toprak arızasında meydana gelen gerilim yükselmesi	8
Şekil 2.3. Arıza sonucu oluşan gerilim kesintisi	9
Şekil 2.4. Gerilimde oluşan düşme	10
Şekil 2.5. Gerilim düşmelerinin şebekede dağılımı	12
Şekil 2.6. Gerilim düşmelerinin şebeke gücüne ve hata noktasına uzaklığa göre değişimi	12
Şekil 2.7. C.B.E.M.A eğrisi	14
Şekil 2.8. I.T.I.C eğrisi	14
Şekil 2.9. A.N.S.I eğrisi	15
Şekil 2.10. Gerilim düşmelerine karşı maliyetler	17
Şekil 2.11. Besleme devresindeki gerilim düşmesinin I.T.I.C eğrisi ile karşılaştırılması	18
Şekil 2.12. Gerilim düşmesinde dalga şeklinin değişimi	21
Şekil 2.13. Aşırı gerilim durumunda dalga şeklinin değişimi	22
Şekil 2.14. Düşük gerilim durumunda dalga şeklinin değişimi	23
Şekil 2.15. Yıldırım ile oluşan darbeli geçici olayların dalga şekli	24
Şekil 2.16. Kondansatör gruplarının enerjilendirilmesiyle oluşan salınımlı olaylar .	25
Şekil 2.17. Kondansatör gruplarının enerjilendirme gerilimince oluşan düşük frekanslı geçici olaylar	26
Şekil 2.18. Ferro-rezonans ile oluşan düşük frekanslı salınımlı geçici olayın dalga şeklinin değişimi	27
Şekil 2.19. Fiderden alınan bir haftalık ölçümlere göre gerilimin değişimi	28
Şekil 2.20. Gerilim sinyalinin harmonikli bileşenlerinin bir periyotta gösterimi	29
Şekil 2.21. Bir A.H.S' nün giriş akımının dalga şekli ve harmonik spektrum	31
Şekil 2.22. Üç fazlı bir konvertörün gerilim dalga şekli	33
Şekil 2.23. Elektriksel gürültü	33
Şekil 2.24. Bir ark fırını tarafından oluşturulan gerilim dalgalanması	34
Şekil 2.25. Gerilimde oluşan güç frekans değişimi	35
Şekil 3.1. Mevcut ulusal yük dağıtım sisteminin hiyerarşik yapısı	38
Şekil 4.1. Sayaç otomasyonunda kullanılan programın önyüzü	43
Şekil 4.2. Sayaç otomasyon sistemi prensip şeması	44
Şekil 4.3. 2005 yılında T.E.İ.A.Ş' tan satın alınan enerji	46
Şekil 4.4. Kayseri genelinde mart ayında çekilen toplam yükün gün içinde değişim oranları	47
Şekil 4.5. Yıllara göre T.E.İ.A.Ş' tan satın alınan enerji	47
Şekil 4.6. Plastik işletmesinde günlere göre çekilen güçler	49
Şekil 4.7. Plastik işletmesinde günlere göre çekilen güçlerin oranları	50
Şekil 4.8. Demir işletmesinde günlere göre çekilen güçler	51
Şekil 4.9. Demir işletmesinde günlere göre çekilen güçlerin oranları	52
Şekil 4.10. Plastik işletmesinde meydana gelen gerilim düşme-yükselmesinin dağılımı	53
Şekil 4.11. Plastik işletmesindeki gerilim düşmelerinin zamana bağlı değişimi	54

Şekil 4.12. Plastik işletmesindeki gerilim yükselmelerinin zamana bağlı değişimi ..	54
Şekil 4.13. Plastik işletmesinde gerilim kalitesi problemlerinin oranları	56
Şekil 4.14. Demir işletmesinde meydana gelen gerilim düşme-yükselmesinin dağılımı	56
Şekil 4.15. Demir işletmesindeki gerilim düşmelerinin zamana bağlı değişimi.....	57
Şekil 4.16. Demir işletmesindeki gerilim yükselmelerinin zamana bağlı değişimi...	57
Şekil 4.17. Demir işletmesinde gerilim kalitesi problemlerinin oranları.....	58
Şekil 4.18. Plastik işletmesinde 1 nisan günü 07:11:15'de meydana gelen arıza	60
Şekil 4.19. Demir işletmesinde 1 nisan günü 07:11:16'da meydana gelen arıza	60
Şekil 4.20. Plastik işletmesinde 1 nisan günü 07:11:15'deki data kaydında bulunan arızalı kısım.....	61
Şekil 4.21. Demir işletmesinde 1 nisan günü 07:11:16'daki data kaydında bulunan arızalı kısım.....	61
Şekil 4.22. Plastik işletmesinde 4 nisan günü 11:44:39'da meydana gelen arıza	63
Şekil 4.23. Demir işletmesinde 4 nisan günü 11:44:39'da meydana gelen arıza	63
Şekil 4.24. Plastik işletmesinde 4 nisan günü 11:44:39'daki data kaydında bulunan arızalı kısım.....	64
Şekil 4.25. Demir işletmesinde 4 nisan günü 11:44:39'daki data kaydında bulunan arızalı kısım.....	64
Şekil 4.26. Plastik işletmesinde 4 nisan günü 12:01:17'de meydana gelen arıza	66
Şekil 4.27. Demir işletmesinde 4 nisan günü 11:59:29'da meydana gelen arıza	66
Şekil 4.28. Plastik işletmesinde 4 nisan günü 12:01:17'deki data kaydında bulunan arızalı kısım.....	67
Şekil 4.29. Demir işletmesinde 4 nisan günü 11:59:29'daki data kaydında bulunan arızalı kısım.....	67

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 2.1. Kısa süreli gerilim değişimleri	7
Tablo 2.2. Uzun süreli gerilim değişimleri	22
Tablo 2.3. Diğer gerilim değişimleri.....	23
Tablo 3.1. S.C.A.D.A projesi kapsamındaki iller	40
Tablo 4.1. Bazı indirici trafo merkezlerinin bilgileri	48
Tablo 4.2. Bazı müşterilerin besleme bilgileri.....	48
Tablo 4.3. Plastik işletmesinde 1 nisan günü 07:11:15'deki arıza data kaydı	62
Tablo 4.4. Demir işletmesinde 1 nisan günü 07:11:16'daki arıza data kaydı.....	62
Tablo 4.5. Plastik işletmesinde 07:11:15'deki cihaz kayıtları	62
Tablo 4.6. Plastik işletmesinde 4 nisan günü 11:44:39'daki arıza data kaydı	65
Tablo 4.7. Demir işletmesinde 4 nisan günü 11:44:39'daki arıza data kaydı.....	65
Tablo 4.8. Plastik işletmesinde 4 nisan günü 11:44:39'daki cihaz kayıtları.....	65
Tablo 4.9. Plastik işletmesinde 4 nisan günü 12:01:17'deki arıza data kaydı	68
Tablo 4.10. Demir işletmesinde 4 nisan günü 11:59:29'daki arıza data kaydı.....	68
Tablo 4.11. Her iki işletme için 4 nisan günü 11:59:29 ile 12:01:17'deki cihaz kayıtları	68

SİMGELER

Kısaltmalar

A.B.D	: Amerika Birleşik Devletleri
A.C	: Alternative Current
A.H.S	: Ayarlanabilir Hız Sürücüsü
A.N.S.I	: American National Standart Institute
B.K.M	: Bölgesel Kontrol Merkezi
C.B.E.M.A	: Computer Business Equipment Manufacturing Association
C.I.S	: Customer Information System
D.C	: Direct Current
D.M.S	: Distribution Management System
D.V.R	: Dynamic Voltage Restorer
D.Y.S	: Dağıtım Yönetim Sistemi
E.M.S	: Energy Management System
E.P.D.K	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
G.I.S	: Geographic Information System
G.P.R.S	: General Packet Radio Service
G.S.M	: Global System For Mobile Communications
H.E.S	: Hidro Elektrik Santral
I.E.C	: International Engineering Consortium
I.E.E.E	: Institute of Electrical and Electronic Engineers
I.T.I.C	: Information Technology Industry Council
K.C.E.T.A.Ş	: Kayseri ve Cıvırı Elektrik Türk Anonim Şirketi
O.P.G.W	: Optical Fiber Composite Ground Wire
P.C.C	: Point of Common Coupling
P.L.C	: Power Line Carrier
P.U.	: Per Unit
S.C.A.D.A	: Supervisory Control And Data Acquisition
T.C.M.S	: Trouble Call Management System
T.E.İ.A.Ş	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
T.E.T.A.Ş	: Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi
T.E.K	: Türkiye Elektrik Kurumu
T.H.B	: Toplam Harmonik Bozunum
T.M	: Trafo Merkezi
U.K.M	: Ulusal Kontrol Merkezi
U.P.S	: Uninterrupted Power Supply
U.T.B	: Uzak Terminal Birimi
U.Y.D	: Ulusal Yük Dağıtım

KAYSERİ VE CİVARI ENERJİ KALİTE PROBLEMLERİNİN İNCELENMESİ

Recep AKPAK

Anahtar Kelimeler: Güç kalitesi, güç kalitesi izleme, sayaç otomasyonu, gerilim düşmesi, gerilim yükselmesi

Özet: Elektrik enerjisi üretimini ve dağıtımını yapan kurumlar ve tüketiciler için elektrik güç kalitesi giderek artan bir öneme sahiptir. 1980’li yılların sonlarına doğru güç kalitesi terimi endüstrinin odaklandığı bir anahtar kelime olmuştur.

Güç kalitesinin bu kadar önem kazanmasıyla birlikte güç kalitesini izleyebilmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Sayaç Otomasyon Sistemi bu amaçla geliştirilmiş yöntemlerden biridir. Ayrıca bu sistem sayesinde belirlenen sürelerde çekilen aktif, reaktif ve görünür güç bilgileri kaydedilmektedir.

Bu çalışmada güç kalitesiyle ilgili tanımlar ve standartlar açıklanarak güç kalitesi problemleri ele alınmıştır. Kayseri ili genelinde 2005 yılında tüketilen enerji miktarına ait veriler incelenmiştir. Bu veriler ay, gün ve saat bazında incelenerek çeşitli tahminlerde bulunulmaya çalışılmıştır. Ayrıca aynı dağıtım barasından beslenen plastik ve demir işletmelerinin güç kalitesi problemleri karşılaştırılmıştır. Bu sayede şebekede oluşan arıza nedenleri ve sıklıklarıyla ilgili bulgulara ulaşılmıştır.

SURVEY OF KAYSERİ AND IT'S VICINITY ENERGY QUALITY PROBLEMS

Recep AKPAK

Keywords: Power quality, power quality monitoring, meter automation, voltage sag, voltage swell

Abstract: Both electrical utilities and customers of electrical power are becoming increasingly concerned about the quality of electrical power. The term power quality has become one of the most prolific buzzwords in power industry since the late 1980s.

Due to the development of interest in electrical power quality, different types of methods have been improved for monitoring the power quality problems. Meter Automation System is enhanced for this purpose. Active, reactive and complex power metering data, sampled at definite times, can be recorded by this system.

In this thesis, power quality problems are revealed dealing with power quality definitions and standards. The consumption of electrical energy at the City of Kayseri in 2005 is examined. Various estimations are built up by examining of data in the form of month, day and hour. A comparison of power quality problems in plastic and iron facilities fed by the same distribution bus are presented. By this way, various results are obtained about the reasons and densities of disturbances in the network.

1. ELEKTRİK ENERJİSİNDE KALİTE KAVRAMI

Elektrik enerjisi; kullanımı rahat, üretimi kolay, ekonomik, temiz ve çok yönlü kullanılmaya elverişli bir enerji türüdür. Elektrik enerjisi olmadan bugünkü uygarlığın varlığı ve devamı düşünülemezdi. Dolayısıyla, hayatımızda bu kadar geniş bir yer kaplayan elektrik enerjisinin kalite sorunu, üzerinde sürekli çalışılması gereken bir konu olarak görülmektedir.

Enerji kalitesinin sağlanabilmesi için gerilim kaynağının; her zaman kullanıma hazır, gerilim ve frekans değerlerinin sınırlar içerisinde, sinüs eğrisi şeklinde dalga formuna sahip ve tamamen gürültüsüz olması gerekmektedir. Dolayısıyla güç kalitesi aslında gerilim kalitesi sorunudur.

Günümüzde, endüstriyel ve ticari etkinliklerin yürütülmesinde kaliteli enerji temini son derece büyük önem taşımaktadır. Enerji kalitesi sorunu, yakın geçmişe kadar elektrik dağıtım şebekesi şirketlerinin kontrolünde kalmıştır. Elektrik ve elektronik sektöründe meydana gelen hızlı gelişmeler paralelinde 90'lı yıllardan bu yana, değişken hız sürücü devreleri ve anahtarlamalı güç kaynakları gibi doğrusal olmayan yük kullanımının yaygınlaşması sonucunda, önemi gittikçe artmaktadır. Dolayısıyla tüketiciler açısından enerji kalitesi; gerilim ve frekanstaki değişimlere hangi ölçüde müsaade edilebileceği, kullanılan cihazların tipleri ve kullanıcının kendi ihtiyaçlarına olan bakış açısı gibi birçok faktöre bağlı olarak değişebilmektedir.

Elektrik enerjisinde kalite bozuklukları beş başlık altında incelenmektedir. Bunlar:

- Harmonik bozulma
- Şebeke yetersizliği
- Düşük ve aşırı gerilim
- Düşmeler ve darbeler
- Geçici olaylardır.

Bu problemlerin her birinin nedeni diğerlerinden farklı olup, bazı problemler enterkonnekte şebeke üzerinde çalışan tüm tüketicileri etkileyebilmektedir. Örneğin ana dağıtım şebekesinde oluşan bir arıza, gerilim düşmelerine yol açarak diğer tüketicilerde görülebilmektedir ve arızanın büyüklüğüne bağlı olarak daha fazla sayıdaki tüketici bu tip bir arızadan etkilenebilmektedir. Bununla birlikte bir tüketiciye ait arıza, harmonikler gibi müşterinin kendi tesisinden kaynaklanan, dağıtım şebekesine yayılarak aynı alt şebekeden beslenen diğer tüketicilerde geçici etkiler yaratabilmektedir. Dolayısıyla enerji kalitesi problemleri, şebeke ve tüketiciden kaynaklanabilmektedir.

Elektrik enerjisi dağıtımını yapan kuruluşlar, kaliteli enerji isteyen tüketicilerin ek maliyetlere katlanarak çeşitli önlemler alması gerektiğini savunmaktadır. Geniş bir kullanıcı kesimini besleyecek kaliteli elektrik enerjisinin üretilmesi ve kullanıcılara sunulması, yüksek yatırım maliyetleri gerektirmektedir. Ayrıca enerji dağıtım şebekesinden beslenen herhangi bir tüketicinin, mevcut sosyal ve yasal çerçeve içerisinde bu hakkını kullanmasında teknik olarak bazı sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Örneğin, tesisat ile ilgili kazıların yapılması sırasında yeraltı kabloları zarar görebilmekte, şiddetli rüzgâr ve dondurucu soğuklar gibi hava şartları hava hatlarında tamiri zor ve masraflı arızalara yol açabilmektedir. Bu nedenlerden dolayı, elektrik enerjisinin istenilen kalitede istenilen noktalara ulaştırılması için gerekli işlemlerin yapılması çoğunlukla tüketicinin kendi sorumluluğundadır. Bu şekilde elde edilen elektrik enerjisinin kalitesi dağıtım şebekesi tarafından verilen elektrik enerjisinin kalitesinden daha yüksek olacaktır.

Elektrik enerjisinin teminindeki kalite problemlerinin etkilerini ortadan kaldırmak veya azaltmak için mevcut mühendislik çözümlerinin yanında, bu alanda yeni gelişmeler de bulunmaktadır. Dolayısıyla, tüketicilerin çözümler, avantajlar ve maliyetler konusunda bilgilendirilmeleri gerekmektedir. Ayrıca tüketiciler ihtiyaç duydukları kalitede elektrik enerjisi elde etmek için yapılması gereken yatırımlara karar verebilmelidirler.

Enerji kalitesi problemleri şebekede kesintilere neden olabilmektedir. Bu şekilde oluşan kısa süreli kesintiler şebekeden veya tüketiciden kaynaklanabilmektedir.

Enerji kalitesi nedeniyle oluşan kısa süreli bir kesintinin maliyeti bazen bir saatlik bir kesintinin maliyeti kadar hatta daha fazla da olabilmektedir. Kesinti maliyetleri konusunda enerji dağıtımını yapan kuruluşlar veremedikleri elektrik enerjisinin maliyetini, tüketiciler ise üretim kaybı sonucu uğradıkları gelir kaybının maliyetini dikkate almaktadırlar. Kısa süreli bir elektrik kesintisinde, fatura edilemeyen elektrik enerjisi maliyetinin yanında, üretim kaybı ve tüketicinin uğradığı zararın maliyeti çok daha yüksek olabilmektedir. Uzun süreli kesintiler ise genellikle elektrik enerjisi dağıtımını yapan kurumlardan kaynaklanmaktadır. Bu tip kesintilere şebekede kullanılan cihazlar, iletkenler ve çeşitli bağlantılar neden olmaktadır.

Bilindiği gibi, enerji kalitesi problemlerinin belli bir cihaz üzerindeki etkisini somut olarak saptayabilmek oldukça kolaydır, zor olan; yeni müşterilerin devreye girmesiyle birlikte, cihaz ilave ve değişimleri nedeniyle, ortaya çıkan enerji kalitesi problemlerinin besleme sisteminin hangi noktasında meydana gelebileceğini tahmin edebilmektir. İstenmeyen durumların ortaya çıkmasını engelleyici teknikleri içeren dikkatli hazırlanmış tasarımlar sayesinde olumsuz etkiler en aza indirilebilir. Buradaki amaç; arıza noktalarını belirleyerek engelleyici cihazlar kullanmak veya alternatif besleme imkânları tesis ederek arızaya rağmen işlemin sürekliliğini sağlamaktır. Bu şekilde tasarlanan sistemlerin bakımı daha kolaydır ve mutlaka daha iyi sonuçlar alınır. Kesilmelere yol açacak durumları önleyici tasarımların başlangıç aşamasında oluşturulması çok önemlidir. Kısa ve uzun süreli enerji kesintilerine karşı yedek jeneratör ve U.P.S sistemleri, kesintilerden kaynaklanan olumsuzlukları önleyici tasarımın vazgeçilmez unsurları olarak algılanmalıdır.

Enerji kalitesi problemlerinden dolayı oluşan gerilim düşmelerinin, yükselmelerinin ve kesintilerinin büyük çoğunluğu iletim ve dağıtım sistemlerinden kaynaklanmaktadır. Bu tip arızalar, elektrik enerjisi dağıtımını yapan kuruluşların sorumluluğu altındadır.

Elektrik enerjisinin dalga şeklinde bozulmalara yol açan harmonik problemlerinin sorumluluğu ise tüketiciye aittir. Şebekedeki harmonik problemlerinin nedeni genellikle tüketicilerin çektiği harmonikli akımlardır. Bir tesisatta oluşan harmonikli akımlar ortak bağlantı noktasına geri dönerek besleme empedansına ulaştığında

şebeke gerilimini bozar ve şebeke geriliminin dalga şeklinde harmonik bozunumlar oluşturur. Bu gerilim bozunmasının veya en azından bu oluşumun bazı bileşenleri, sistemin her tarafına dağılarak tüm iletim sistemindeki elemanları etkilemektedir. Harmonik kaynağının saptanması zor olduğundan, tüketiciler genellikle elektrik enerjisi dağıtımını yapan kuruluşları sorumlu tutarlar.

Aslında, harmonik problemlerinin tesisat dışı nedenlerden kaynaklanması son derece enderdir, bununla birlikte harmonik problemlerinin genellikle tesisatta kullanılan cihazlardan ve uygulamalardan kaynaklandığı görülmüştür. Gerilimdeki harmonik bozunumlar karşısında cihaz hassasiyetini ve cihazın yarattığı harmonik akım bozukluğunun ölçülebilmesi için ihtiyaç duyulan verilerin elde edilmesi kolay değildir. En önemli sorun, güç kaynağı ile kullanılan cihazlar arasındaki uyumun sağlanabilmesidir.

Gerilim değişimi ile gerilimdeki harmonik bozunumların limitlerini ve cihazların arızasız çalışabileceği asgari sınırları belirleyen bazı uluslararası standartlar mevcuttur. Bu standartlarda, besleme devresindeki gerilim sapması ile gerilimdeki harmonik bozunumlara ait limitler yer almaktadır. İdeal olarak bu limitler arasında bir güvenlik aralığının bulunması gerekir. Ancak, besleme kaynağındaki enerji kalitesinin sürekliliğinin ölçümünde besleme kaynağına ait değişkenler, kesin rakamlar yerine istatistiksel ifadeler şeklinde belirlenmiştir.

Geçici olaylar, gerilim veya akım dalgasının bir periyodundan çok daha kısa süren ve ani olarak meydana gelen yüksek frekans olaylarıdır. Yük anahtarlamaları ve dağıtım şebekesindeki yıldırım darbeleri ile tüketici bölgesinde veya aynı devre üzerinde yer alan diğer bölgelerdeki reaktif güç anahtarlamaları bu bozuklukların nedenleri arasındadır. Geçici olayların şiddeti tüketiciye ait tesisatta ve tesisata bağlı cihazlarda ciddi hasarlar yaratacak seviyede, örneğin birkaç bin volt düzeyinde olabilir. Bununla birlikte geçici olaylar bilgi işlem sistemlerinde, veri bozulmalarından dolayı, karışıklıklara neden olur. Bu sorunlar nedeniyle, elektrik enerjisi dağıtımını yapan kurumlar ve telekomünikasyon firmaları geçici olayların meydana gelmesini ve tüketicilerin sistemlerine yayılarak olumsuz etkiler oluşturmasını önlemek için çeşitli önlemler almaktadırlar. [1,3]

Elektrik enerjisinde kalitenin garanti altına alınması, başlangıç aşamasında iyi tasarım, etkin ve uygun cihaz seçimi, elektrik enerjisinin dağıtımını yapan kuruluş ile işbirliği, sürekli kontrol ve dikkatli bakım gerektirmektedir. Diğer bir ifade ile bütünlük ilkesine dayalı bir yaklaşım içerisinde güç kalitesi geliştirme prensipleri ve uygulamaları iyi bir şekilde analiz edilmelidir.

2. ENERJİ KALİTESİ PROBLEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Elektrik enerjisi güç sistemlerinde ortaya çıkan kalite problemleri farklı kaynaklarda çeşitli sayıda kategorilere ayrılmaktadır. Bu çalışmada yapılan sınıflandırma ise enerji kalite problemlerinin tanımları ve karakteristikleri göz önüne alınarak oluşturulmuştur. Bu kategoriler aşağıda sıralanmıştır:

- Kısa süreli gerilim değişimleri
- Uzun süreli gerilim değişimleri
- Geçici olaylar
- Dalga şekli bozuklukları
- Gerilim dalgalanmaları
- Güç frekans değişimleri

2.1. Kısa Süreli Gerilim Değişimleri

Kısa süreli gerilim değişiminin sınırları I.E.E.E 1159 standardına göre şu şekilde belirtilmiştir:

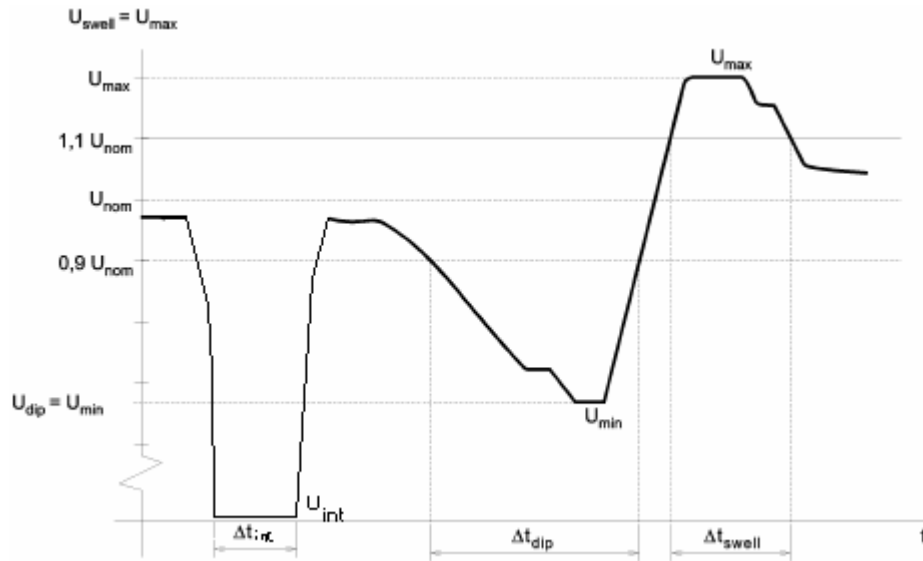
3.1.73 Voltage Variations, Short-Duration : Kısa süreli gerilim düşmeleri, nominal gerilimin efektif değerinin 0,1 p.u. ile 0,9 p.u. genlikleri arasında 10 msn (0,5 periyot) ile 1 dakika (300 periyot) kadar sürdüğü gerilim değişimleridir. [4]

Tablo 2-1’de, kısa süreli gerilim değişimlerinin oluşma sürelerine bağlı olarak sınıflandırılması gösterilmiştir. Tablodan görüldüğü gibi kısa süreli gerilim değişimleri ani, anlık ve geçici olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır. Gerilimdeki bu değişimlerin nedenleri arasında şebeke yetersizliği, şebekede görülen kısa devre arızaları ve arıza sonucunda ortaya çıkan anahtarlamalar, yıldırım, yüksek başlangıç akımlarına ihtiyaç duyan büyük yüklerin devreye alınmaları ve aşırı yüklenme gibi durumlar gösterilebilir. [2,3]

Sistem koşulları ve arıza yerine bağlı olarak gerilimde oluşan düşmeler, yükselmeler ve kesintilerin etkileri değişiklik gösterebilmektedir.

Tablo 2-1: Kısa Süreli Gerilim Değişimleri [5]

Tipi	Süresi	Gerilim Değişimi
Ani		
Kesinti	0,5-30 periyot	<0,1 p.u.
Gerilim Düşmesi	0,5-30 periyot	0,1-0,8 p.u.
Gerilim Yükselmesi	0,5-30 periyot	1,1-1,8 p.u.
Anlık		
Kesinti	0,5-3 sn	<0,1 p.u.
Gerilim Düşmesi	30 periyot-3 sn	0,1-0,8 p.u.
Gerilim Yükselmesi	30 periyot-3 sn	1,1-1,8 p.u.
Geçici		
Kesinti	3 sn-1 dk	<0,1 p.u.
Gerilim Düşmesi	3 sn-1 dk	0,1-0,8 p.u.
Gerilim Yükselmesi	3 sn-1 dk	1,1-1,8 p.u.

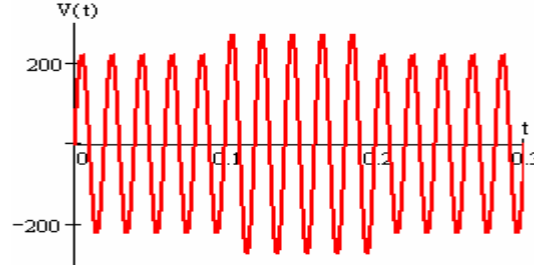


Şekil 2.1: Gerilimde oluşan kesilme, düşme ve yükselme olayları [5]

Şekil 2.1'de gerilimde Δt zaman aralıklarında meydana gelen gerilim düşme, yükselme ve kesinti olayları görülmektedir.

2.1.1. Gerilim yükselmesi

Gerilim yükselmesi, gerilimin efektif değerinin 1,1 p.u ile 1,9 p.u genlikleri arasında 10 msn (0,5 periyot) ile 1 dakika (300 periyot) kadar sürdüğü gerilim değişimleridir. Aynı zamanda ani aşırı gerilim olarak da bilinmektedir. Gerilim yükselmeleri genellikle sistem arızaları, büyük yüklerin anahtarlanması veya kapasite banklarının enerjilendirilmeleri sonucu oluşmaktadır. Gerilim yükselmesi tek faz-toprak arızası esnasında arızasız fazlarda geçici gerilim artışları meydana getirebilmektedir. Gerilim düşmeleri kadar yaygın olmamakla beraber yükselme süresi ve kalıcı gerilim parametreleri ile karakterize edilir. Arıza koşullarında görülen gerilim yükselmesinin ciddiyeti sistem empedansına, arızanın yerine ve topraklamaya bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu tip kalite problemleri cihaz donanımlarının aşırı ısınmadan dolayı düzgün çalışmamasına neden olmaktadır. Şekil 2.2'de nominal gerilimi 220 V olan bir şebekede 5 periyot boyunca süren ve tek faz-toprak arızasından dolayı oluşan gerilim yükselmesi görülmektedir.

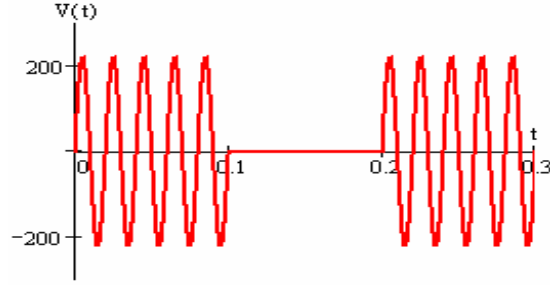


Şekil 2.2: Tek faz toprak arızasında meydana gelen gerilim yükselmesi

2.1.2. Gerilim kesintisi

Kesinti, besleme geriliminin bir dakikayı aşmamak koşuluyla, efektif değerinin 0,1 p.u değerinin altına düşmesi olarak tanımlanmaktadır. Aşırı ısınmaya bağlı olarak devre kesicilerinin açması, yıldırım ve sistem arızaları olası kesinti nedenleri arasında gösterilebilir. Gerilimin, nominal değerinin %10'undan daha düşük değerlerde kaldığı süre kesinti süresi olarak adlandırılır. Kesintinin süresi cihazların bozulmaları veya bağlantı kopukluğu gibi nedenlerden dolayı düzensizlik gösterebilir. Sistemdeki bir arızadan ötürü oluşan kesintinin süresi sistemdeki

koruma cihazlarının cevap verme zamanı ile belirlenmektedir. Şekil 2.3’de, bir arıza sonucu oluşan ani kesinti durumu görülmektedir. Şekilde 220 V nominal gerilimde 5 periyot süren kesinti durumu gösterilmiştir.



Şekil 2.3: Arıza sonucu oluşan gerilim kesintisi

2.1.3. Gerilim düşmesi

Gerilim düşmelerinin çeşitli uluslar arası standartlara göre tanımı şu şekildedir:

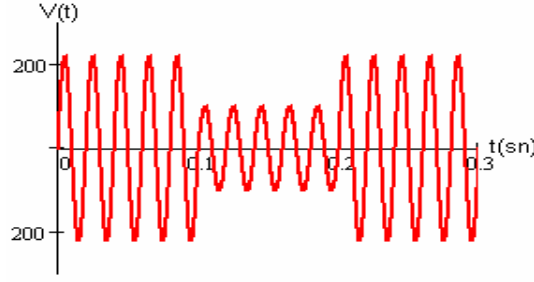
I.E.E.E 1159 Standardı’na göre gerilim düşmesinin tanımı;

3.1.51 Voltage Sag: Gerilim Düşmesi, nominal gerilimin efektif değerinin %10’u ile %90’ı arasında 10 msn ile 1 dakika kadar süren gerilim değişimleridir. [4]

I.E.C 61000-2-8 Standardı’na göre ise;

2.1 Voltage Dip, Voltage Sag: Gerilim düşmesi, enerji sistemindeki herhangi bir noktada gerilimin kısa süreyle, aniden belirlenen eşik değerinin altına düşüp tekrar eski halini almasıdır. [6]

Gerilim düşmeleri; kısa devre arızalarının belirmesi, tesisatta veya aynı devredeki başka tesisatlarda aşırı akımların oluşması nedeniyle meydana gelir. Ayrıca gerilim düşmeleri, süre ve kalıcı gerilim parametrelerini içeren iki boyutlu elektromanyetik bir rahatsızlıktır. Şekil 2.4’de 220 V’luk nominal gerilimin genliğinde oluşan %55’lik bir azalma sonucu 5 periyot süren gerilim düşümü görülmektedir.



Şekil 2.4: Gerilimde oluşan düşme

Gerilim düşmeleri endüstriyel ve ticari faaliyetlerin yürütülmesinde karşılaşılan en ciddi enerji kalitesi problemlerindendir. Gelişigüzel oluştuklarından sorunların ortaya çıkmasına neden olurlar ve önceden tahmin edilmeleri zordur.

Dağıtım sistemindeki arızalar, yükün ani olarak artması, yıldırım darbeleri veya endüksiyon motorları gibi büyük yüklerin enerjilendirilmeleri gerilim düşmesi nedenleri arasında sayılabilmektedir. Örneğin; bir yüksek gerilim iletim sisteminde yıldırımdan dolayı meydana gelen arıza sonucu gerilimde oluşan düşmeler %50 seviyelerine ulaşabilmekte ve 4 ile 7 periyot kadar sürebilmektedir. Bu olaylar sonucu meydana gelen gerilim düşmeleri, cihazların özellikleri ve hassasiyetleri gibi konular alt bölümlerde ele alınmıştır.

2.1.3.1. Büyük yüklerin neden olduğu gerilim düşmeleri

Büyük yükler devreye alındığında başlangıç akımı, normal çalışma akımının birkaç katından daha fazla olabilmektedir. Tesisat besleme devresi ve kablo donanımı normal çalışma akımına göre ölçümlendirildiğinden, yüksek başlangıç akımı hem besleme sisteminde hem de tesisatta gerilim düşmesine neden olmaktadır. Meydana gelen etkinin şiddeti, dağıtım sisteminin ne kadar 'sağlam' olduğuna, diğer bir ifade ile ortak birleşme noktasındaki empedansın ne kadar küçük olduğuna ve tesisattaki kablo donanımının empedansına bağlı olarak değişebilmektedir. Yüksek başlangıç akımlarından kaynaklanan gerilim düşmeleri, dağıtım sistemindeki arızaların yol açtığı düşmelere kıyasla daha az olup daha uzun sürelidirler ve tipik olarak bir saniyeden daha kısa olmamakla birlikte birkaç saniye kadar sürebilmektedirler.

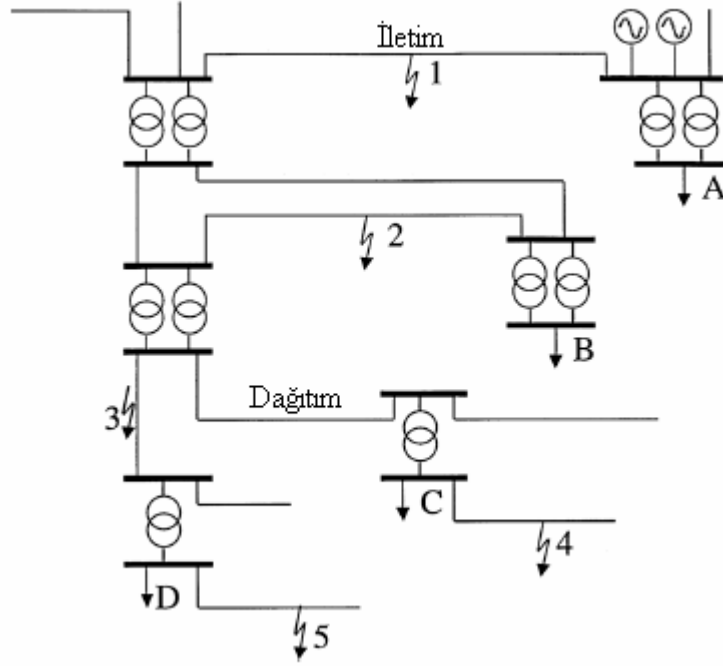
Dahili kablolardaki, aşırı yüksek dirençten kaynaklanan, tesisat problemlerini kolay bir şekilde çözüme ulaştırabilmek mümkündür. Büyük yüklerin, uygun gerilim seviyesinde girişe, ortak bağlantı noktasına veya besleme transformatörü sekonder devresine, direkt olarak bağlanması gerekir. Problemin ortak bağlantı noktası empedansından kaynaklanması halinde, örneğin besleme çok zayıf olduğunda, ilave önlem alınmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Çözüm olarak, kullanılmakta olan cihazların uygun olması kaydıyla, sisteme başlama akımını daha düşük bir değerde, ancak oldukça uzun bir süre, tutan basit bir starter ilave edilebilir. Düşük empedanslı bağlantı için tedarikçi firma ile temasa geçmek ikinci bir çözüm yoludur; ancak bu çözümün, bölgedeki dağıtım sisteminin coğrafyasına bağlı olarak, maliyetleri çok yüksek olabilir. Gerilim düşmesinin nedeni kontrol altına alınamadığı takdirde, giderilmesi için başka cihazlara ihtiyaç duyulacaktır. Geleneksel servo kontrollü mekanik stabilizatörler, elektronik kumandalı kademe değiştiricileri ve dinamik gerilim düzenleyicileri bu maksatla kullanılması uygun cihazlardır. [3,5,7]

2.1.3.2. Dağıtım devresindeki arızalardan kaynaklanan gerilim düşmeleri

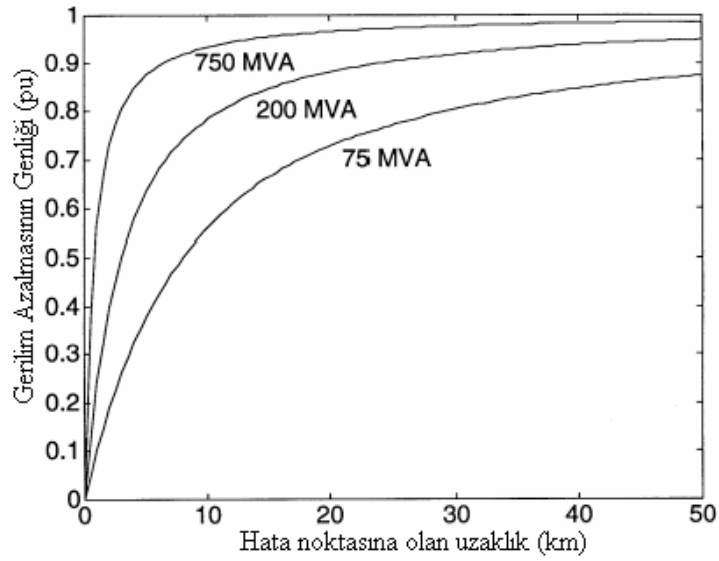
Sistemin herhangi bir yerinde meydana gelen bir arıza nedeniyle başka bir devrede oluşan gerilim düşmesinin derecesi, dağıtım sisteminin yapısına, göreceli olarak arızanın ve ortak birleşme noktasındaki yük ve jeneratörlerin kaynak empedanslarına bağlı olarak değişebilmektedir.

Şekil 2.5'deki sistemde, 1-5 arızaları, A-D yüklerinin gerilim seviyesini etkileyecektir. Örneğin 1 hatası, bağlı bulunduğu barayı ve alt gerilim seviyesinde bulunan tüketicileri etkileyecektir. Gerilimdeki düşme miktarı; şebeke parametrelerine, kısa devrenin tipine, süresine ve uzaklığına bağlı olarak değişmektedir. Üst gerilim seviyelerindeki hatalardan tüm alt gerilim seviyesindeki yükler etkilenirken, alt gerilim seviyesindeki hatalardan üst gerilim seviyesindeki yükler daha az etkilenmektedir.

Şekil 2.6'da, şebekenin gücüne ve hata noktasına olan uzaklığına bağlı olarak oluşan gerilim düşmelerinin değişimi görülmektedir. Buna göre yük kaynağa yaklaştıkça düşmeler daha az sayıda ve daha düşük şiddette olacaktır.



Şekil 2.5: Gerilim düşmelerinin şebekede dağılımı



Şekil 2.6: Gerilim düşmelerinin şebeke gücüne ve hata noktasına uzaklığa göre değişimi

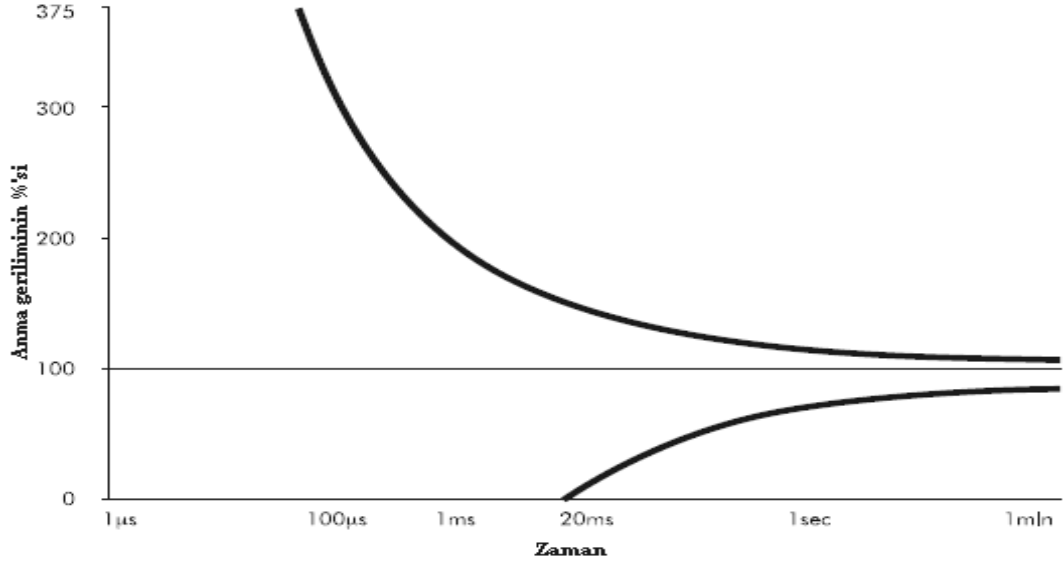
Gerilim düşmelerinin süresi, arızanın koruyucu devreler tarafından algılanabilmesi ve izole edilebilmesine bağlı olarak değişmekte ve genel olarak birkaç yüz milisaniye mertebesinde sürmektedir. Bununla birlikte enerji nakil hattında geçici arızalar da oluşabilmektedir. Örneğin, gerilim hattının üzerine bir ağaç dalı düşmesiyle birlikte

geçici bir arıza oluşabilir ve ortaya çıkan arıza çok kısa zamanda giderilebilir. Koruyucu cihazların devreyi tamamen kesmesi halinde, arıza ortadan kaldırılıncaya kadar devreden beslenen tüm müşteriler şebeke yetersizliğinden etkileneceklerdir. Otomatik devre kapatıcılarının kullanılması kolaylık sağlamaktadır, ancak otomatik kapatıcılar gerilim düşmelerinin sayısında artışa neden olmaktadır. Bir otomatik devre kapatıcı, koruyucu cihazların çalışmaya başlamasından çok kısa bir zaman, bir saniyeden daha kısa, sonra devreyi kapatmak için harekete geçer. Şayet arıza giderilmiş ise otomatik devre kapatıcı işlevini tamamlayacak ve tekrar enerji akışı başlayacaktır. Bu durumda, yukarıda ifade edildiği gibi, kesinti noktası ile otomatik devre kapatıcısı arasındaki yüklerde %100, diğer yüklerde ise, arıza ile arızanın giderilmesi arasında, daha küçük ve daha kısa süreli gerilim düşmeleri meydana gelecektir. Otomatik devre kapatıcı devreyi tekrar kapattığında arıza giderilmemişse, koruyucu cihazlar tekrar çalışmaya başlayacak ve otomatik devre kapatıcıdaki program gereği işlem tekrar edip duracaktır. Otomatik devre kapatıcısının arızalı devreyi her kapatmasında ayrı bir gerilim düşmesi meydana gelir ve hattın beslenen diğer müşteriler ardı ardına bir seri gerilim düşmeleri ile karşılaşır. Şebeke performansı kısmen belli esaslara bağlanmış İngiltere gibi bazı ülkelerin elektrik enerjisi piyasalarında, tipik olarak bir dakikayı geçen kesintiler dikkate alınarak, dakika üzerinden ortalama ‘müşteri kayıp zamanı’ belirlenmektedir. Gerilim seviyesinin düşme oranına karşı devre kesicilerin hassasiyetinin azaltılması kesinti verilerinin düşmelerine neden olmuş; fakat kaliteden ödün verilmiştir. [7]

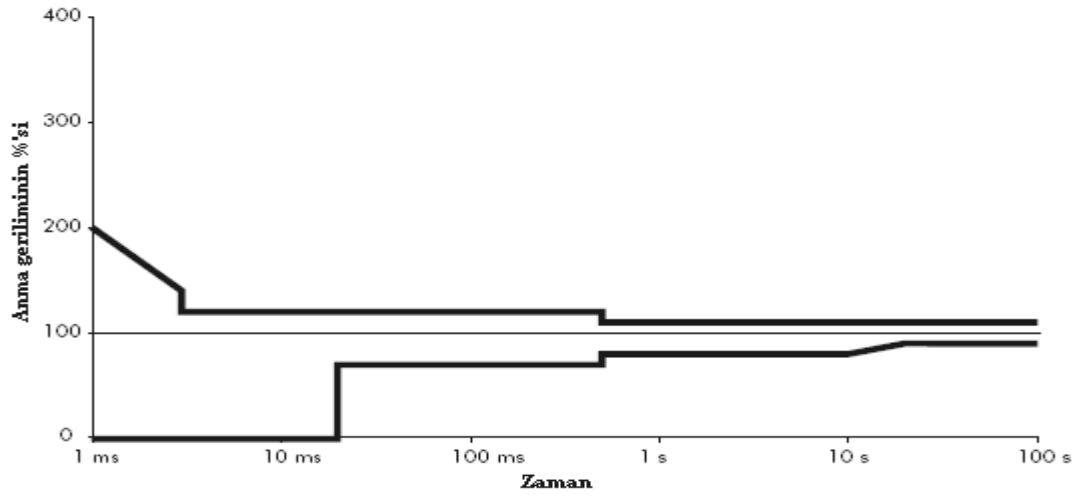
2.1.3.3. Cihazların duyarlılığı

Günümüzde bilgisayarlar, gerek kişisel bilgisayar ve bilgi işlem terminali olarak gerekse işlem kontrolörü olarak tüm iş alanlarında kullanılmaktadır. Bilgisayarlar veri işlemleri ve haberleşme fonksiyonları, e-mail, bilgi iletişim, vs. sistemleri gibi, için vazgeçilmez cihazlardır. Bilgisayar cihazlarının ilk kullanılmaya başlanması ile birlikte gerilim düşmeleri, ve diğer elektrik kalite problemlerinin çoğu, ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu sebeple, şebekelerde yoğun ve masraflı çalışmalar gerektiren beklenmedik arızalarla karşılaşmıştır. Bu dönemlerde yapılan çalışmalar sonucunda Şekil 2.7’de verilen Computer and Business Equipment Association (C.B.E.M.A) eğrisi geliştirilmiştir. Devam eden çalışmalar paralelinde bu eğri daha

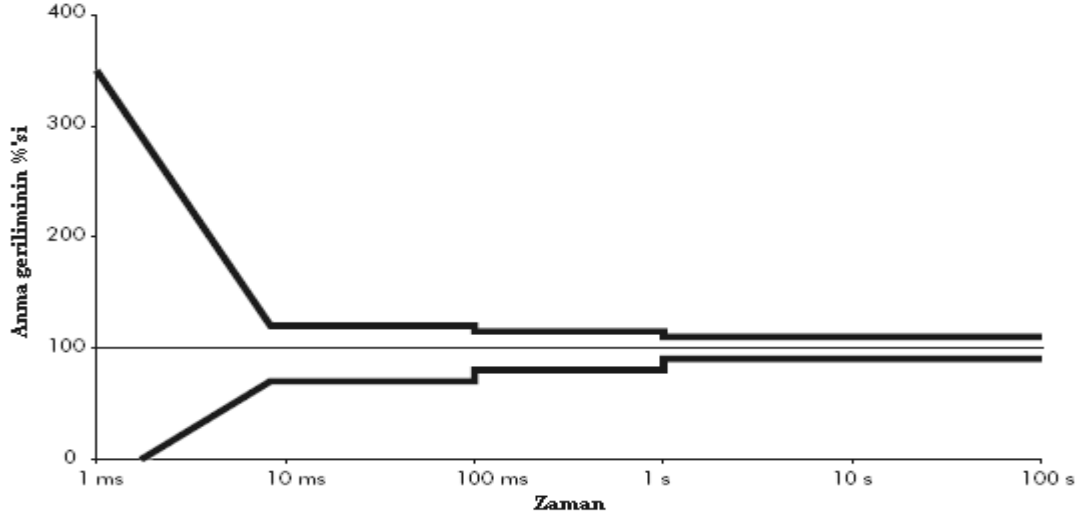
da geliştirilerek Information Technology Industry Council (I.T.I.C) eğrisi (Şekil 2.8) oluşturulmuş ve I.T.I.C eğrisinin bir versiyonu olan I.E.C eğrisi (Şekil 2.9) A.N.S.I tarafından I.E.E.E 446 olarak standardize edilmiştir.



Şekil 2.7: C.B.E.M.A eğrisi [8]



Şekil 2.8: I.T.I.C eğrisi [8]



Şekil 2.9: A.N.S.I eğrisi [8]

Şekil 2.7, 2.8 ve 2.9'da verilen eğrilerde, oluşan arızalar besleme ana gerilimindeki değişimin genliğine ve süresine göre grafiklendirilmiş olup, eğriler cihazların hiçbir kesinti ve veri kaybı olmadan çalışmaya devam edebilecekleri bölgeleri belirlemektedir. Gerilim düşmeleri açısından eğrilerin alt limitlerinin önemi büyüktür. Çizgiler, sistemin çalışmasını engelleyen ve engellemeyen gerilim oynamalarının sınırlarını göstermektedir.

İdeal anlamda, besleme sisteminin performansını gösteren tüm cihazlara uyumlu tek bir eğri elde edilebilir. Gerçekte ise, kullanılmakta olan cihazların büyük çoğunluğu standart eğrilerin birine veya diğerine uyum göstermektedir, yani tek bir eğri ile tüm sistemlerin analizi yapılamamaktadır. [8]

2.1.3.4. Cihaz duyarlılığının özellikleri

Kişisel bilgisayarlar ve programlanabilir kontrol üniteleri gibi elektronik cihazlarda, dalga şeklinin tepelerini düzeltebilmek ve dolayısıyla kısa süreli düşmelere karşı sisteme esneklik kazandırabilmek için bir kapasitör yedek düzeni bulunmaktadır. Yedek düzen ne kadar büyük olursa depolanan kapasitör gerilimi ile sistemdeki gerilim dönüştürücülerinin çalışması için gerekli minimum gerilim arasındaki fark da büyük olmakta ve sistemin esnekliği artmaktadır. Halbuki tasarımcılar maliyet,

ağırlık ve boyuttan tasarruf edebilmek için kapasitörleri daima minimum gerilim ve maksimum yüke göre seçmektedirler.

Endüksiyon motorlarıysa gerilim düşmelerinden daha farklı şekillerde etkilenmektedir. Endüksiyon motorlarındaki atalet, motor yavaşladığında enerji üreterek kısa süreli gerilim düşmesi sırasında yükün beslenmesine yardımcı olmaktadır. Ancak, motor tekrar devreye girdiğinde bu enerjinin tekrar kazanılması söz konusu olmakta ve şayet motorun yavaşlaması sırasında hız %95'in altına kadar düşmüşse motor yol verme akımına yakın daha fazla akım çekmekte ve birçok motorun devreye girmesi halinde başka problemler ortaya çıkmaktadır.

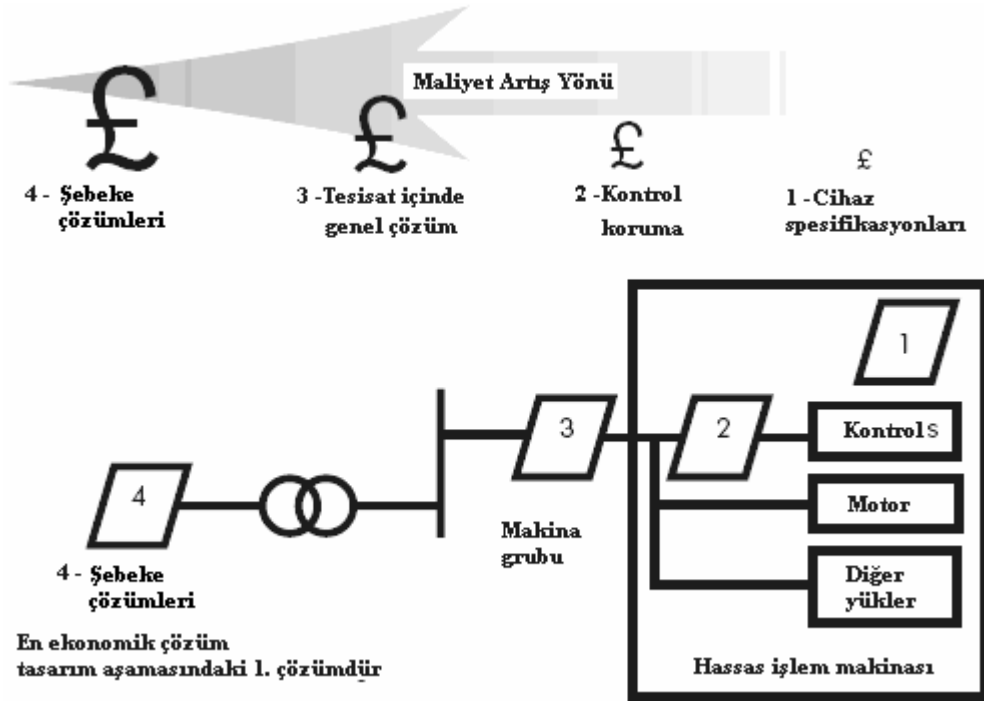
Röleler ve kontaktörler de gerilim düşmelerine karşı hassastırlar ve zaman zaman sistemin en zayıf halkası olabilmektedirler. Gerilim düşmeleri sırasında, gerilimin genliğinin sistemi etkileyebilecek seviyeye kadar düşmemesine rağmen belli bir röle veya kontaktörün devre dışı kaldığı durumlarla karşılaşmaktadır. Gerilim düşmeleri karşısında bir kontaktörün davranışı sadece gerilim genliğinin seviyesine ve süresine bağlı olarak değişmemektedir. Bununla birlikte, gerilim düşmesinin sinüs şeklindeki periyodik dalga şeklinin hangi noktasında meydana geldiğidir çünkü tepe noktasındaki gerilim düşmeleri sistemi daha az etkilemektedir.

Isınmış durumdaki sodyum buharlı lambaların gerilim düşmelerine karşı hassasiyeti soğuk durumdaki lambalara göre çok daha yüksektir. Isınmış durumdaki sodyum buharlı lambanın besleme geriliminde oluşan bir gerilim düşmesinden sonra, gerilim düşmesinin genliğine bağlı olarak, lamba sönmekte ve lambanın tekrar yanabilmesi belli bir süre bekletilmesi gerekmektedir. Yaklaşık %2 kadar çok az bir gerilim düşmesi uzun zaman kullanılmış eski bir lambanın sönmesine neden olurken, yeni bir lambanın sönmesine neden olabilecek bir gerilim düşmesi %45 oranından daha yüksek olmaktadır.

Gerilim düşmelerine karşı yüksek esneklik sağlamak üzere kapasitörlerin çok daha büyük seçilmesi gerekmektedir. Örneğin, sorun yaratmadan bir tam periyodu geçiştirmek için en az iki kat, bir saniyelik, 50 periyot, bir süreyi geçiştirmek için de 100 kat daha büyük kapasitör tercih edilmelidir. Gerilim düşmelerine karşı dayanıklı

bir güç devresinin hazırlanmasında teknik bir problem yoktur, fakat kullanıcılar, üretici firmalar yönünden girişimde bulunmadıkları ve maliyet yüksek olduğu için konu üzerinde pek durulmamaktadır. Bir saniyelik gerilim düşmesine karşı dayanıklı bir kişisel bilgisayarın veya programlanabilir kontrol ünitesinin maliyeti, bir saniyelik gerilim düşmesinin meydana gelmesini önlemek için dağıtım sisteminde yapılması gereken harcamaya kıyasla çok daha düşük olmaktadır. Gerilim düşmelerinin değişken hız sürücülerine zarar vermesini önlemek için, genel olarak, gerilimin anma değerinin %15-%30 altına kadar düşmesi halinde devreyi kesen düşük gerilim algılayıcıları kullanılmaktadır.

Elektrik şebekelerinde kullanılan cihazların ve sistemlerin çoğunda ele alınan sorunlar ortaya çıkabilmekte ve gerilim düşmesi durumunda problemler yaşanmaktadır. Şekil 2.10'da görüleceği gibi bir tesisatın veya elektrik sisteminin bütününe kapsayan bir seri önlemler almak yerine gerilim düşmelerine karşı dayanıklı, güvenilirliği yüksek cihaz kullanılması daha ekonomik bir seçim olmaktadır. Görüldüğü gibi, çözüm için yapılacak olan harcamanın maliyeti cihazlardan tesisat ve alt yapıya doğru gittikçe önemli ölçüde yükselmektedir. [9]

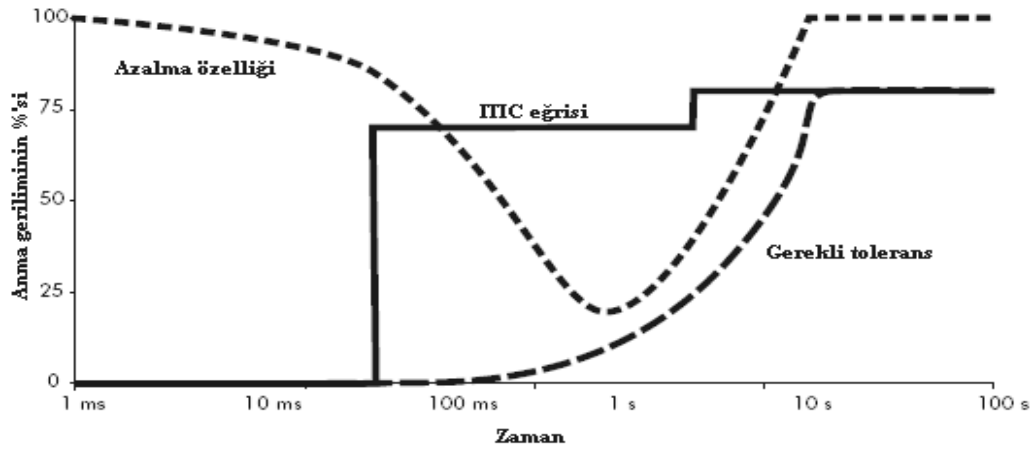


Şekil 2.10: Gerilim düşmelerine karşı maliyetler [9]

2.1.3.5. Besleme devresindeki düşmelerin özellikleri

Gerilim düşmelerinin meydana gelme olasılığı ve şiddeti, tesisat bölgesindeki dağıtım sisteminin özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Bazı ülkelerde, belli bölgeleri kapsayan sınırlı çalışmalar yapılmış olmasına rağmen bölgesel bazda gerilim düşmelerini gösterir istatistiksel bilgiler maalesef mevcut değildir. Bundan dolayı, kritik işlemlerin şebekenin hangi bölgesinde yapılmasının daha uygun olacağı konusunda seçim yapmak oldukça zorlaşmaktadır. Bu gibi durumlarda, enerji iletim bağlantılarının kalitesi hakkında kolaylıkla bir değerlendirme yapılabilir, fakat elektriksel altyapı kalitesi hakkında bir değerlendirme yapmak o kadar kolay olmaz. Örneğin açıktan geçen bir hava hattı ile elektrik enerjisi kaynağına oldukça uzakta kalan bir tesisat yerine, yeraltı kablosu ile yakındaki bir orta gerilim enerji kaynağına bağlanmış bir tesisatın daha uygun bir seçim olacağı açıktır, fakat bu seçimin uygunluğu da tartışılabilir.

Öte yandan, ihtiyaç duyulan enerjinin oto produktörlerce karşılanması halinde, başlangıçtan itibaren yeterli altyapının gereken şekilde hazırlanması elektriksel alt yapı kalitesi bakımından uygun arazileri daha avantajlı kılabilir.



Şekil 2.11: Besleme devresindeki gerilim düşmesinin I.T.I.C eğrisi ile karşılaştırılması [10]

Şekil 2.11'de tipik bir besleme devresinde meydana gelen gerilim düşmelerinin süresi ve şiddeti I.T.I.C grafiğine göre ele incelenmiştir.

Şekil 2.11’den açıkça görüleceği gibi bilişim teknolojisi cihazlarının maruz kaldığı gerilim düşmeleri, gerçek I.T.I.C eğrisi ile belirlenen seviyeden, yaklaşık 100 kat, daha fazla tolerans değeri ile sınırlı kalması gerekmektedir. Ancak, gerçekte cihazların bu koşulu yerine getirmesi oldukça zordur. Yapılan bu çalışmalar, besleme devresinden kaynaklanan gerilim düşme sürelerinin, cihaz toleransları ile ilgili, şekil 2.11’de verilen eğrilerin gösterdiği, sürelerden daha uzun olduğunu göstermiştir.

Herhangi bir tesisatta kullanılması düşünülen cihazların seçiminden önce besleme devresinde karşılaşılan karakteristik sorunların incelenmesi son derece önemlidir. İstenilen özelliklerdeki cihazların piyasadan temin edilmesi ise ayrı bir konu olarak ele alınmalıdır. Şekil 2.10’da görüldüğü gibi karşılaşılabilecek problemlere karşı cihaz seçiminin tasarım aşamasında yapılması en ekonomik yaklaşım olmakta, problemlerin nitelikleri ve nicelikleri hakkında önceden bilgi sahibi olmak gerekmektedir. En ekonomik ve yaklaşım bu şekildedir fakat bu tür bilgiler uygulamalarda göz ardı edilmektedir.

Cihaz imalatçılarının bir kısmı, problemin önemi hakkında bilgi sahibi olmalarına rağmen pazarın rekabete açık olması nedeniyle müşteri talepleri doğrultusunda hareket etmektedirler. Müşterilerin kendi problemlerini doğru anlaması ve cihaz imalatçıları ile birlikte istenilen performansı sağlayacak cihaz seçimini yapmaları gerekmektedir. Ancak, değişken hız sürücülerini imalatı konusunda durum farklıdır, bu pazarda imalatçılar gerilim düşmelerine karşı dayanıklı ürünlerin tanıtımını yönünde gayret göstermektedirler.

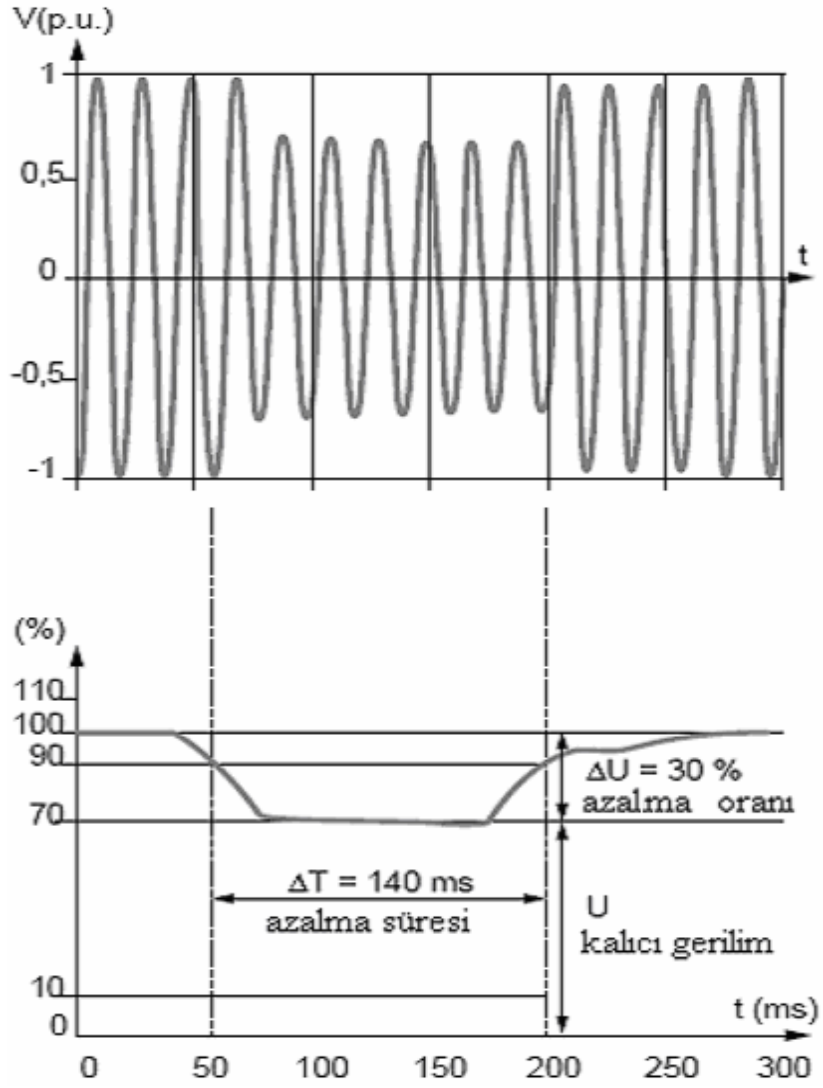
Geleneksel yaklaşımda, ilave cihazlar kullanılarak gerilim düşmeleri sırasında yükün desteklenmesine çalışılmaktadır. Bilişim teknolojisi cihazları gibi düşük yükler için kesintisiz güç kaynakları gerilim düşmeleri yanında kısa süreli kesintilere karşı etkin olarak kullanılmaktadır. Bu cihazlarda enerji kaynağı olarak genellikle şarj edilebilir bir batarya kullanıldığından etkinlikleri kısa süreli olmaktadır. Enerji kaynağı, sistemin data kaybına uğramadan normal bir şekilde devreden çıkmasına imkân sağlamakta, ancak tekrar devreye girme süresini geciktirmektedir. Bazı durumlarda yedek jeneratör devreye girinceye kadar gerekli enerjiyi üretmek üzere kesintisiz güç kaynakları kullanılmaktadır.

Gerilim düşmelerini önlemek üzere besleme sisteminin performansını yükseltmek için yapılacak çalışmaların maliyetleri yüksek olmakta ve bu tür çalışmaların yapılabilmesi için çok zor şartlarla karşılaşabilmektedir. Yüksek maliyetlere katlanmayı gerektiren özel durumlarda, birbirinden bağımsız iki ayrı devre halinde çiftli besleme sistemine karar verilebilir. Ayrıca gerilimin genliğinde önemli oranlarda değiştiği kısa süreli gerilim değişimleri için elektromekanik ve elektromanyetik cihazların kullanıldığı çeşitli otomatik gerilim düzenleme teknolojileri geliştirilmiştir. Bu sistemler, aşırı yüksek ve aşırı düşük gerilim değişimlerinin olduğu kısa süreli olaylara müdahale için kullanılmaktadırlar.

Büyük yük değişimlerinin veya çok büyük gerilim oynamalarının söz konusu olduğu durumlarda dinamik gerilim düzenleyici (Dynamic Voltage Restorer: D.V.R) sistemleri kullanılabilir. D.V.R yük devresine seri bağlanmakta ve gerilimin eksik olan kısmını üretmektedir. Örneğin gerilim genliğinde %40'lık bir düşme meydana geldiğinde D.V.R gerilimin genliğindeki %60'lık kısmı tamamlayacaktır. Bunun yanında D.V.R sistemler uzun süreli aşırı yüksek ve aşırı düşük gerilimin düzeltilmesinde kullanılamamaktadır.

Uygulamaların çoğunda, gerilim düşmelerinin etkisini azaltmak üzere, beslenecek yükün tipine göre seçilen, çeşitli cihazlar kullanılmaktadır. Gerilim düşmelerine karşı gerekli esnekliğe sahip cihazların belirlenmesi ve temin edilmesi en uygun çözüm olarak görülmektedir, ancak maliyetler yükseldiğinden dolayı bu yaklaşım henüz imalatçılar tarafından yeterli destek görmemektedir.

Bu kısımda, I.E.E.E ve I.E.C standartlarınca tanımı ve öz büyüklükleri verilen gerilim düşmelerinin elektrik üreticisi ve tüketicisi açısından değerlendirilmesi, oluşma nedenleri, sistem ve sistem elemanları üzerindeki etkileri, giderilme yöntemleri, maliyet açısından karşılaşılan kayıplar, cihazların hassasiyeti ve alınması gereken önlemler gibi durumlar incelenmiştir. Şekil 2.12'de, 6 periyot süren gerilim düşmesinden sonra gerilimin dalga şeklinde ve gerilimin genliğinin efektif değerinde meydana gelen değişimler görülmektedir. [10,11]



Şekil 2.12: Gerilim düşmesinde dalga şeklinin değişimi [11]

2.2. Uzun Süreli Gerilim Değişimleri

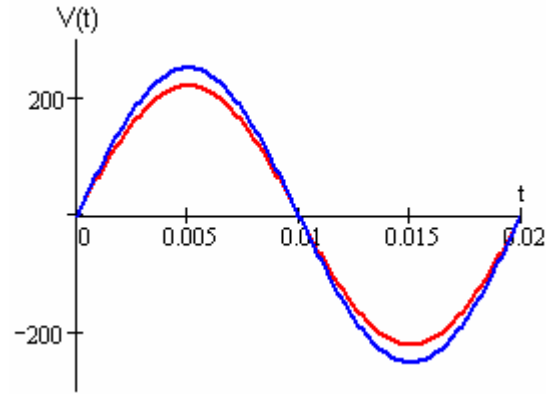
Uzun süreli gerilim değişimleri, nominal gerilimin efektif değerinde 1 dakikadan, 300 periyot, daha uzun süreli gerilim değişimleri olarak tanımlanmaktadır. Aşırı gerilimler ve düşük gerilimler uzun süreli gerilim değişimleri olarak bilinmektedirler. Bu tip değişimler şebeke arızalarından değil, genel olarak anahtarlama işlemleri ve sistemdeki yük değişimlerinden dolayı meydana gelmektedirler. Tablo 2.2’de uzun süreli gerilim değişimleri ve süreleri görülmektedir. Tabloda uzun süreli gerilim değişimleri üç kısma ayrılmıştır. Bunlar; kesinti, gerilim düşmesi ve gerilim yükselmesidir.

Tablo 2-2: Uzun Süreli Gerilim Değişimleri [5]

Tipi	Süresi	Gerilim Değişimi
Gerilim Yükselmesi	>1dk	1,1-1,2 p.u.
Gerilim Düşmesi	>1dk	0,8-0,9 p.u.
Kesinti	>1dk	0 p.u.

2.2.1. Aşırı gerilim

Aşırı gerilim, güç sistem frekansındaki alternatif gerilimin efektif değerinin bir dakikadan daha uzun süre ile 1,1 pu değerini aşması olarak tanımlanmaktadır. Bu tip enerji kalite problemleri büyük yüklerin devreden çıkarılması, kondansatör banklarının enerjilendirilmesi veya transformatör kademelerinin yanlış seçilmesi ile ortaya çıkmaktadır. Sistemin gerilim düzenlemesine karşı zayıf olması veya gerilim kontrollerinin yetersizliği de aşırı gerilimlerin nedenleri arasında sayılmaktadır ve aşırı ısınmadan dolayı cihaz donanımlarının çalışmalarına etki etmektedir. Şekil 2.13’de, aşırı gerilim durumunda dalga şeklinin değişimi görülmektedir. [5]

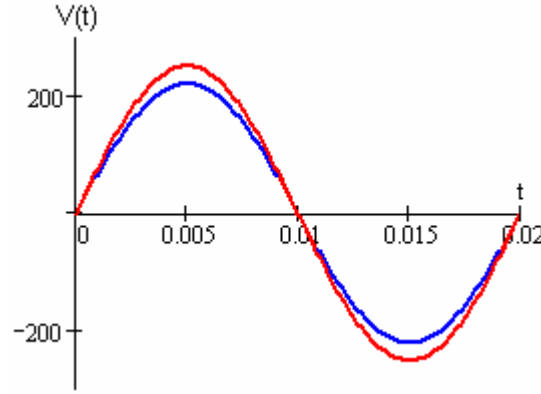


Şekil 2.13: Aşırı gerilim durumunda dalga şeklinin değişimi

2.2.2 Düşük gerilim

Düşük gerilim, güç sistem frekansındaki alternatif gerilimin efektif değerinin bir dakikadan daha uzun süre ile 0,9 p.u değerinin altına inmesi olarak tanımlanmaktadır. Büyük yüklerin devreye alınması, kondansatör banklarının devreden çıkarılmaları veya aşırı yüklenmiş devreler sonucunda meydana gelen

gerilim değişimleri uzun süreli gerilim düşmelerine neden olmaktadır. Şekil 2.14’de, düşük gerilim durumunda dalga şeklinin değişimi görülmektedir. [5]



Şekil 2.14: Düşük gerilim durumunda dalga şeklinin değişimi

2.3. Geçici Olaylar

Geçici olaylar, darbeleri ve salınımlı olaylar olmak üzere iki kısma ayrılmaktadırlar. Tablo 2-3’de, gerilimin dalga şeklinde meydana gelen değişimlerin özellikleri gösterilmektedir.

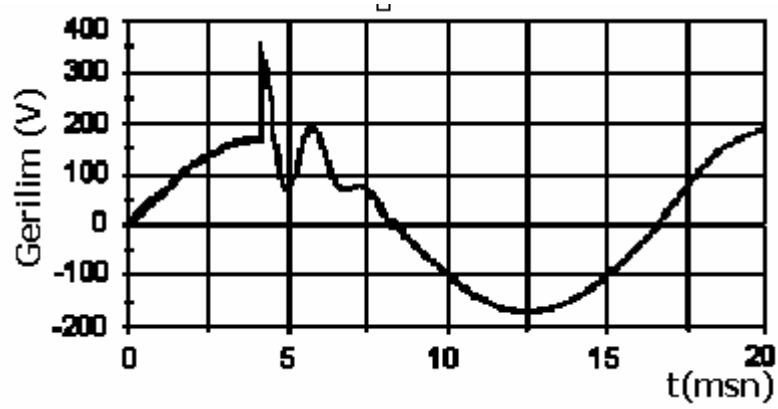
Tablo 2-3: Diğer Gerilim Değişimleri [5]

Tipi	Süresi	Gerilim Değişimi
Gerilim Dengesizliği	Sürekli hal	%0,5-2
Gerilim Dalga Şekli Bozukluğu		
DC Bileşen	Sürekli hal	%0-0,1
Harmonikler	Sürekli hal	%0-20
İnterharmonikler	Sürekli hal	%0-2
Çentik	Sürekli hal	
Elektriksel Gürültü	Sürekli hal	%0-1
Gerilim Dalgalanması	Geçici	%0,1-7
Güç Frekans Değişimleri	<10s	

2.3.1. Darbeleri geçici olaylar

Darbeleri geçici olaylar; kararlı haldeki gerilimde veya akımda ani ve tek yönlü olarak gerçekleşen değişimler olarak tanımlanmaktadır. Genellikle, yükseliş ve sönüş zamanları ile anlık frekansları yardımıyla ölçülebilmektedir.

Mevsimsel bir etki olan yıldırım, darbeleri geçici olayların en önde gelen nedenlerindedir. Dalga şekilleri, devre bileşenlerine göre, çok hızlı bir şekilde değişebilmekte ve yüksek frekanslarda gerçekleşmektedir. Şekil 2.15’de, yıldırım nedeniyle oluşan darbeleri geçici olayda gerilimin dalga şeklinin değişimi görülmektedir.

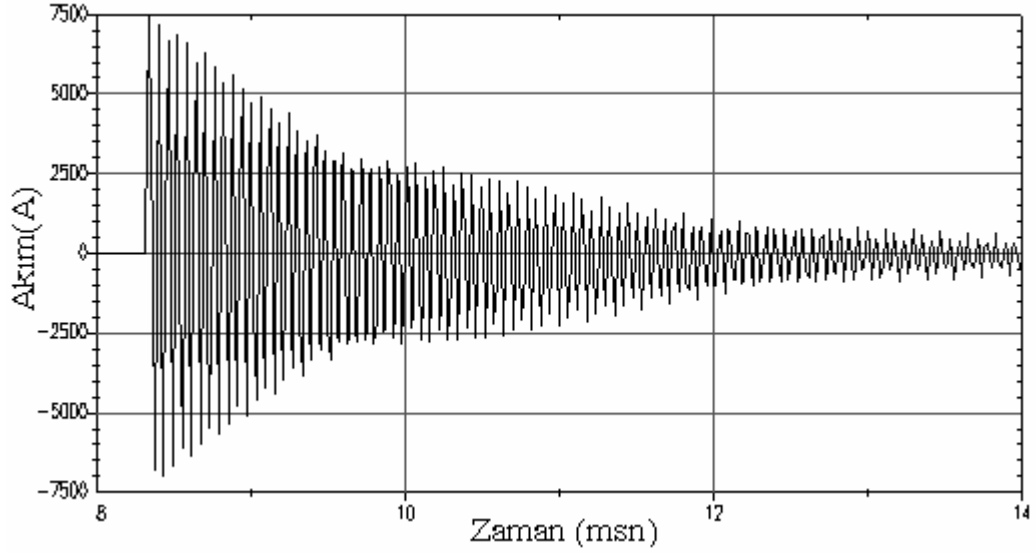


Şekil 2.15: Yıldırım ile oluşan darbeleri geçici olayların dalga şekli [5]

2.3.2. Salınımlı geçici olaylar

Salınımlı geçici olaylar, kararlı haldeki gerilimde veya akımda ani olarak meydana gelen pozitif ve negatif polariteye sahip değişimler olarak tanımlanmaktadır. Salınımlı geçici olaylar süre, büyüklük ve ana frekansları ile karakterize edilmekte olup, bu olaylarda ani gerilim veya akımın değeri çok hızlı işaret değiştirmektedir.

Şekil 2.16’da, kondansatör gruplarının enerjilendirilmesiyle oluşan salınımlı geçici olaylar sebebiyle akım dalga şeklinde meydana gelen değişimler gösterilmiştir. Ardışık bağlı kondansatörlerin enerjilendirilmeleri, salınımlı geçici akımlar üretmektedir. Bu tip enerji kalitesi problemleri orta frekans olayları arasında sayılmaktadır, ayrıca orta frekanslı geçici olaylar bir sistemin darbeleri geçici olaylara verdiği karşılık sonucu da oluşabilmektedir.



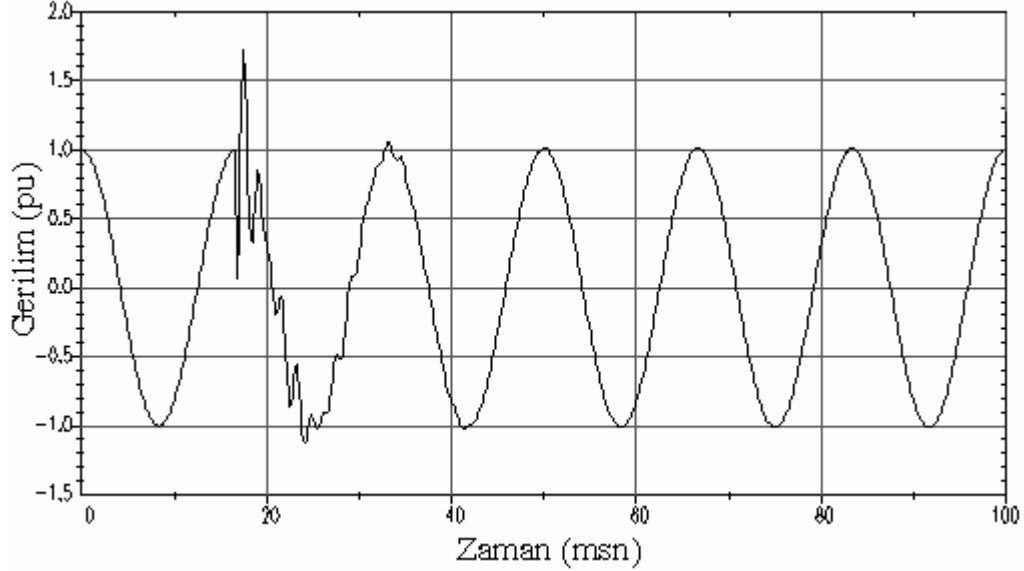
Şekil 2.16: Kondansatör gruplarının enerjilendirilmesiyle oluşan salınımlı geçici olayların akım dalga şekli [5]

Kondansatör gruplarının enerjilendirilmesi, güç faktörünü düzeltmek amaçlı yapılan günlük işlemlerden biridir. Çoğu ağır endüstriyel yükler, örneğin endüksiyon motorları ve ark fırınları, düşük güç faktörlerinde çalışmaktadırlar. Ağır endüktif yükler hatlarda kayıpların artışına neden olan aşırı yüksek akımların çekilmesine yol açmaktadırlar. Ayrıca cihazların hasar görmesi ve süreç kontrol cihazlarının devre dışı kalması gibi etkilere de neden olmaktadır.

Kondansatör grupları enerji depolayarak güç faktörünün düzeltilmesine katkıda bulunmaktadır. Güç kaybındaki düşmeler ve gerilim profilindeki iyileşme ancak sistemdeki yükün değişimine göre dinamik olarak kontrol edilen kondansatörler ile sağlanabilmektedir.

Genel olarak, kondansatör gruplarının toplam kapasitesi normal bir güç dağıtım sisteminin kapasitesinin yaklaşık olarak yarısı kadardır. Geçici olayların büyüklüğünü ve karakteristiklerini etkileyen faktörler; besleme kaynağı yeterliliği, iletim hatları, iletim sistemlerindeki kondansatör grupları ve anahtarlama elemanları olarak sıralanabilmektedir. Ayrıca ön direnç ve senkron kapama, kondansatör anahtarlama ile oluşan geçici olayları azaltma yöntemleri arasında gösterilebilir.

Şekil 2.17, bir dağıtım sisteminde kondansatör gruplarının enerjilendirilmeleri sonucu oluşmuş düşük frekanslı salınım yapan geçici olayların dalga şeklini göstermektedir. Alt-iletim sistemlerinde ve dağıtım sistemlerinde bu tip olaylarla karşılaşılabilir.



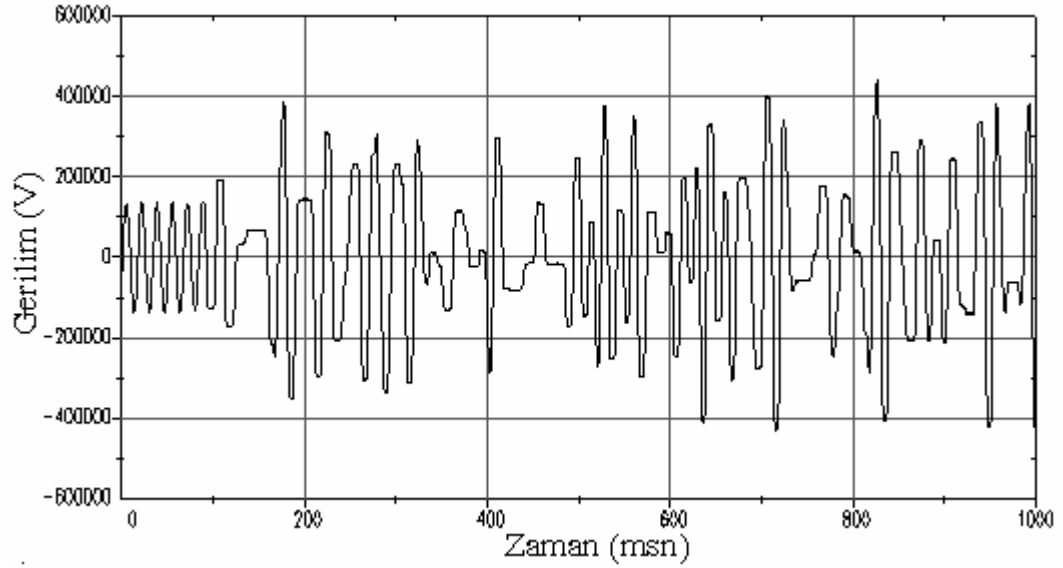
Şekil 2.17: Kondansatör gruplarının enerjilendirme gerilimince oluşan düşük frekanslı geçici olaylar [5]

Bir kondansatör grubunun enerjilendirilmesi sırasında anahtarlama anındaki sistem geriliminin ani değerine bağlı olarak oluşan gerilimin tepe değeri normal gerilim tepe değerinin iki katına kadar çıkabilmektedir. Tipik bir dağıtım şebekesindeki kondansatör gruplarının anahtarlamaına bağlı olarak aşırı gerilimlerin genliği, 300 Hz-1 kHz geçici frekanslı olarak, 1,1-1,6 p.u. değerleri arasında değişebilmektedir. Ayrıca dağıtım sistemlerinde frekansı 300 Hz'den küçük salınım yapan geçici olaylar da oluşabilmektedir. Bu tip olaylar daha çok ferro-rezonans ve transformatör enerjilendirilmesine bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Şekil 2.18'de, yüksüz bir transformatörde meydana gelen, ferro-rezonansından kaynaklanan, düşük frekanslı bir geçici olayın dalga şeklinin değişimi görülmektedir. [5]

Gerilimdeki bu tür kalite problemlerini sınırlamak için yaygın olarak uygulanan yöntemlerden bazıları şunlardır:

- Alternatif akım giriş ucuna seri bir reaktör yerleştirmek

- Dağıtım sistemlerinde statik var kompanzatorleri kullanmak. [3,5]

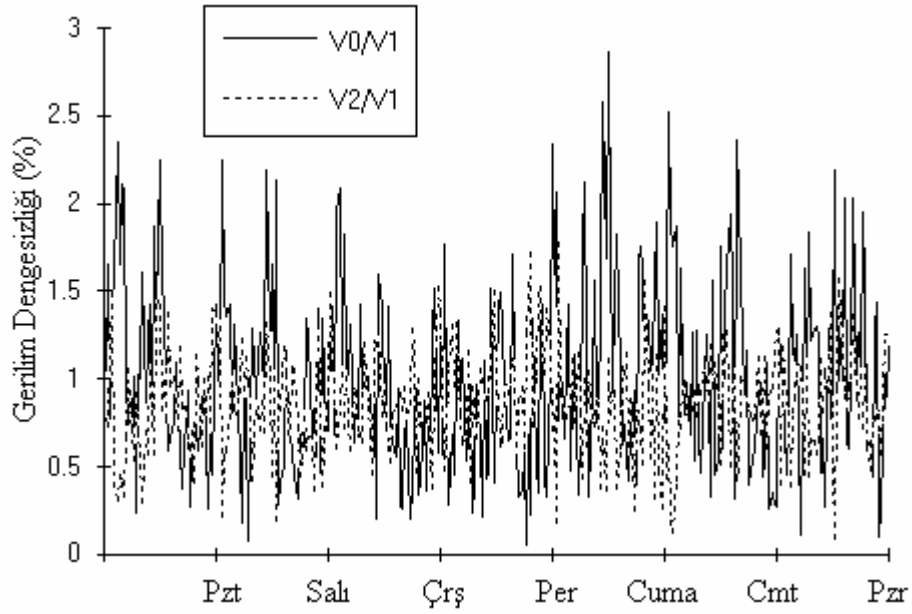


Şekil 2.18: Ferro-rezonans ile oluşan düşük frekanslı salınımlı geçici olayın dalga şeklinin değişimi [5]

2.4. Gerilim Dengesizliği

Üç fazlı bir güç sisteminde, akım ve gerilim dalga şekillerinin genlikleri eşit ve her bir faz arasında 120° faz farkı bulunuyorsa bu sistem elektriksel bakımdan dengeli bir sistem olarak tanımlanmaktadır. Genlik ve faz açısındaki oluşan farklılık sistemin dengesiz olarak anılmasına neden olmaktadır. Elektrik enerjisi kalite problemlerinden olan gerilim dengesizliği, dengesiz gerilimin genliğinin dengeli durumdaki bir faza ait gerilim genliğine oranı olarak belirlenmekte ve yüzde olarak ifade edilmektedir. Üç fazlı kondansatör gruplarının bir fazının devreden çıkması gerilim dengesizliğine neden olmaktadır ve %5'ten büyük gerilim dengesizlikleri hassas cihazlarda arızalanmalara sebebiyet vermektedir.

Gerilim dengesizliği Şekil 2.19'da, bir fiderden alınan bir haftalık ölçümlere göre simetrik bileşenlerin birbirlerine olan oranları görülmektedir. Buna göre, negatif bileşenin sıfır bileşene oranı veya sıfır bileşenin pozitif bileşene oranı dengesizlik oranının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Dengeli ve üç fazlı bir sistemde pozitif, negatif ve sıfır dizi bileşenlerinin büyüklükleri birbirine eşittir. [3,5,7]



Şekil 2.19: Fiderden alınan bir haftalık ölçümlere göre gerilimin değişimi [5]

2.5. Dalga Şekli Bozukluğu

Dalga şekli bozuklukları beş ana başlık altında toplanmaktadır. Bunlar; D.C bileşen, harmonikler, interharmonikler, çentik ve elektriksel gürültü olarak sıralanmaktadır ve ana frekanstan sapma oranına göre karakterize edilmektedirler. [12]

2.5.1. D.C bileşen

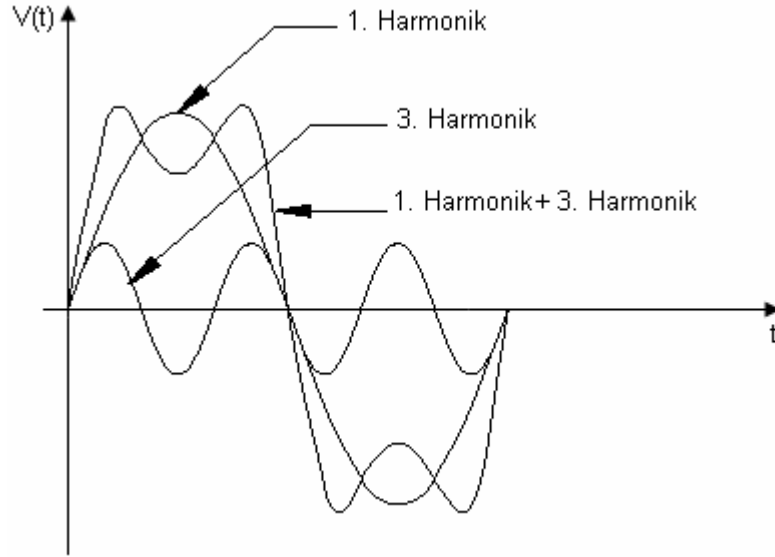
D.C bileşen; alternatif akım güç sisteminde doğru akımın veya gerilimin varlığı olarak tanımlanmaktadır ve yarım dalga doğrultmanın etkisiyle oluşmaktadır. Alternatif akım şebekelerinde bulunan doğru akım bileşeninin zararlı etkileri olabilmekte ve ek ısı artışlarıyla birlikte transformatörlerin yıpranmasına neden olmaktadır. [12]

2.5.2. Harmonikler

Günümüzde harmonikler, gerek elektrik üreticileri gerekse elektrik tüketicileri açısından çok önemli bir problem teşkil etmektedir. Harmonikler, nominal şebeke frekansının tam katlarında ve sinüs eğrisi şeklindeki dalga şekilleri olarak tanımlanmaktadır. Harmonikler akım ve gerilim harmonikleri olarak adlandırılmakta

ve elektronik yükler tarafından oluşturulan harmonik akımlar harmonik gerilimlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Lineer olmayan yükler, besleme kaynağından bozuk dalga şekline sahip harmonikli akımlar çekmektedirler. Akımdaki bozukluğun, miktarı yükün gücüne, yükün özelliğine ve yükün bağlı olduğu noktanın güç sistemindeki arıza seviyesine bağlı olarak değişmektedir.

Şekil 2.20’de, bozuk dalga şekline sahip gerilim sinyalini oluşturan 1. ve 3. harmonik bileşenlerinin dalga şeklinin değişimi görülmektedir. Şekilden görüldüğü gibi 1. ve 3. gerilim harmonikleri sinüs dalga şekline sahip ve nominal frekansın katlarında meydana gelmiştir. [12,13]



Şekil 2.20: Gerilim sinyalinin harmonikli bileşenlerinin bir periyotta gösterimi [13]

Tesisatta oluşan harmonikli akımlar öncelikli olarak düşük empedans değerine sahip kondansatör gruplarını etkilemektedir. Ayrıca dağıtım şebekesinden çekilen harmonikli akımlar besleme kaynağına doğru ilerlemekte ve şebeke geriliminde harmoniklere yol açmaktadırlar. Harmonikli akımların oluşturduğu ek ısı kayıpları dağıtım şebekesinin verimliliğine olumsuz yönde bir etki yapmaktadır. Harmoniklerin güç sistemindeki etkileri; veri karışıklığı ve kaybı, hassas cihazlarda oluşan aşırı ısınma veya tahribat ve kondansatör banklarının aşırı yüklenmesi olarak sıralanabilir. Ayrıca yüksek frekanslı harmonikler yakındaki telekomünikasyon sistemlerinde parazitler oluşturmaktadır. [13,14]

Periyodik olarak bozulmuş olan bir dalga şekli, Fourier analizi yöntemi kullanılarak ana frekansın tam katları olan harmonik bileşenlerine ayrıştırılabilmektedir ve bu yöntem sayesinde her bileşen üzerinde Süperpozisyon teoremini uygulayabilmek mümkün olmaktadır.

Fourier serisi ifadesi ile fonksiyonu verilen dalga şekline ait temel bileşenin ve harmoniklerin hesaplanması şöyledir:

$$f(x) = \frac{1}{2}a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx) \quad (2.1)$$

Buradaki sabitler:

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(x) \cos nx \cdot dx \quad n=(0,1,2,3,\dots) \quad (2.2)$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(x) \sin nx \cdot dx \quad n=(0,1,2,3,\dots) \quad (2.3)$$

Harmonik bozulmanın etkin değerinin ölçülmesi için toplam harmonik bozulma oranı tanımlanmaktadır. Gerilim ve akım için toplam harmonik bozulma miktarları şu şekilde hesaplanabilir:

$$THB_{(U)} = 100 \sqrt{\frac{\sum_{h=2}^{\infty} U_h^2}{U_1^2}} \quad (2.4)$$

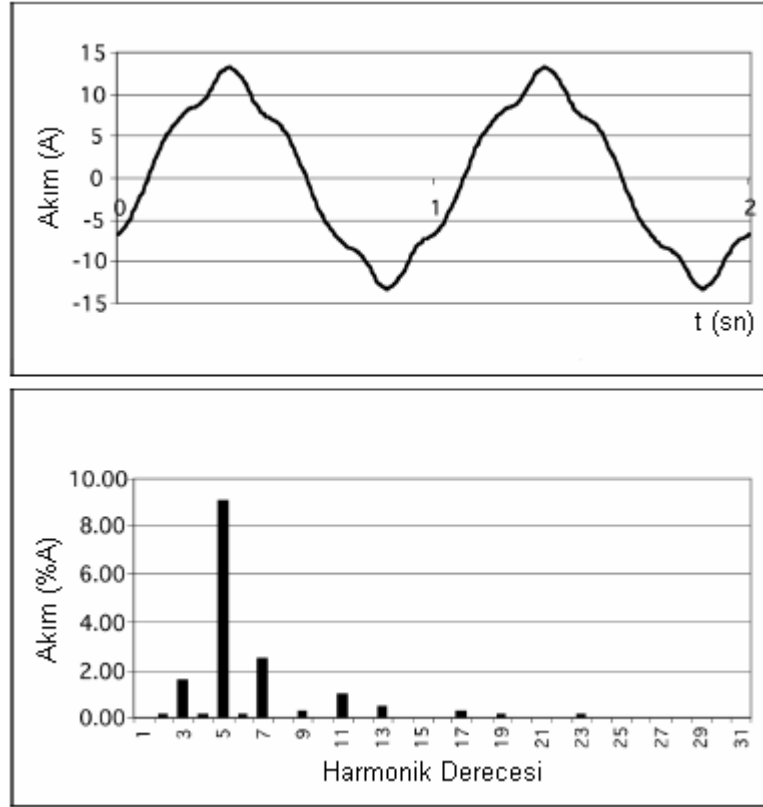
$$THB_{(I)} = 100 \sqrt{\frac{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}{I_1^2}} \quad (2.5)$$

Harmonik bileşenleri dâhil edilen gerilim ve akımın efektif değerleri:

$$U_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T U^2(t) dt} = U_{(1)} \sqrt{1 + THB^2_{(U)}} \quad (2.6)$$

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I^2(t) dt} = I_{(1)} \sqrt{1 + THB^2(t)} \quad (2.7)$$

Şekil 2.21'de, ayarlanabilir hız sürücüsünün giriş akım dalga şeklinin değişimi gösterilmektedir. Şekilden görüldüğü gibi sürücüye ait 3., 5., 7. ve 11. akım harmonikleri en yüksek değerleri almışlardır. [15,16]



Şekil 2.21: Bir A.H.S' nün giriş akımının dalga şekli ve harmonik spektrum [15]

2.5.2.1. Triplen harmonikler

Triplen harmonikler, üç ve üçün tek katları harmoniklerden oluşmaktadır. Üç fazlı lineer olmayan yükler, örneğin A.C/D.C sürücüler ve kesintisiz güç kaynakları, bu tip harmoniklerin oluşma nedenleri arasında yer almaktadır. Nötr bağlantılı transformatörler, yıldız bağlı taraftaki tek fazlı yükleri beslerken aşırı ısınmaya eğilim göstermektedirler. Bunun nedeni ise yıldız bağlı tarafta üç ve üçün tek katları olan harmoniklerin olumsuz etkileridir.

Harmoniklerin yarattığı olumsuz etkileri azaltma yöntemlerinden bazıları şunlardır:

- Lineer olmayan yükler tarafından oluşturulan harmoniklerin azaltılması,
- Kullanıcıların güç faktörlerinin düzeltilmesi,
- Yüke mümkün olduğunca yakın izolasyon transformatörleri yerleştirmek,
- Filtre kullanarak besleme devresinden harmonik akımların arındırılması,
- Gerilim bozulmasını en aza indirmek için düşük empedanslı güç kaynakları seçmek. [17]

2.5.3. İnterharmonikler

I.E.C-61000-2-1'e göre:

İnterharmonikler, harmoniklere göre temel bileşenin frekansının tam katlarında olmayan periyodik dalgalar olarak tanımlanmaktadır. Bunlar geniş bir spektrumda görülebilmektedirler.

Aşağıda interharmoniklerin matematiksel ifadeleri yer almaktadır.

$$\text{Harmonik} \quad f = h * f_1 > 0 \quad (2.8)$$

$$\text{DC} \quad f = 0 \text{ Hz} \quad (2.9)$$

$$\text{İnterharmonik} \quad f \neq h * f_1 > 0 \quad (2.10)$$

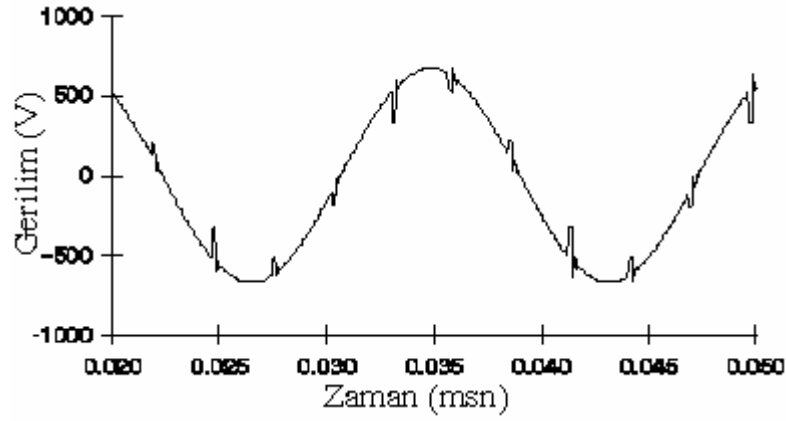
$$\text{Alt- harmonik} \quad f > 0 \text{ Hz} \quad \text{ve} \quad f < f_1 \quad (2.11)$$

Alt-harmonikler ise interharmoniklerin bir çeşidi olarak görülebilir. Burada sadece tamamlayıcı olmak amacıyla verilmiştir. [16-18]

İnterharmoniklerin oluşma nedenleri arasında endüksiyon makineleri, statik frekans dönüştürücüleri ve arklı cihazlar sayılabilmektedir. İnterharmonikler, harmoniklerde olduğu gibi ısınmaya neden olmaktadır. Özellikle düşük frekanslarda, temel frekansa göre, endüksiyon makinelerinin stator sargılarında güç kayıplarının oluşmasına neden olmaktadır.

2.5.4. Çentik

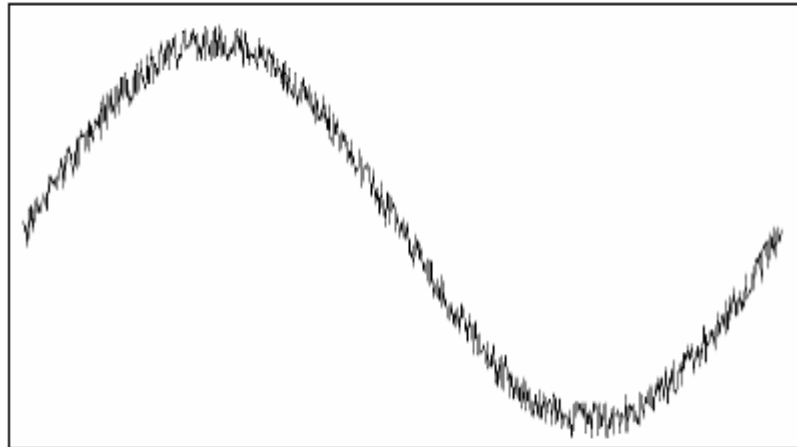
Çentik, güç elektroniği elemanlarının normal çalışması ile oluşan gerilim dalga şekli bozukluğu olarak tanımlanmaktadır ve periyodik olarak görülmektedir. Çentik durumunda frekanslar çok yüksek değerlere ulaşabileceği için harmonik analizi için kullanılan cihazlar ile ölçümlerini yapmak mümkün olmayabilir. Şekil 2.22’de, üç fazlı bir konvertörün gerilim dalga şeklinde oluşan çentikler görülmektedir. [5]



Şekil 2.22: Üç fazlı bir konvertörün gerilim dalga şekli [5]

2.5.5. Elektriksel gürültü

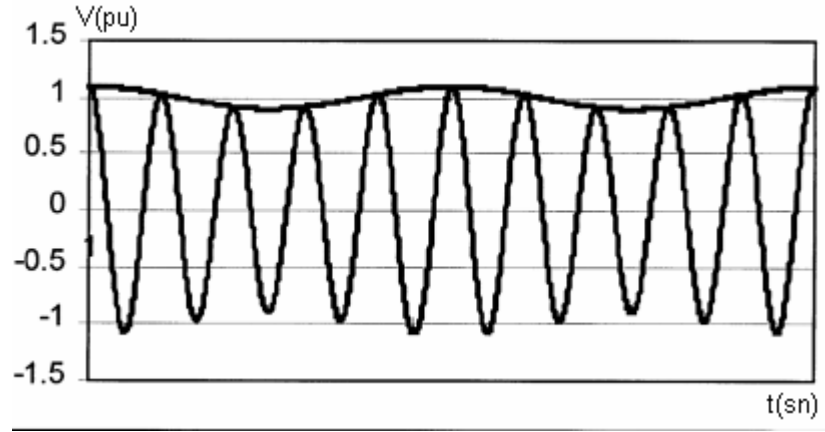
Elektriksel gürültü, dalga şeklinde istenilmeyen şekilde bozukluklar olarak tanımlanmaktadır. Bu durumda oluşan arızanın frekansı temel frekansın yanında çok büyük değerler, 200 kHz’e kadar, çıkabilmektedir. [3]



Şekil 2.23: Elektriksel gürültü [3]

2.6. Gerilim Dalgalanması

Gerilimin alt ve üst periyotları arasında büyüklüğü 0,9 pu ile 1,1 pu değerlerini aşmadan yapmış olduğu dalgalanmalar gerilim dalgalanması olarak adlandırılmaktadır. Yük akımı genliğinin sistemdeki yükün değişmesiyle farklılaşması sonucu gerilimde meydana gelen dalgalanmalar da bu tip kalite problemlerindedir. Gerilim dalgalanmaları efektif değerleriyle ölçülmekte ve nominal gerilimin efektif değerine oranı olarak verilmektedirler. İletim ve dağıtım sistemlerinde görülen gerilim dalgalanmalarının nedenleri genellikle ark fırınlarıdır. Şekil 2.24'de, ark fırınının çalışması sırasında oluşan gerilim dalgalanması görülmektedir. [3]

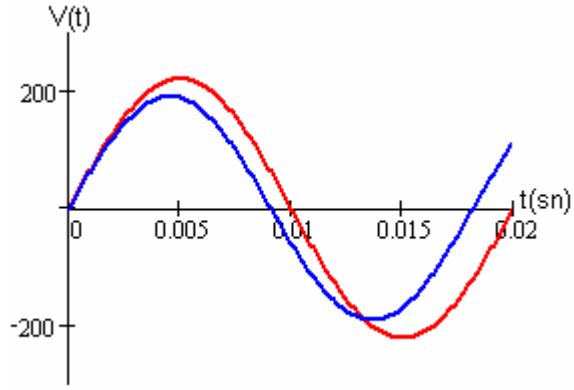


Şekil 2.24: Bir ark fırını tarafından oluşturulan gerilim dalgalanması [3]

2.7. Güç Frekans Değişimleri

Güç sisteminin temel frekansının nominal değerindeki değişimler güç frekansı değişiklikleri olarak tanımlanmaktadır. Sistemi besleyen jeneratörlerin rotasyonel hızı, dönüş hızı, güç sistem frekansını belirlemekte etkin rol oynamaktadır. Bu durumda oluşan frekans kaymasının süresi ve büyüklüğü yükün karakteristiklerine ve üretim kontrol sisteminin yük değişikliklerine verdiği yanıtı bağlı olarak değişmektedir. Yük ve üretim değiştiğinde frekansta küçük oynamalar belirlemektedir.

Temel frekans değerinde meydana gelen sapmalara neden olarak; enerji iletim sistemindeki arızalar, büyük yüklerin devreden çıkarılması veya büyük bir jeneratörün sisteme bağlanması gibi durumlar gösterilebilir. Frekans değişimleri genel olarak sistemden izole edilmiş bir jeneratör tarafından beslenen yüklerden kaynaklanmaktadır. Şekil 2.25’de, 50 Hz temel frekansında meydana gelen güç frekans değişimi görülmektedir. [5]



Şekil 2.25: Gerilimde oluşan güç frekans değişimi

3. TÜRKİYE’DE DAĞITIM VE İLETİM OTOMASYONU

3.1. Türkiye’de Dağıtım ve İletim Otomasyonunun Durumu

Ülke genelinde artan elektrik enerjisi talebine paralel olarak genişleyen ve çok sayıda teçhizattan oluşan Ulusal Enterkonnekte Elektrik Şebekesi’nin işletmesini iyileştirecek güvenilir ve kaliteli elektrik enerjisini en ekonomik şekilde sağlayabilmek için gerekli otomasyon sistemlerinin kurulması büyük önem taşımaktadır.

Bu amaçla, iletim sisteminin bilgisayar donanımlı kontrol merkezlerinden işletilmesi için kontrol merkezlerinin kurulması ve iletişim altyapısının oluşturulması bir çok büyük önem kazanmaktadır. Bu alandaki en kapsamlı uygulama olan ve 1980’li yılların sonlarında hizmete giren Ulusal Yük Dağıtım sistemi halen kullanılmaktadır.

Elektrik dağıtım şirketlerinin temel faaliyetleri olan işletme, bakım ve planlama alanlarında uluslararası verimlilik standartlarına ulaşabilmesi için çağdaş araçlara sahip olması gerekmektedir. Elektrik dağıtım sektörü özelindeki çağdaş araçlara örnek olarak G.I.S (Geographic Information System-Coğrafi Bilgi Sistemi), S.C.A.D.A (Supervisory Control And Data Acquisition-Denetimli Kontrol ve Veri Toplama), D.M.S (Distribution Management System-Dağıtım Yönetim Sistemi), C.I.S (Customer Information System-Müşteri Bilgi sistemi), T.C.M.S (Trouble Call Management System-Arıza İhbar Sistemi) sistemlerini saymak mümkündür. [19]

3.1.1. Elektrik iletim sisteminde otomasyon

Enterkonnekte sistemin belirlenen standartlara uygun ve en az arıza ile işletilebilmesi:

- Müşterilerin değişen yük ve enerji taleplerinin santraller arasında bölüşümü,
- Sistemin sürekli izlenmesi ve arızaların giderilmesi,

- Sistem gerilim ve frekans ayarının yapılması,
- Sistemdeki yük dağılımının kontrolü,
- Sistemi takip ve kumanda imkanı veren Yük Tevzi Merkezleri ile mümkündür.

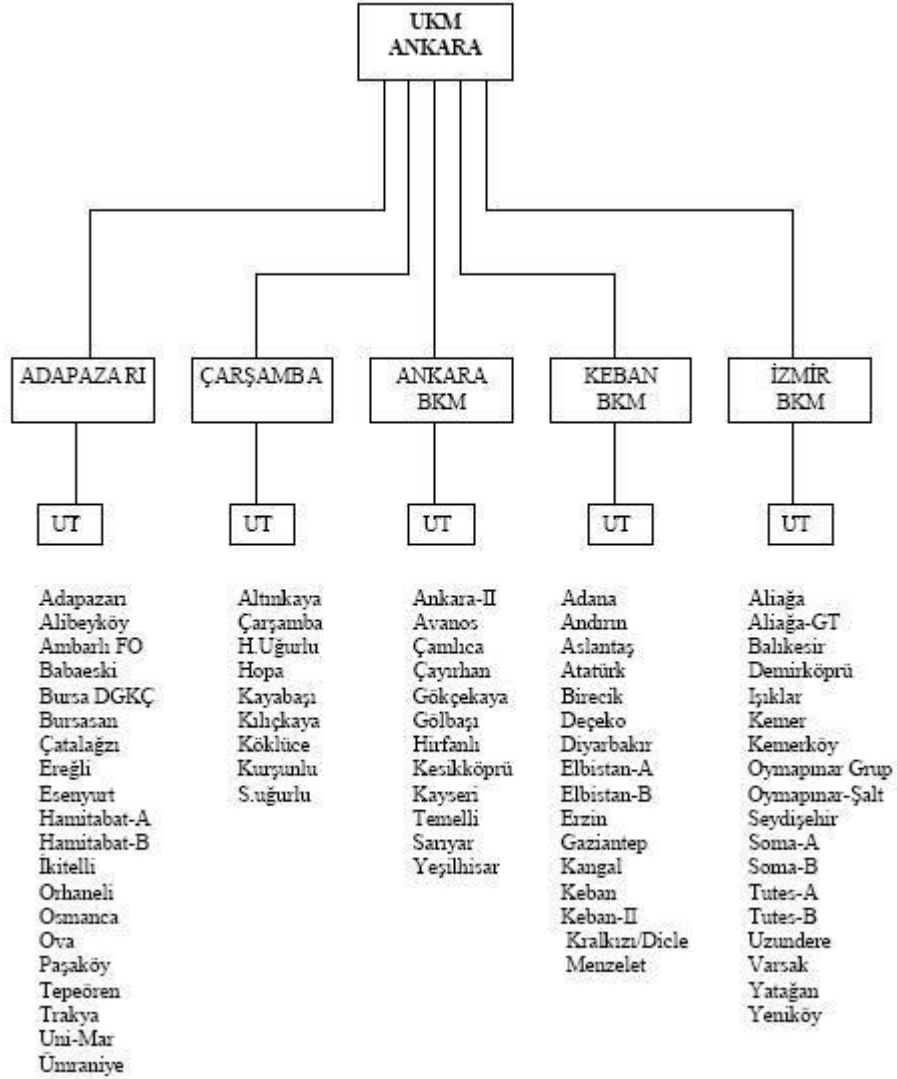
1987 yılından itibaren kullanılmaya başlanan ve Ulusal Kontrol Merkezi (U.K.M), 5 Bölgesel Kontrol Merkezi (B.K.M) ve 45 uzak terminal birimini (U.T.B) kapsamaktadır. U.Y.D sisteminin geçici kabulü 1991, kesin kabulü ise 1992 yılında tamamlanmıştır.

Milli Yük Tevzi Projesi adı altında gerçekleştirilen ve 380 kV' luk merkezlerle kurulu gücü 50 MW'ı geçen 154 kV santral merkezlerinden bilgi toplama, değerlendirme, gözetleme, etüt, raporlama, uluslararası ve sistemler arası alışverişlerin düzenlenmesi, yük frekans kontrolü, haberleşmenin geliştirilmesi gibi hizmetlerin yapılmasına imkan tanıyan bir S.C.A.D.A/E.M.S (Gözetimsel Denetim ve Veri Toplama/Enerji Yönetim Sistemi) kullanılmaya başlamasıyla enterkonnekte sistemin daha emniyetli ve ekonomik işletilmesi sağlanmıştır.

U.Y.D sisteminin devreye girmesinden sonra, bu sistemi genişletme çalışmalarına başlanmıştır. Bu çerçevede, merkezlerin genişlemesine paralel olarak mevcut U.T.B' lere yapılan ilavelerin yanı sıra, başlangıçta 45 olan U.T.B sayısı da yeni U.T.B' lerin sisteme ilavesi ile 80'e yaklaşmış durumdadır. Atatürk ve Karakaya santralleri ise, bu santrallerde bulunan bilgisayar sistemleriyle, BECOS-10, U.Y.D sistemi bilgisayarları arasında direkt iletişim linkleri ile U.Y.D sistemine bağlanmış olup, bu sayede ülkemizin en büyük santralleri olan bu santrallerin U.K.M' den gönderilen sinyallerle yük frekans kontrolüne katılımı sağlanmış bulunmaktadır.

Diğer yandan, U.Y.D sistemine dahil merkezlerin 154 kV kısımlarından ilave bilgi toplamak amacıyla yapılan çalışmalar devam etmekte olup, bu çalışmaların tamamlanmasıyla şebekeden toplanan ölçüm ve durum bilgilerinin toplam sayısı yaklaşık olarak % 250 artışla başlangıçtaki toplam sayı olan 1960'dan 6800'e ulaşmış olacaktır. Bu sayılara, iletişim cihazlarından alınan alarm bilgileri dahil değildir. Şekil 3.1'de, mevcut U.Y.D sisteminin yapısı görülmektedir. Şekilden görüldüğü gibi U.Y.D sistemi hiyerarşik bir yapıya sahiptir ve bu hiyerarşinin en

tepesinde Ulusal Kontrol Merkezi bulunmaktadır. 5 bölgesel kontrol merkezi Adapazarı, Çarşamba, Gölbaşı, Keban ve İzmir’de kurulmuştur.



Şekil 3.1: Mevcut Ulusal Yük Dağıtım Sisteminin Hiyerarşik Yapısı [19]

Halen U.T.B-B.K.M ve B.K.M-U.K.M arasındaki veri ve ses iletişiminin tümü enerji nakil hatları üzerinden, taşıyıcı P.L.C cihazlarla yapılmaktadır. U.Y.D sistemi özel bir telefon sistemini de kapsamaktadır. Ayrıca kontrol merkezleri arasında direkt linkler de mevcuttur. B.K.M’ lerle U.T.B’ ler arasındaki iletişim hızı 200 Baud ve U.K.M ile B.K.M’ ler arasındaki iletişim hızı 2400 Baud’ dur. İletişim altyapısının güçlendirilmesi için bugüne kadar yaklaşık olarak 1600 km fiber optik, O.P.G.W, linkin tesisi tamamlanmıştır. Bir kısmı servise alınmış olan fiber optikli linklerin

tamamının kullanıma girmesi ve gelecekteki iletişim ihtiyaçları için yeni O.P.G.W linklerin tesis çalışmalarına devam edilmektedir.

S.C.A.D.A fonksiyonlarının yanı sıra U.K.M' de Enerji Yönetim Sistemi, E.M.S, yazılımları da mevcuttur. E.M.S yazılımları, Ulusal Enterkonnekte Elektrik Şebekesi'nin daha iyi işletilmesi ve böylece daha kaliteli, daha güvenilir ve daha ekonomik elektrik enerjisi için gerekli imkanları sağlamaktadır. Hızla gelişen enterkonnekte sistem ve teknoloji dikkate alındığında mevcut S.C.A.D.A/E.M.S sistemi, teknoloji ve kapasite açısından eskimiş ve yetersiz kalmıştır. Bu nedenle yenileme ve genişletme projeleri uygulamaya konulmuştur. [19]

3.1.2. Elektrik dağıtım sisteminde otomasyon

Elektrik enerjisi kuruluşlarının enerji sistemlerinde verimli işletme performansına ulaşabilmeleri için planlama, işletme ve bakım kriterlerine uymak ve bunları dikkate alarak elektrik dağıtım sistemlerini tasarlamaları gerekmektedir. Elektrik enerjisi dağıtım sistemlerinin güvenilir, kaliteli ve ekonomik olarak işletilmesi ve bu amaca yönelik planlanması gerekmektedir.

Ülkemiz elektrik dağıtım şebekelerinin planlanması, tesisi ve işletilmesi faaliyetlerinde:

- Yatırımların optimum şekilde planlanamaması,
- İşletme maliyetlerinin yüksek olması,
- Bakım faaliyetlerinin teçhizat standartlarına uygun olarak yapılamaması,
- Yüksek oranda gerçekleşen kayıplar gibi sorunlar bulunmaktadır.

Bu noktada S.C.A.D.A/D.Y.S sistemlerinin tesis edilmesinin şebeke sorunları azaltılmaya çalışılmaktadır. Elektrik dağıtım hizmetlerinde uzaktan kontrol, kumanda ve izleme sistemi (S.C.A.D.A) Türkiye' de ilk defa 1994 yılında Kayseri ilinde gerçekleştirilmiştir. [20]

Kayseri dışındaki illerde de rasyonel elektrik dağıtım şebekelerine sahip olma yönündeki çabaların ikinci safhasında, dağıtım sistemindeki sorunların çözümü için gerekli veriyi sağlayacak, S.C.A.D.A sistemlerinin uygulanması çalışmaları başlatılmıştır. Yaptırılacak olan bu sistemlerin maliyetlerinin yayılması amacıyla, uygulamalara ihtiyacın en çok olduğu illerimiz Ankara, Bursa, Konya ve Gaziantep’ ten başlanacaktır. Tamamıyla öz kaynaktan karşılanacak sistemlerin maliyetlerinin 20 milyon A.B.D Doları civarında olacağı tahmin edilmektedir.

Tesis edilecek S.C.A.D.A sistemi temel olarak aşağıdaki işlevleri kapsayacaktır:

- Veri toplama
- Kontrol-kumanda
- Hesaplama işlevi
- Teçhizat çalışma endeksleri
- Olay tasnif işlevi
- Yük tevzi operatörü eğitim simülatörü
- Geçmiş veriler arşivi
- Rapor üretimi
- Vardiya değişimi yöntemi
- Trend (Eğilim) kaydı

Tablo 3.1’de, öncelikle başlanması planlanan dört ilin S.C.A.D.A projesi kapsamındaki trafo merkezleri ve dağıtım merkezleri sayıları verilmektedir.

Tablo 3-1: S.C.A.D.A projesi kapsamındaki iller [19]

İlin Adı	Trafo Merkezi Sayısı	Fider Sayısı
Ankara	67	600
Bursa	36	400
Konya	46	500
Gaziantep	25	250

Son yıllarda dağıtım şebekelerine uygulanan S.C.A.D.A sistemlerine de bazı ilave işlevler konularak Dağıtım Yönetim Sistemleri, D.Y.S, meydana getirilmektedir.

Böyle bir sistemde gerçekleştirilmesi istenecek işlevlerin şebekede mevcut olan sorunlar bazında seçilmesi gerekmektedir. Bu nedendir ki farklı elektrik kuruluşlarında değişik uygulamalara sahip Dağıtım Yönetim Sistemleri bulmak mümkün olmaktadır. D.Y.S işlevlerinin mevcut sorunlar bazında seçilmesi ekonomik bir çözüm sağlayacaktır.

Elektrik dağıtım şebekelerinde var olan sorunların çözümüne katkı sağlamak amacıyla Ankara, Bursa, Konya ve Gaziantep illerine kurulacak D.Y.S; yük akışı, optimal güç akışı, güç trafosu kısa süreli acil yüklenmesi, kısa devre analizleri, otomatik yük atma ve enerjileme, dinamik renklendirme ve şebeke izleme, yük modellenmesi ve tahmini, yük yönetim denetimi, yönlendirme yönetimi, açma/kapama senaryoları ve iş emri yönetimi temel işlevlere sahip olacak şekilde tasarlanmıştır. [19,20]

4. K.C.E.T.A.Ş'TAN ALINAN ÖLÇÜM VERİLERİNİN İNCELENMESİ

4.1. K.C.E.T.A.Ş Hakkında Genel Bilgi

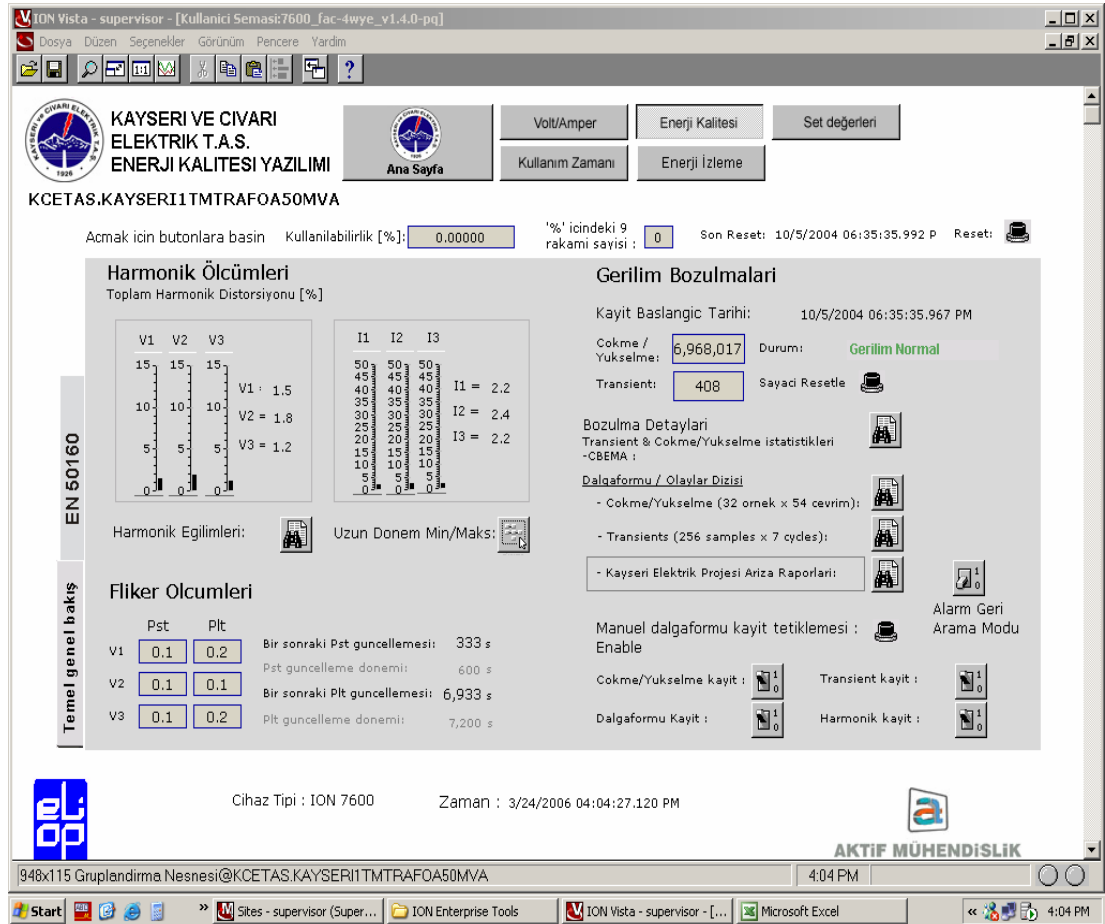
K.C.E.T.A.Ş (Kayseri ve Civarı Elektrik Türk Anonim Şirketi), 1926 yılında Atatürk' ün imzaladığı bir kararname ile kurulmuştur ve 1932 yılında şirketle 50 yıllık bir imtiyaz sözleşmesi yapılmıştır. 50 yıllık imtiyaz sözleşmesi sona erdiğinde, 1312 sayılı Türkiye Elektrik Kurumu Yasasının geçici 6. maddesi gereğince, 1 Kasım 1982'de şirketin tüm hisseleri bedelsiz olarak Türkiye Elektrik Kurumu'na (T.E.K) devredilmiştir.

Sonrasında ise T.E.K dışındaki kuruluşların elektrik üretimi, iletimi, dağıtımı ve ticaretiyle görevlendirilmeleri hakkındaki 4 Aralık 1984 tarih ve 3096 sayılı yasanın yayınlanmasından sonra Kayseri ve Civarı Elektrik T.A.Ş. tekrar başvuruda bulunmuştur. Bunun üzerine Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı talebi uygun bulmuş ve 27.11.1984 tarihli Bakanlar Kurulu kararıyla gerekli izin verilmiştir. 8 Ocak 1990 tarihinde Türkiye Elektrik Kurumu ile İşletme Devir Hakkı Sözleşmesi ve 9 Şubat 1990 tarihinde de Enerji Satış Antlaşması imzalanarak; 1 Mart 1990 tarihinden itibaren Kayseri ve Civarının Elektrik İşletme hakkı fiilen şirkete devredilmiştir. [20]

Türkiye'nin elektrik dağıtım hizmetleri 21 görev bölgesi olarak belirlenmiştir. K.C.E.T.A.Ş' nin görev bölgesiyse 18. görev bölgesi olarak tayin edilmiştir. Şirket; Kayseri ili ile Sivas ilinin Gemerek ilçesi, Tekmen, Eğerci, Ağcaşar, Arpaözü ve Sızır köylerini sınırları içine alan bölgede 16 ilçe, 53 belediyelik yerleşim, 403 köy ve 84 mezraya hizmet vermektedir. [21]

4.1.1. Sayaç otomasyon sistemi

Kayseri ve Cıvırı Elektrik T.A.Ş, sayaç otomasyonu projesini ilk olarak 2003 yılı yatırım programı kapsamına almıştır. Projenin ilk etabında T.E.İ.A.Ş trafo merkezlerinden enerji alınan noktalar ve 95 adet yüksek tüketimli müşteri otomasyon ağına alınmıştır. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'nun yayınlamış olduğu Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği, Dağıtım Yönetmeliği ve benzeri yönetmelikler çerçevesinde bu projeye bir ilk gerçekleştirilmiştir. Ayrıca T.E.İ.A.Ş trafo merkezleri dahil olmak üzere toplam 61 ölçüm noktasına enerji analizörleri yerleştirilerek alınan ve satılan enerjinin kalite yönünden incelenmesi ve analiz edilmesi imkanları sağlanmıştır. [20]

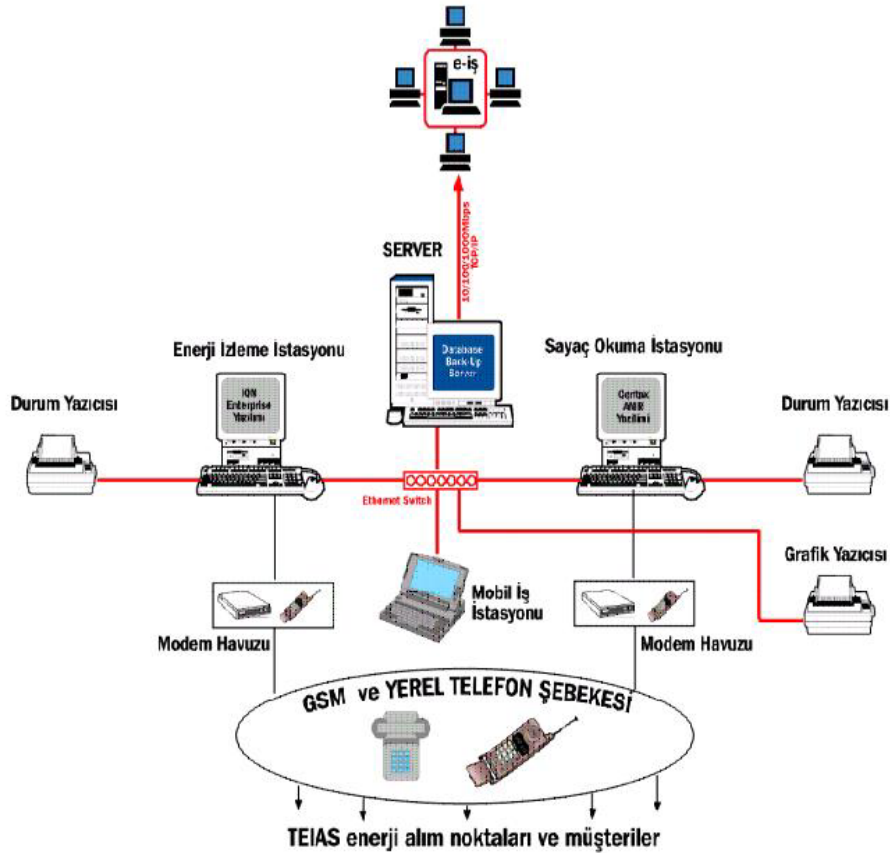


Şekil 4.1: Sayaç otomasyonunda kullanılan programın önyüzü

Şekil 4.1'de sayaç otomasyon sisteminde kullanılan programın önyüzü görülmektedir. K.C.E.T.A.Ş şirketinin sayaç otomasyon sisteminin kurulumu için

açtığı ilk ihale, Aktif Mühendislik ve Eliop şirketlerinin ortaklığındaki gruba verilmiştir. Sayaç otomasyon sisteminde Kanada yapımı ION 7600 enerji analizörleri kullanılmıştır. Bu analizörün daha verimli ve etkin bir şekilde çalışabilmesi için ION Vista programı geliştirilmiştir. İlk etap proje 2004 yılı içerisinde 6 aylık kısa bir sürede tamamlanarak işletmeye açılmıştır. Sayaç otomasyon sistemi şirket bünyesinde kullanılmakta olan Abone Bilgi Yönetim Sistemi programıyla da uyumlu olup bu sayede otomatik faturalama yapılabilmekte ve sahaya yönelik iş emirleri otomatik olarak üretilebilmektedir.

Bu proje ile yüksek tüketimli müşterilerin tamamının ölçü devreleri yenilenmiş, ayrıca sayaçlar, akım ve gerilim trafoları E.P.D.K' nun elektrik piyasasında kullanılacak sayaçlar hakkındaki tebliğinde öngörüldüğü şekilde değiştirilmiştir. Yapılan bu çalışma ile ölçümlerin hassasiyeti sağlanmış, hata oranları standartlarda belirtilen değerlere getirilmiştir. Bu işlemler sayesinde kayıp-kaçak oranı en alt seviyeye indirilmiş ve enerjinin kaliteli ölçülmesi sağlanmıştır.



Şekil 4.2: Sayaç Otomasyon Sistemi Prensi Şeması

2005 yılı içerisinde 380 adet yüksek tüketimli müşterinin G.P.R.S teknolojisini kullanarak sisteme ilave altyapı çalışmaları tamamlanmıştır. Şu anda 121 adet yüksek tüketimli müşteri sisteme dahil edilmiştir. Bunlardan; 104 tanesinde yerel telefon şebekesi, 17 tanesindeyse G.S.M teknolojisi kullanılmaktadır. Saha çalışmaları devam eden bu ikinci etap proje ile 2006 yılı içerisinde toplamda 500 adet yüksek tüketimli müşteri sayaç otomasyonu sistemine alınmış olacaktır. Bundan sonraki aşamada ise diğer 2500 yüksek tüketimli müşterinin otomasyon kapsamına alınması hedeflenmektedir. Bu sayede satılan enerjide % 70'lik bir paya sahip olan müşteri grubu sayaç otomasyonu sistemine alınmış olacaktır. [19–21]

4.1.2. Kayseri ve Civarı T.A.Ş' nin genel yük profili

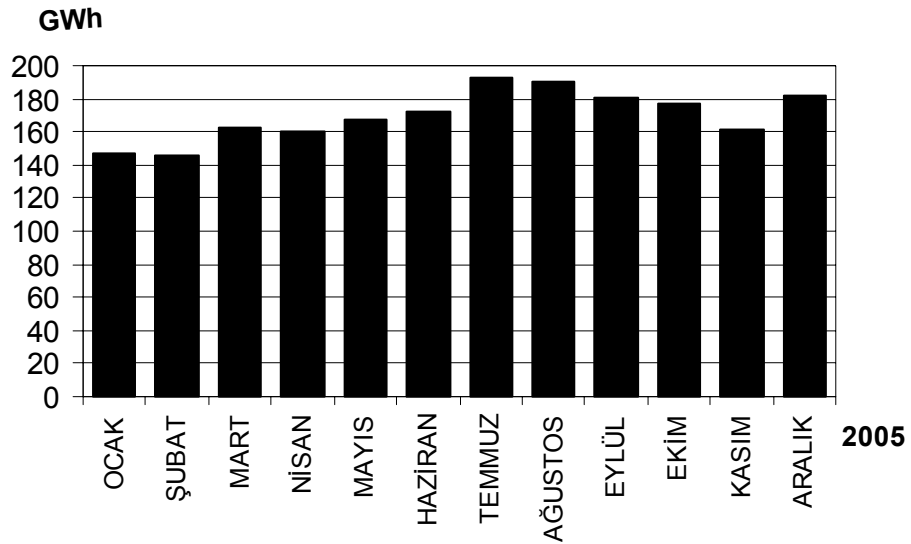
K.C.E.T.A.Ş görev bölgesi içerisinde T.E.İ.A.Ş' a ait 154/34,5–31,5 ve 15 kV'luk çeşitli güçlerdeki trafo merkezlerinden enerji almaktadır. Bu trafo merkezlerinde ölçüme esas aktif ve ölçü trafoları ile kontrol amaçlı reaktif sayaçlar tesis edilmiş olup, her ayın son günü şirket ve T.E.İ.A.Ş teknik elemanlarınca müştereken tespitler yapılarak tutanağa bağlanmaktadır. Karşılıklı mutabakat sonrası faturaya esas değerler üzerinden şirkete T.E.T.A.Ş tarafından fatura düzenlenmektedir.

Şirketin abone sayısı 2005 verilerine göre 467.294'e ulaşmıştır. Toplam abone sayısının % 82,68'i mesken, % 11,35'i ticarethane, % 2,5'i de sanayi abonesi olmak üzere, kalan % 3,4'lük kısımda diğer abone gruplarından oluşmaktadır. Son yıllarda Kayseri'de toplu konut projelerinin yapılmasından dolayı mesken abone sayısında hızlı bir artış görülmektedir.

Şirketin görev bölgesindeki 2005 yılı tüketim oranları incelendiğinde tüketiminin %57,26'lık kısmını sanayi grubunun, %22,18'lik kısmının ise mesken grubu tarafından gerçekleştirilmiştir. Ülke ekonomisindeki olumlu gelişmeler nedeniyle bir önceki yıla göre tüketim oranında %12,26'lık bir artış görülmüştür.

Şekil 4.3'de K.C.E.T.A.Ş' nin 2005 yılında aylara göre T.E.İ.A.Ş' tan satın aldığı enerji miktarının değişimi görülmektedir. Buradaki veriler mesken, sanayi, ticarethane ve diğer tip tüketicileri, yani Kayseri genelindeki bütün tüketici tiplerini,

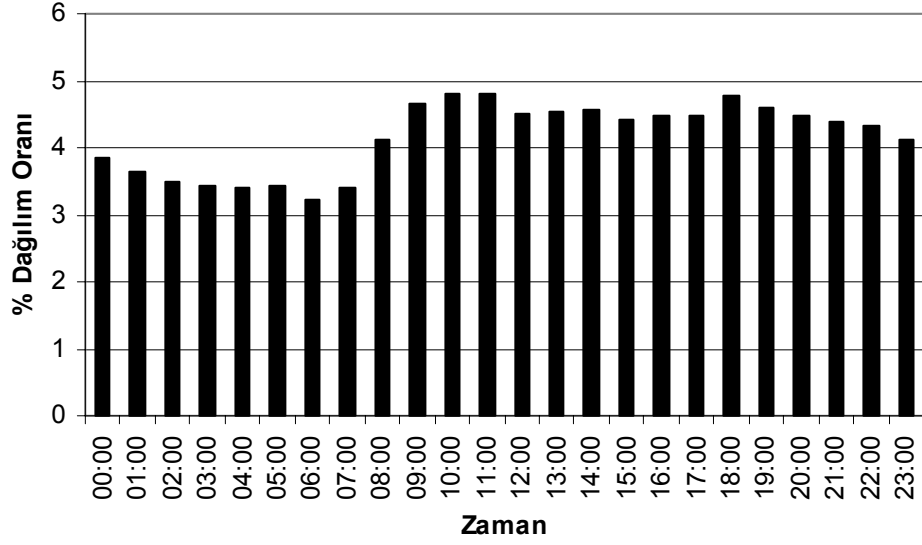
kapsamaktadır. Satın alınan enerjinin Nisan ayıyla Temmuz ayı arasında sürekli arttığı, Temmuz ayıyla Kasım ayı arasında sürekli azaldığı görülmektedir. 2005 yılının ilk çeyreğinde (Ocak-Şubat-Mart) satın alınan enerji miktarı yıl genelinin en düşük seviyesindedir. Yılın bu döneminde mesken tipi tüketicilerde ısınma amaçlı olarak çekilen yükün arttığı düşünülebilir, fakat bu dönemde önemli bir tüketime sahip olan sanayi tipi müşteriler bir önceki yıldan kalan stokları tüketebilmek için üretimi azaltmaktadırlar. Bundan dolayı yılın bu çeyreğinde satın alınan enerji miktarı en düşük seviyededir. 2005 yılının üçüncü çeyreğinde (Temmuz-Ağustos-Eylül) ise mevsimsel etkilerle birlikte sanayi tipi tüketicilerin tam kapasiteyle çalışmasından dolayı satın alınan enerji miktarı en yüksek seviyededir. [20,21]



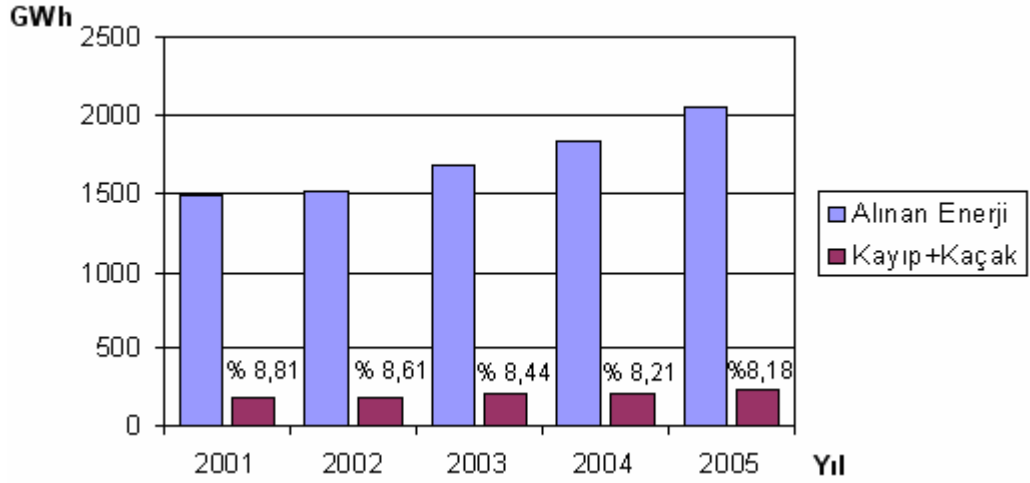
Şekil 4.3: 2005 yılında T.E.İ.A.Ş' tan satın alınan enerji

Şekil 4.4'de Kayseri genelinde 2006 yılı Mart ayı içerisinde çekilen toplam yükün gün içindeki değişim oranları görülmektedir. Şekil incelendiğinde; 00:00 ile 07:00 saatleri arasında dağılım oranlarının % 3-4 arasında değiştiği, günün geri kalan saatlerindeyse dağılım oranlarının % 4-5 arasında değiştiği görülmektedir. Dağılım oranlarının arttığı saatlerde genel olarak mesken, ticarethane ve vardiyalı olarak çalışan sanayi tipi tüketicilerin etkili olduğu düşünülebilir. Aynı şekilde dağılım oranlarının azaldığı saatlerde özellikle mesken ve ticarethane tipi tüketiciler çekilen yükü etkilemektedirler.

Kayseri Geneli Çekilen Güç



Şekil 4.4: Kayseri genelinde mart ayında çekilen toplam yükün gün içinde değişim oranları



Şekil 4.5: Yıllara göre T.E.İ.A.Ş' tan satın alınan enerji

Şekil 4.5'de T.E.İ.A.Ş' tan yıllara göre alınan enerji ve kayıp-kaçak oranları görülmektedir. Buna göre kayıp-kaçak oranları; 2001 yılında % 8,81, 2002 yılında % 8,61, 2003 yılında % 8,44, 2004 yılında % 8,21 ve 2005 yılında % 8,18 olarak gerçekleşmiştir. Yapılan incelemede, çekilen güçler her sene artmasına rağmen, sayaç otomasyon sistemi sayesinde, kayıp-kaçak oranında azalmalar görülmektedir.

4.2. Plastik ve Demir Sektörlerinde Enerji Kalitesi Problemlerinin İncelenmesi

Bölüm 2’de elektrik güç sistemlerinde ortaya çıkan kalite problemleri çeşitli sayıda kategorilere ayrılarak incelenmiştir. Bu kısımda; plastik ve demir sektörlerinde faaliyet gösteren iki ayrı işletmede meydana gelen güç kalitesi problemleri incelenecektir.

K.C.E.T.A.Ş’ ta uygulanan sayaç otomasyonu sistemi, 121 adet yüksek tüketimli müşterinin, her 15 dakikada bir, çektikleri aktif ve reaktif güç bilgilerini ölçmekte ve elde edilen veriler sayaç otomasyon merkezinde sürekli kaydedilmektedir. Cihazda first in-first out (ilk giren ilk çıkar) mantığı olduğundan kapasite dolduğunda ilk kaydettiği veriler bellekten silinmektedir. Bu sebeple, hem güncel verilerin kullanılmak istenmesi hem de arıza data kayıtlarının cihaz hafızasında sürekli güncellenmesinden dolayı belirtilen işletmeler için 2006 yılı Nisan ayı verileri incelenmiştir.

Tablo 4-1: Bazı indirici trafo merkezlerinin bilgileri [20]

İndirici Trafo Merkezleri	Gerilim Seviyesi	Güç
KAYSERİ 1TRA	154 / 15 kV	50 MVA
KAYSERİ 1TRB	154 / 15 kV	50 MVA
KAYSERİ 2 TRA	154 / 31.5 kV	50 MVA
KAYSERİ 2 TRB	154 / 31.5 kV	100 MVA
KAYSERİ 3 TRA	154 / 31.5 kV	100 MVA
KAYSERİ 3 TRB	154 / 31.5 kV	100 MVA
KAPASİTÖR TM	154 / 31.5 kV	25 MVA
ÇİNKUR TM	154 / 31.5 kV	25 MVA

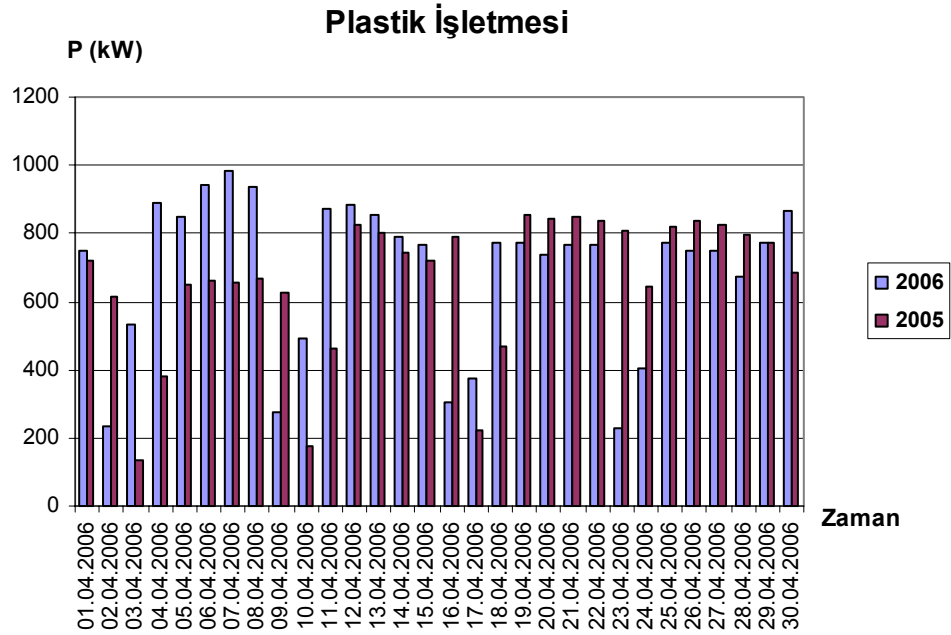
Tablo 4-2: Bazı müşterilerin besleme bilgileri [20]

Sektör	Gerilim Seviyesi	Güç	Beslendiği T.E.İ.A.Ş Noktası
Plastik	31,5/0,4 kV	4000 kVA	Çinkur TM
Demir	31,5/0,4 kV	2000 kVA	Çinkur TM
Tekstil	15/0,4 kV	9850 kVA	Kayseri 1 TM
Çimento	31,5/0,4 kV	16000 kVA	Kapasitör TM
Kablo	15/0,4 kV	6050 kVA	Kayseri 1 TM

Tablo 4-1’de, K.C.E.T.A.Ş’ nin T.E.İ.A.Ş noktalarından enerji aldığı bazı indirici trafo merkezlerinin gerilim seviyeleri ve güçleri görülmektedir. K.C.E.T.A.Ş şirketi toplam 17 tane indirici trafo merkezinden enerji almaktadır. Ayrıca şirket Yamula H.E.S, Sızır H.E.S ve Bünyan H.E.S ile enerji üretimi de yapmaktadır. Tablo 4-2’de K.C.E.T.A.Ş’ ne bağlı çeşitli sektörlerdeki abonelerin; birincil ve ikincil gerilim seviyeleri, kurulu güçleri ve beslendikleri indirici trafo merkezleri görülmektedir. Bu çalışmada, tabloda bulunan plastik ve demir işletmelerine ait veriler incelenecektir. Tablolardan görüldüğü gibi plastik ve demir işletmeleri aynı indirici trafo merkezinden beslenmekte ve aynı bara üzerinde bulunmaktadır. İndirici trafo merkezinden gelen besleme hattına göre plastik işletmesi demir işletmesinin önünde bulunmaktadır. Bir başka deyişle plastik işletmesi indirici trafo merkezine daha yakın bulunmaktadır.

4.2.1. Plastik işletmesinde yıllara göre çekilen güçler

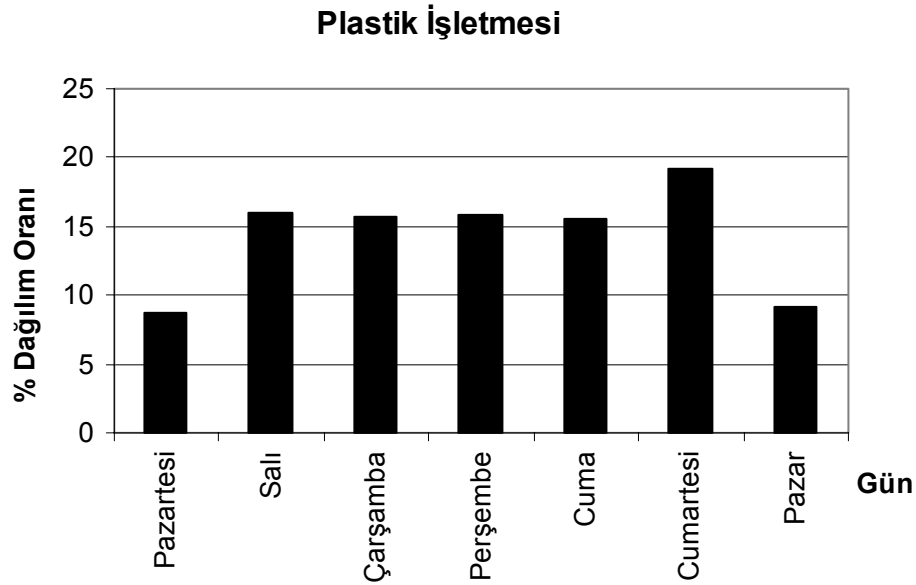
Plastik işletmesi, 4000 kVA kurulu gücü ile Çinkur İndirici T.M tarafından beslenmektedir. Şekil 4.6’da plastik işletmesinin 2005 ve 2006 yıllarında Nisan ayı içerisinde günlere göre çektiği ortalama güçlerin değişimi görülmektedir.



Şekil 4.6: Plastik işletmesinde günlere göre çekilen güçler

İşletme her iki yılda da maksimum güçleri hafta içi, minimum güçleri ise hafta sonları çekmektedir. Her iki yılda da ortalama güç eğrileri birbirine benzemektedir. İşletme; 2006 yılı Nisan ayında toplam 20.766 kW, 2005 yılı Nisan ayında ise 19.883 kW aktif güç tüketmiştir. Buna göre Nisan ayı içerisinde, 2006 yılında çekilen toplam aktif güç 2005 yılına göre % 4,45 oranında artmıştır.

2006 yılı Nisan ayının ilk yarısında işletmenin çektiği ortalama güçler 2005 yılında çekilen ortalama güçlere göre daha yüksektir. 2006 yılı Nisan ayının ikinci yarısında işletmenin çektiği ortalama güçler ilk yarıdakilere göre daha düşüktür. Buna göre işletmenin Nisan ayının ilk yarısında üretimi arttırdığı ve yüksek kapasiteyle çalıştığı söylenebilir. 2005 yılında çekilen ortalama güçler incelendiğinde, 2006 yılına göre, Nisan ayının ilk yarısında daha düşük ikinci yarıdaysa daha yüksek güçler çekildiği görülmektedir. Aynı şekilde burada da işletmenin Nisan ayının ikinci yarısında üretimi arttırdığı ve yüksek kapasiteyle çalıştığı söylenebilir.



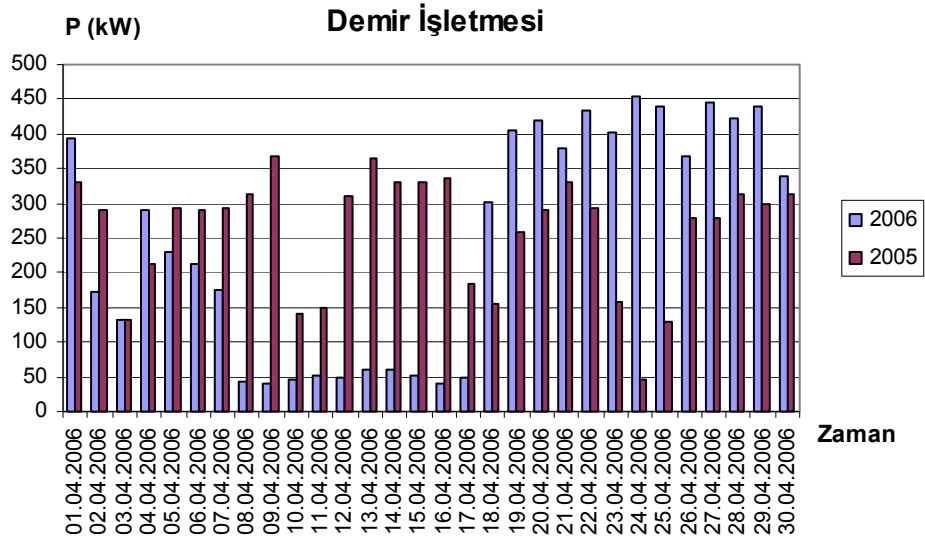
Şekil 4.7: Plastik işletmesinde günlere göre çekilen güçlerin oranları

Şekil 4.7’de, plastik işletmesinin Nisan ayı içinde çektiği gücün haftanın günlerine göre yüzde dağılım oranları görülmektedir. Şekil incelendiğinde çekilen güçlerin

hafta içi çalışma günlerinde (Salı-Çarşamba-Perşembe-Cuma) düzenli olduğu, Pazar-Pazartesi-Cumartesi günleriye çekilen güçlerde dalgalanma olduğu görülmektedir. 2006 yılı Nisan ayında çekilen maksimum aktif güç 7 Nisan (Cuma) günü 985 kW, çekilen minimum aktif güç ise 23 Nisan (Pazar) günü 228 kW olarak ölçülmüştür.

4.2.2. Demir işletmesinde yıllara göre çekilen güçler

Demir işletmesi, 2000 kVA kurulu gücü ile Çinkur İndirici T.M tarafından beslenmektedir. Şekil 4.8’de demir işletmesinin 2005 ve 2006 yıllarında Nisan ayı içerisinde günlere göre çektiği ortalama güçlerin değişimi görülmektedir.

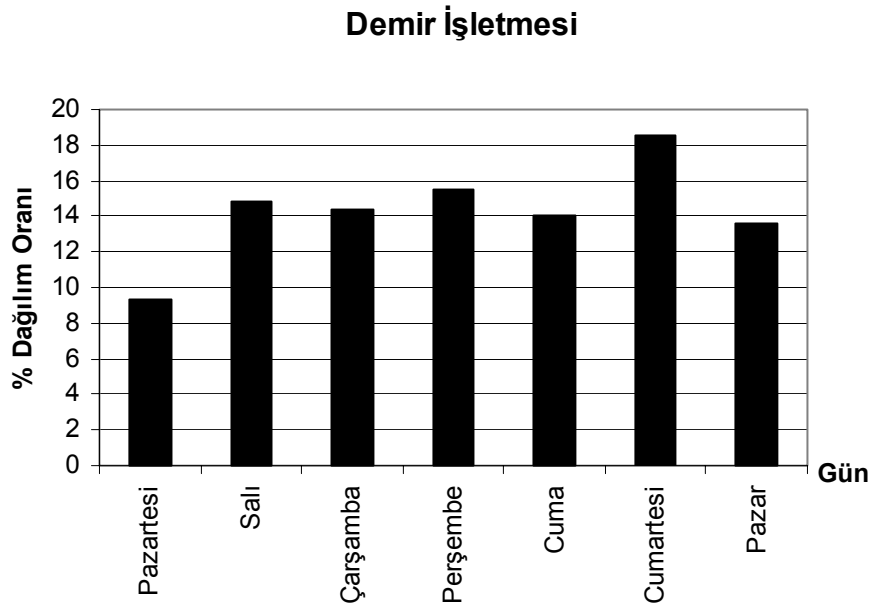


Şekil 4.8: Demir işletmesinde günlere göre çekilen güçler

İşletmenin günlere göre çektiği maksimum ve minimum güçler değişkenlik göstermektedir. İşletme; 2006 yılı Nisan ayında toplam 7343 kW, 2005 yılı Nisan ayında ise 7811 kW aktif güç tüketmiştir. Buna göre Nisan ayı içerisinde, 2006 yılında çekilen toplam aktif güç 2005 yılına göre % 6 oranında azalmıştır.

2006 yılında; 4 Nisan (Salı) ile 7 Nisan (Pazar) arasında çekilen güç kademeli olarak azalmış, 8 Nisan (Pazartesi) ile 17 Nisan (Çarşamba) günleri arasındaysa çekilen güç

önemli ölçüde azalmıştır. Bu durumda; işletmede çok büyük bir arıza meydana geldiği veya da işletme geçici olarak çalışmayı durdurduğu düşünülebilir. 17 Nisan sonrası incelendiğindeyse çekilen gücün önemli ölçüde arttığı görülmektedir. Bu nedenle 8-17 Nisan arasında işletmenin kapasite artırımına gidip tesisi genişlettiği ve bu aralıkta çekilen gücün iş makineleri tarafından tüketildiği düşünülebilir. 17 Nisan sonrasında işletmenin çektiği toplam aktif güç 2006 yılında 4407 kW, 2005 yılında ise 3146 kW olarak ölçülmüştür. Yani bu 13 günlük sürede çekilen güç % 40,08 oranında artmıştır.

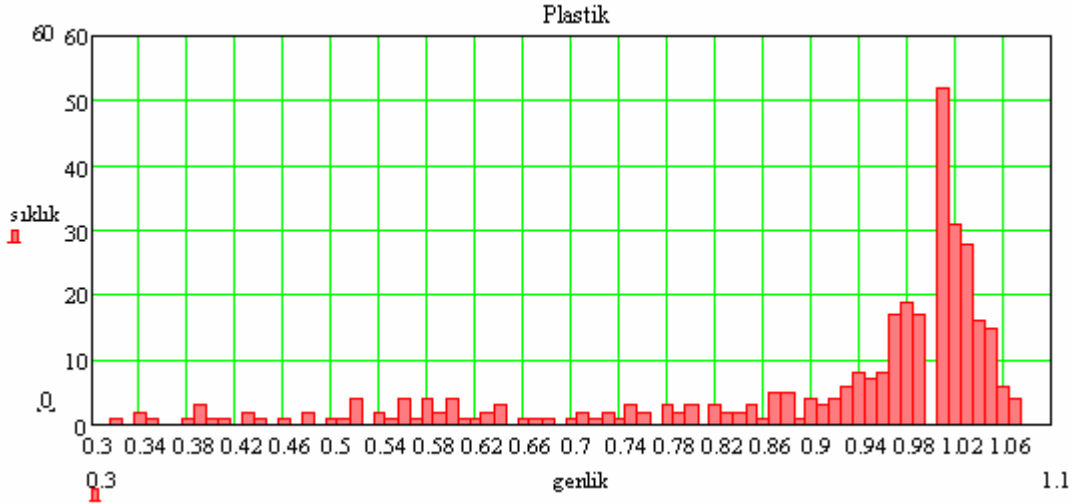


Şekil 4.9: Demir işletmesinde günlere göre çekilen güçlerin oranları

Şekil 4.9'da, demir işletmesinin Nisan ayı içinde çektiği gücün haftanın günlerine göre yüzde dağılım oranları görülmektedir. Plastik işletmesininkine benzer durumda, çekilen güçlerin hafta içi çalışma günlerinde (Salı-Çarşamba-Perşembe-Cuma) düzenli olduğu, Pazar-Pazartesi-Cumartesi günleriyse çekilen güçlerde dalgalanma olduğu görülmektedir. 2006 yılı Nisan ayında çekilen maksimum aktif güç 24 Nisan (Pazartesi) günü 453 kW, minimum aktif güç ise 16 Nisan (Salı) günü 39 kW olarak ölçülmüştür.

4.2.3. Plastik işletmesindeki gerilim kalitesi

Bu bölümde birincil taraftan alınan gerilim ölçümlerine göre gerilim kalitesi incelenecektir. Şekil 4.10'da, Nisan ayı içinde plastik işletmesinde meydana gelen gerilim düşmeleri ve yükselmeleri bağıl değerler olarak gösterilmiştir. Her bir eğrinin arası 0,1 p.u. değerindedir. (Temel bağıl değer 1 p.u. olarak kabul edilmiştir. Histogram eğrilerinin arasındaki boşluk gerilimin 1 p.u. olduğu değeri göstermektedir.) Şekilde 1 p.u. değerinin altında kalan alan gerilim düşümünün olduğu kısım, üstünde kalan alan ise gerilim yükselmesinin olduğu kısım göstermektedir.



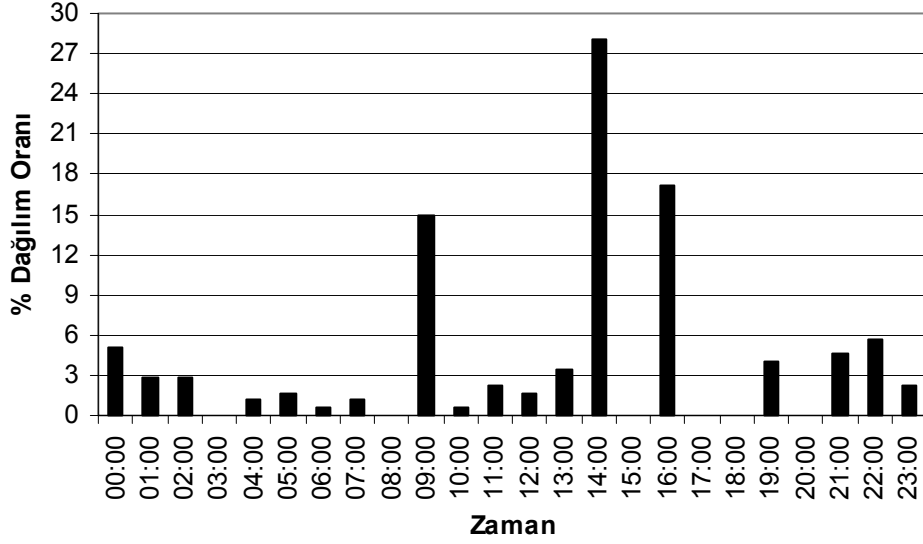
Şekil 4.10: Plastik işletmesinde meydana gelen gerilim düşme-yükselmesinin dağılımı

Şekilde gerilim düşmeleri 0,3 p.u. ile 0,99 p.u. değerleri arasına yayılmıştır. Bununla birlikte gerilim düşmeleri 0,9 p.u. ile 0,99 p.u. değerleri arasında yoğunlaşmaktadır. Gerilim yükselmeleri ise 1,01 p.u. ile 1,1 p.u. değerleri arasına yayılmıştır. Gerilim yükselmeleri 1.07 p.u. değerinden sonra giderek seyrekleşmektedir.

Şekil 4.11'de, plastik işletmesinde meydana gelen gerilim düşmelerinin gün içinde zamana bağlı değişimleri gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde gerilim düşmelerinin 09:00, 14:00 ve 16:00 saatlerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Gerilim düşmelerinin bu saatlerde yoğunlaşmasının işletmenin o saatlerdeki talep gücüne göre değişkenlik

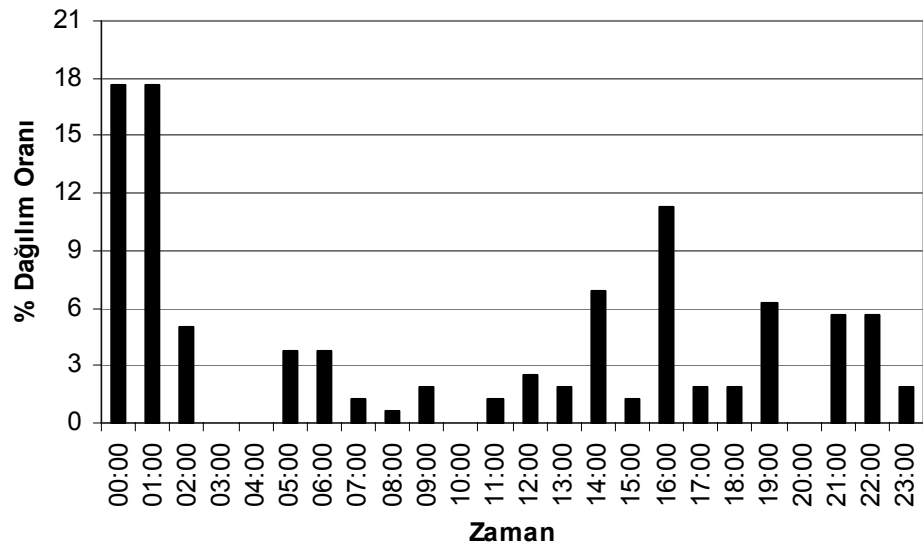
gösterdiği söylenebilir. Şekil 4.12’de ise plastik işletmesinde meydana gelen gerilim yükselmelerinin gün içinde zamana bağlı değişimleri gösterilmiştir. Şekilden, gerilim yükselmelerinin 00:00, 01:00, 14:00 ve 16:00 saatlerinde daha sık olduğu görülmektedir.

Plastik İşletmesi



Şekil 4.11: Plastik işletmesindeki gerilim düşmelerinin zamana bağlı değişimi

Plastik İşletmesi



Şekil 4.12: Plastik işletmesindeki gerilim yükselmelerinin zamana bağlı değişimi

Gerilim düşmelerinin; % 7'si 22:00'da, % 14'ü 09:00'da, % 17'si 16:00'da, % 28'i 14:00'da meydana gelmiştir. Gerilim yükselmelerinin; % 7'si 14:00'da, % 11'i 16:00'da, % 17'si 00:00'da, %18'i 01:00'da meydana gelmiştir.

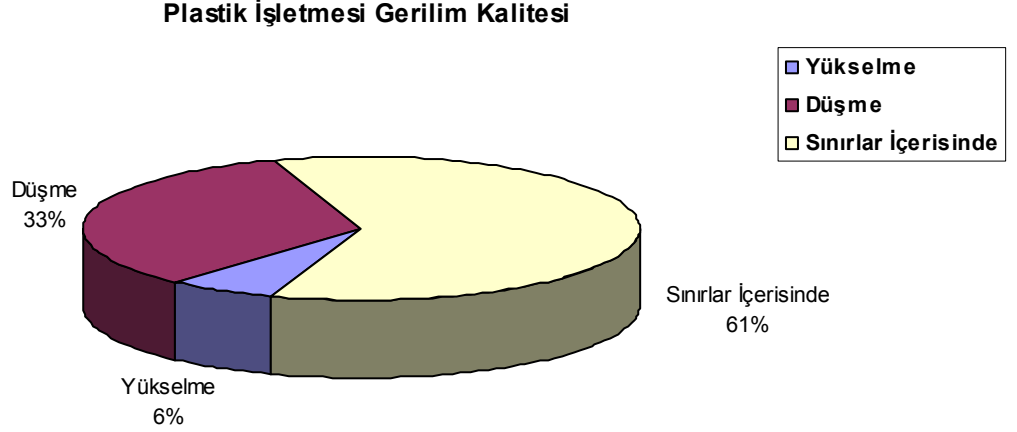
Her iki şekil birlikte ele alındığında gerilim düşme ve yükselme oranlarının 14:00 ve 16:00'da arttığı görülmektedir. Olayların bu saatlerde artması şebekeye ve işletmenin çektiği güce bağlıdır. Çünkü bu saatlerde her tip tüketicinin çektiği yük artmakta ve özellikle işletmeler yüksek kapasiteyle çalışmaktadırlar.

Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu tarafından yayınlanan Elektrik Piyasası Dağıtım Yönetmeliği'nin beşinci kısmında yer alan Dağıtım Sisteminin İşletilmesi bölümünde Sistem Gerilimleri ve Değişim Sınırları şu şekilde tanımlanmıştır:

“Madde 28: Dağıtım sistemindeki gerilim seviyelerinin ülke çapında standardizasyonunu sağlamaya yönelik yöntemler ile uygulamaya dair usul ve esaslar, Kurul onayı ile uygulamaya konulur. Standardizasyonu sağlamaya yönelik düzenleme uygulamaya konuluncaya kadar, dağıtım sistemi için izin verilen nominal yüksek gerilim değerleri 34.5, 33, 31.5, 15.8, 10.5 ve 6.3 KV' dur. Alçak gerilim seviyesi üç faz 380 V, tek faz 220 V' dur. Normal işletme koşullarında, bağlantı noktasındaki gerilim, nominal gerilimin en fazla \pm % 5 'i kadar değişebilir. Acil durumda kısa bir süre için bu gerilimin en fazla - % 8 ila + % 6 arasında değişimine izin verilir.” [22]

Yönetmelikte görüldüğü gibi dağıtım şebekesi için normal işletme koşullarında izin verilen gerilim değişim sınırı \pm % 5 seviyesidir. Yani bağlı değerler cinsinden gerilim 0.95 ile 1.05 değerleri arasında kalmalıdır.

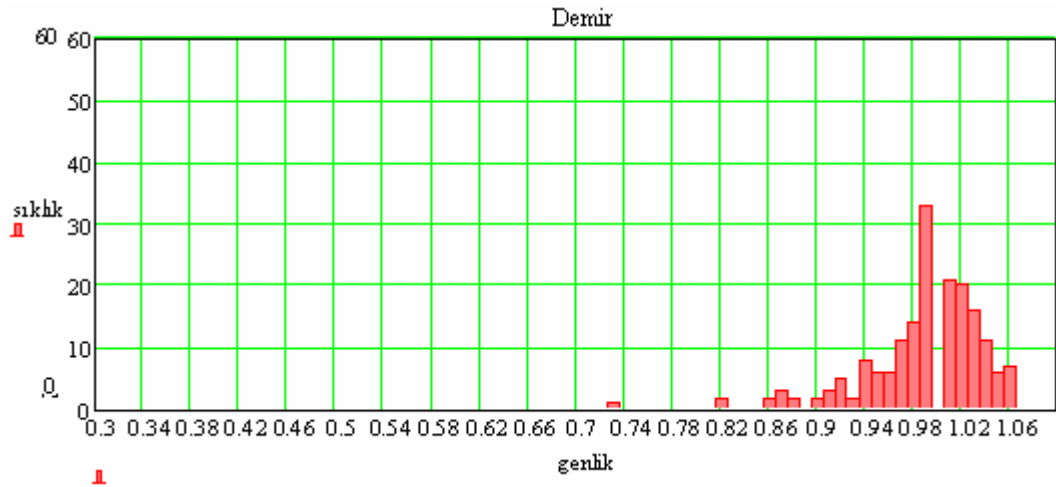
Şekil 4.13'de, E.P.D.K yönetmeliğine göre, meydana gelen gerilim kalitesi problemlerinin yüzde dağılım oranları verilmiştir. İşletmede algılanan gerilim kalitesi problemlerinin % 61'i 0.95 ile 1.05 değerleri arasında oluşmaktadır. Geri kalan % 33'lük kısım gerilim düşmelerini, % 6'luk kısım ise gerilim yükselmelerini göstermektedir.



Şekil 4.13: Plastik işletmesinde gerilim kalitesi problemlerinin oranları

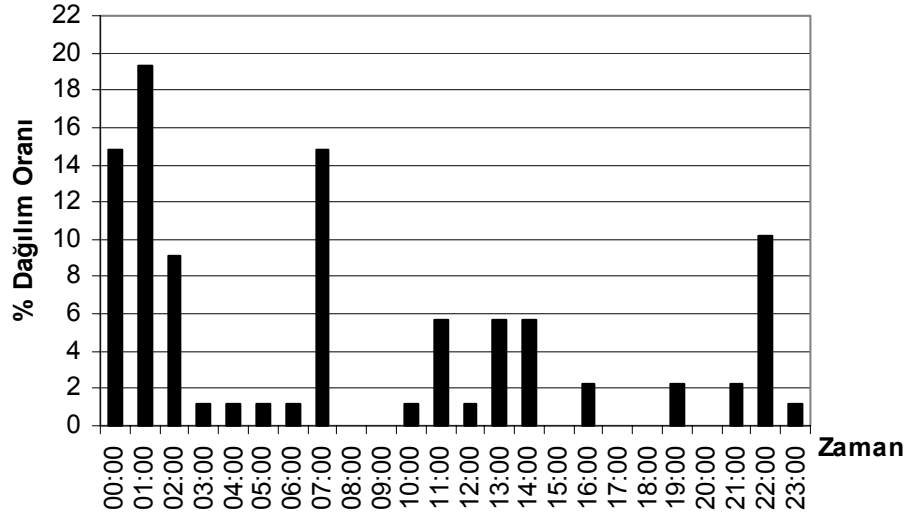
4.2.4. Demir işletmesindeki gerilim kalitesi

Şekil 4.14'de Nisan ayı içinde demir işletmesinde meydana gelen gerilim düşmeleri ve yükselmeleri bağıl değerler olarak gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde gerilim düşmelerinin 0,73 p.u. ile 0,99 p.u. arasına yayıldığı, 0,9 p.u. ile 0,99 p.u. arasında yoğunlaştığı görülmektedir. Bu işletmede meydana gelen gerilim düşmeleri plastik işletmesindeki kadar çok yaygın değildir. Gerilim yükselmeleri ise 1,06 p.u. değerinden sonra seyrekleşmiştir.



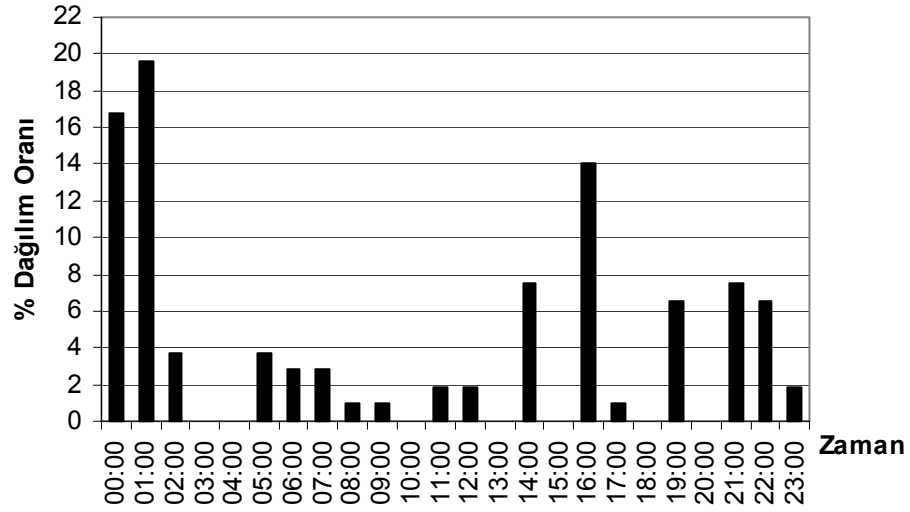
Şekil 4.14: Demir işletmesinde meydana gelen gerilim düşme-yükselmesinin dağılımı

Demir İşletmesi



Şekil 4.15: Demir işletmesindeki gerilim düşmelerinin zamana bağlı değişimi

Demir İşletmesi



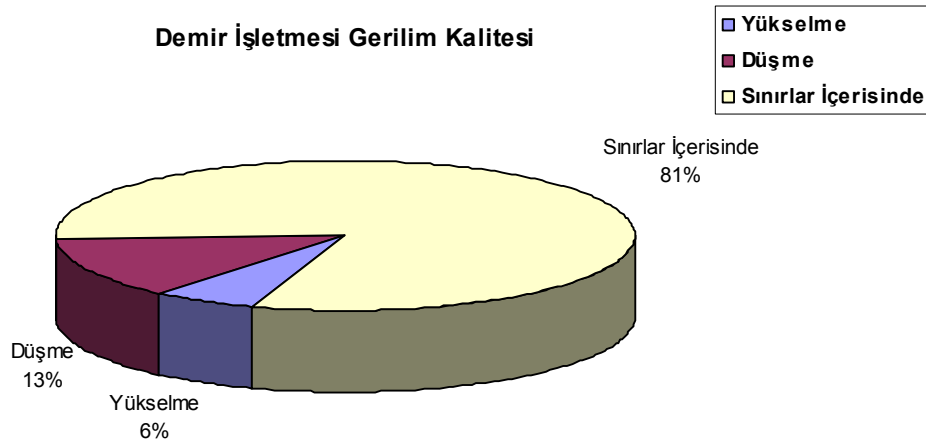
Şekil 4.16: Demir işletmesindeki gerilim yükselmelerinin zamana bağlı değişimi

Şekil 4.15’de demir işletmesinde meydana gelen gerilim düşmelerinin gün içinde zamana bağlı değişimleri gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde gerilim düşmelerinin

00:00, 01:00, 07:00 ve 22:00 saatlerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Şekil 4.16'da ise demir işletmesinde meydana gelen gerilim yükselmelerinin gün içinde zamana bağlı değişimleri gösterilmiştir. Şekilden, gerilim yükselmelerinin 00:00, 01:00, 14:00 ve 16:00 saatlerinde daha sık oluştuğu görülmektedir.

Gerilim düşmelerinin; % 10'u 22:00'da, % 14'ü 07:00'da, % 15'i 00:00'da, % 20'si 01:00'da meydana gelmiştir. Gerilim yükselmelerinin; % 8'i 14:00'da, % 14'ü 16:00'da, % 16'sı 00:00'da, %19'u 01:00'da meydana gelmiştir.

Şekil 4.17'de demir işletmesinde meydana gelen gerilim kalitesi problemlerinin oranları verilmiştir. İşletmede algılanan gerilim kalitesi problemlerinin % 81'i 0.95 ile 1.05 değerleri arasında oluşmaktadır. Geri kalan % 13'lük kısım gerilim düşmelerini, % 6'lık kısım ise gerilim yükselmelerini göstermektedir.



Şekil 4.17: Demir işletmesinde gerilim kalitesi problemlerinin oranları

Plastik ve demir işletmelerine ait şekil 4.13 ve şekil 4.17 karşılaştırıldığında, yüzde olarak gerilim yükselmesi oranlarının aynı olmasına rağmen gerilim düşme oranları arasında büyük fark olduğu görülmektedir. Plastik işletmesinde meydana gelen gerilim düşmeleri şekil 4.10'da görüldüğü gibi daha yaygın oluşmaktadır. Plastik işletmesi demir işletmesine göre indirici trafo merkezine yani besleme kaynağına daha yakındır. Bilindiği gibi elektrik iletim ve dağıtım sistemlerinde kaynaktan uzaklaşıldıkça arızanın veya bozunumun etkisi azalmaktadır. Bundan dolayı plastik

ve demir işletmeleri aynı kaynaktan beslenmelerine rağmen plastik işletmesinde oluşan gerilim düşmeleri daha sık ve şiddetli olarak ölçülmektedir. Yani plastik işletmesi kaynaktaki değişimlerden daha fazla etkilenmektedir.

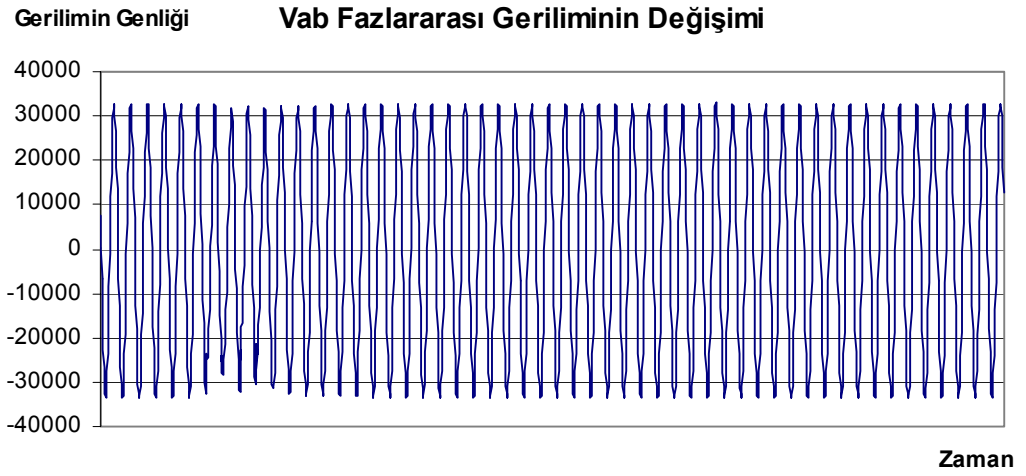
Gerilim yükselmelerini incelediğimizde de plastik işletmesinin daha çok etkilendiğini görürüz. Her iki işletme için de gerilim yükselmelerinin dağılım oranlarının aynı olmasına rağmen, plastik sektöründeki toplam olay sayısı daha fazla olduğundan gerilim yükselmesi de daha sık ve şiddetli şekilde meydana gelmiştir. Bunun nedeni de plastik işletmesinin besleme kaynağına daha yakın olmasıdır.

4.2.5. İşletmelerde algılanan geçici olaylar

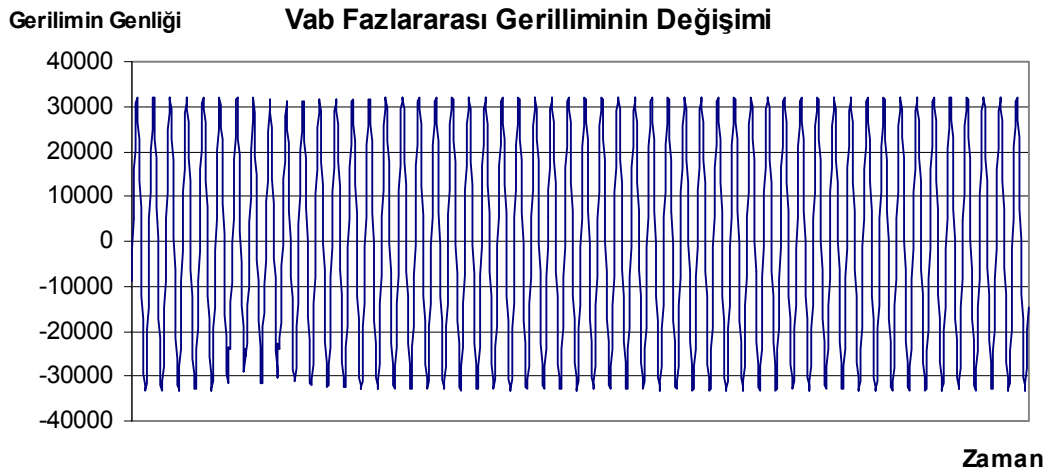
Sayaç otomasyon sistemi sayesinde tüketicilerin çektiği güçlerin yanında tüketicilere ait güç kalitesi problemleri de izlenebilmektedir. Bu sistemde birincil besleme taraflarına ION 7600 enerji analizörü yerleştirilen yüksek tüketimli müşteriler sürekli takip edilebilmektedir. Bu analizörün çalışabilmesi içinde şekil 4.1’de görülen ION Vista programı kullanılmaktadır. Programın arıza data kayıtlarında; faz-faz arası gerilimleri, faz akımları, her fazın güç faktörü, frekans, her faza ait akım ve gerilim harmonikleri ve her faza ait fliker değerleri bulunmaktadır. Program gerilim düşmelerini ve yükselmelerini her periyotta 32 örnek alarak 54 periyot boyunca, geçici olayları ise her bir periyotta 256 örnek alarak 7 periyot boyunca kaydetmektedir. Arızanın ne sıklıkta oluşacağı tahmin edilemediğinden, arıza kayıtları gün bazında değişkenlik gösterebilmektedir. Yani cihaz arıza kayıtlarına başladıktan sonra, arıza sıklığına göre, geçici hafıza sadece 3 günlük veriyle dolabilmektedir. Bunun yanında, arıza sıklığına bağlı olarak, hafıza 30 günlük veriyi de kapsayabilmektedir.

Bu kısımda 2006 yılı Nisan ayı içerisinde plastik ve demir işletmelerinde gerilim kalitesi problemlerinden üç tanesi incelenecektir. İncelenen problemler, ileriki kısımlarda da görüleceği gibi, her iki işletmede de aynı saniye içinde oluşmuştur. Ayrıca ekler kısmında Nisan ayında her iki işletmede görülen gerilim kalitesi problemleri verilmiştir.

Şekil 4.18’de plastik işletmesinde 1 Nisan 2006 günü 07:11:15 PM’de algılanan 54 periyotluk arıza data kaydı görülmektedir. Şekil 4.19’da ise demir işletmesinde 1 Nisan 2006 günü 07:11:16 PM’de algılanan 54 periyotluk arıza data kaydı görülmektedir. Şekillerden görüldüğü gibi arıza data kaydının tümü arızalı kısımdan oluşmamaktadır. Arıza data kaydı arıza öncesini, arıza anını ve arıza sonrasını içermektedir.

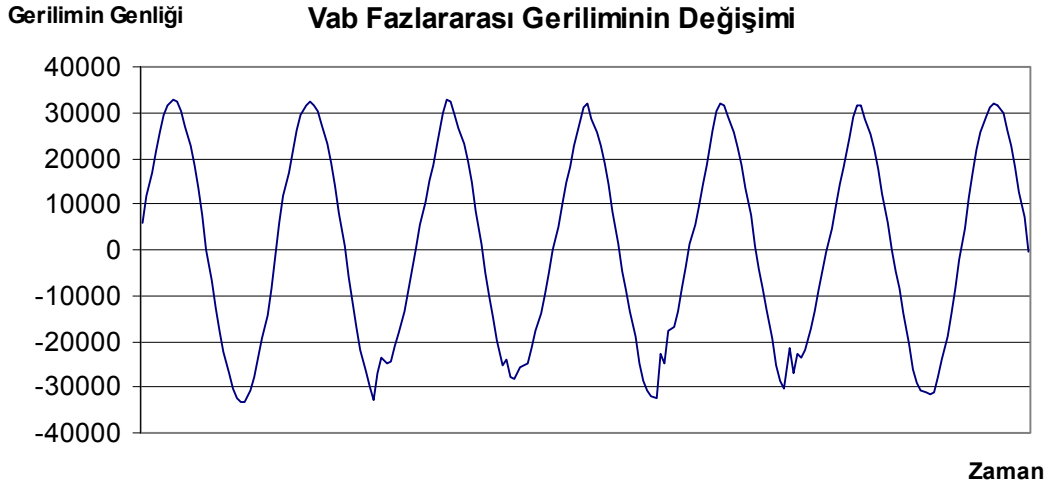


Şekil 4.18: Plastik işletmesinde 1 Nisan günü 07:11:15’de meydana gelen arıza

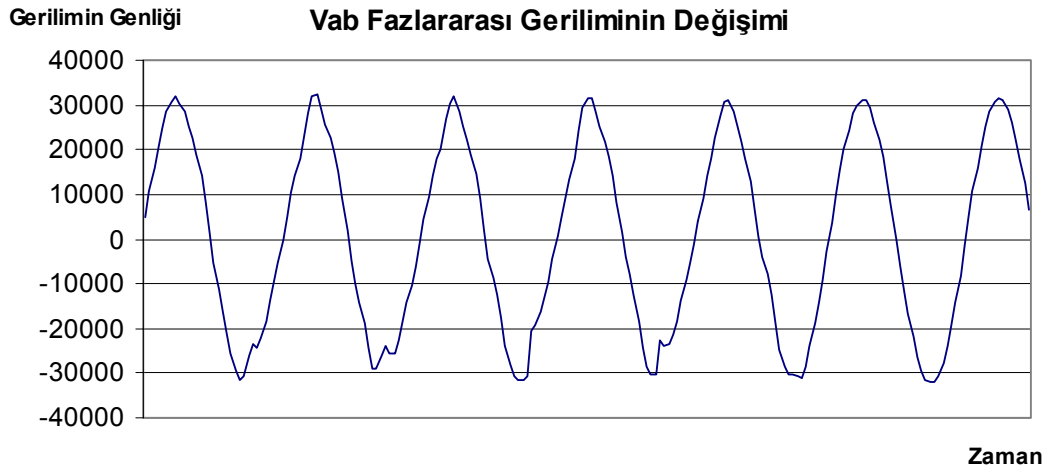


Şekil 4.19: Demir işletmesinde 1 Nisan günü 07:11:16’da meydana gelen arıza

Şekil 4.20’de plastik işletmesinde 54 periyotluk arıza data kaydındaki arızalı kısım görülmektedir. Şekil 4.21’de demir işletmesinde 54 periyotluk arıza data kaydındaki arızalı kısım görülmektedir. Şekiller incelendiğinde; her iki işletmede de arızanın 4 periyot sürdüğü ve gerilim dalgasının alt periyodunu etkilediği görülür.



Şekil 4.20: Plastik işletmesinde 1 Nisan günü 07:11:15’deki data kaydında bulunan arızalı kısım



Şekil 4.21: Demir işletmesinde 1 Nisan günü 07:11:16’deki data kaydında bulunan arızalı kısım

Tablo 4-3: Plastik işletmesinde 1 Nisan günü 07:11:15'deki arıza data kaydı

Zaman	Arıza Durumu
04/01/2006@07:11:15.654 PM	Arıza data kaydı başlangıcı
04/01/2006@07:11:15.784 PM	Arıza başlangıcı
04/01/2006@07:11:15.864 PM	Arıza bitişi
04/01/2006@07:11:16.733 PM	Arıza data kaydı bitişi

Tablo 4-4: Demir işletmesinde 1 Nisan günü 07:11:16'daki arıza data kaydı

Zaman	Arıza Durumu
04/01/2006@07:11:16.091 PM	Arıza data kaydı başlangıcı
04/01/2006@07:11:16.220 PM	Arıza başlangıcı
04/01/2006@07:11:16.301 PM	Arıza bitişi
04/01/2006@07:11:17.169 PM	Arıza data kaydı bitişi

Tablo 4-3 plastik işletmesine ait arıza data kaydının, tablo 4-4 ise demir işletmesine ait arıza data kaydının zaman bilgilerini göstermektedir. Tablolardan görüldüğü gibi plastik işletmesi arıza data kaydına demir işletmesinden 437 msn, 22 periyot kadar, önce başlamıştır. Ayrıca her iki işletme için; arıza data kaydı 1080 msn, 54 periyot, kaydedilmiştir ve data kaydındaki arızalı kısım 80 msn, 4 periyot, sürmüştür. Bu durumda arızanın plastik işletmesinde başladığı veya plastik işletmesinin arıza kaynağına demir işletmesinden daha yakın olduğu düşünülebilir.

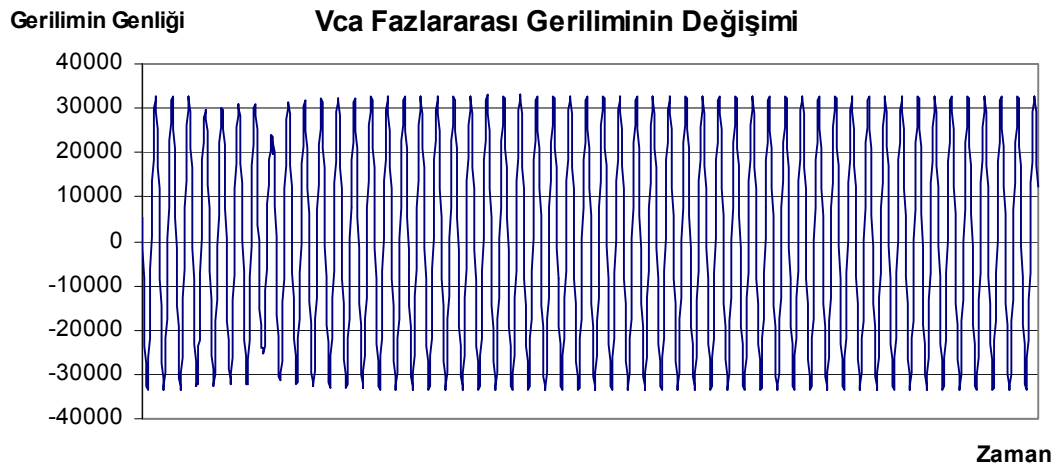
Tablo 4-5: Plastik işletmesinde 07:11:15'deki cihaz kayıtları

Zaman	kW tot	kVAR tot	kVA tot
04/01/2006@07:11:15.784 PM	519	-93	527
04/01/2006@07:11:15.824 PM	543	-14	543
04/01/2006@07:11:15.854 PM	727	135	739
04/01/2006@07:11:15.864 PM	625	176	649

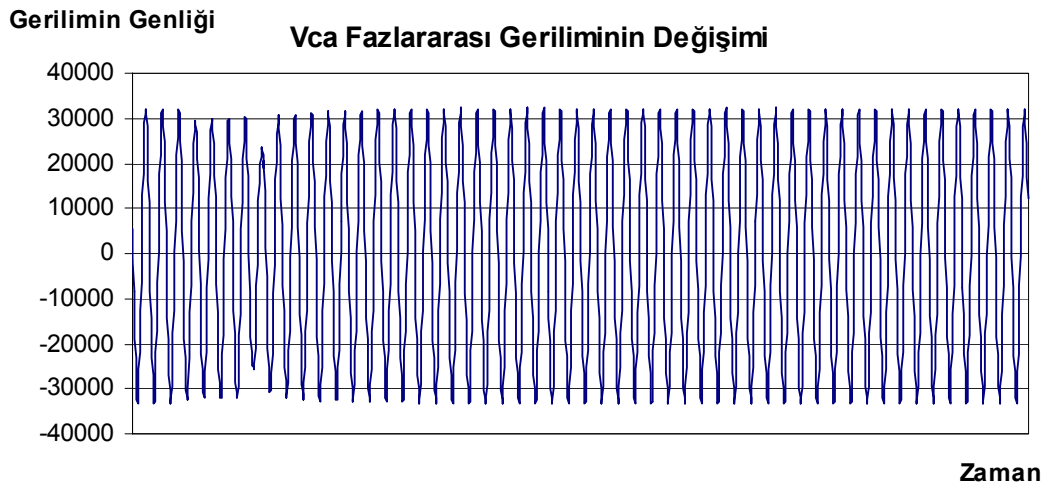
Tablo 4-5'de 07:11:15.784 PM ile 07:11:15.864 PM arasında, yani arıza boyunca, plastik işletmesinde çekilen aktif, reaktif ve görünür güç bilgileri görülmektedir. Tablo incelendiğinde çekilen aktif gücün 519 kW' tan 625 kW' a çıktığı, çekilen reaktif gücün ise -93 kVAR (endüktif) iken 176 kVAR (kapasitif) olduğu görülmektedir. Tablodaki verilerden görüldüğü gibi reaktif güçte ani ve şiddetli bir değişim olmaktadır. Özellikle 07:11:15.824 PM ile 07:11:15.854 PM arası 30 ms süren aralıkta reaktif güç -14 kVAR (endüktif) iken 135 kVAR (kapasitif) değerine çıkmaktadır. Plastik işletmesinde reaktif gücün bu değişimi büyük güçlü

kondansatörlerin devreye alınmasıyla ilgilidir. Yani bu durumda arızanın kaynağı plastik işletmesidir. Demir işletmesi arıza kaynağına daha uzak olduğundan, şekil 4.20 ve şekil 4.21’de görüldüğü gibi, arızadan daha az etkilenmiştir.

Şekil 4.22’de plastik işletmesinde 4 Nisan 2006 günü 11:44:39 AM’ de algılanan 54 periyotluk arıza data kaydı görülmektedir. Şekil 4.23’de ise demir işletmesinde 4 Nisan 2006 günü 11:44:39 AM’ de algılanan 54 periyotluk arıza data kaydı görülmektedir.

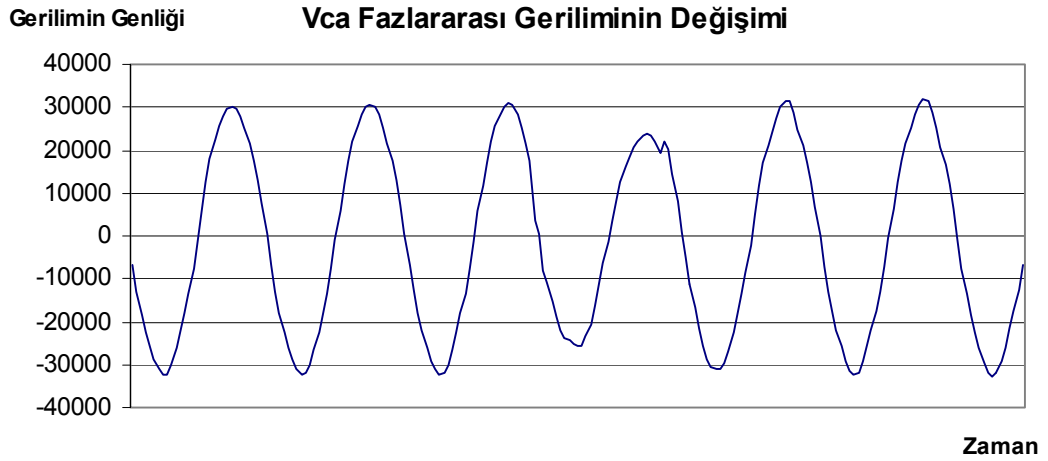


Şekil 4.22: Plastik işletmesinde 4 Nisan günü 11:44:39’da meydana gelen arıza

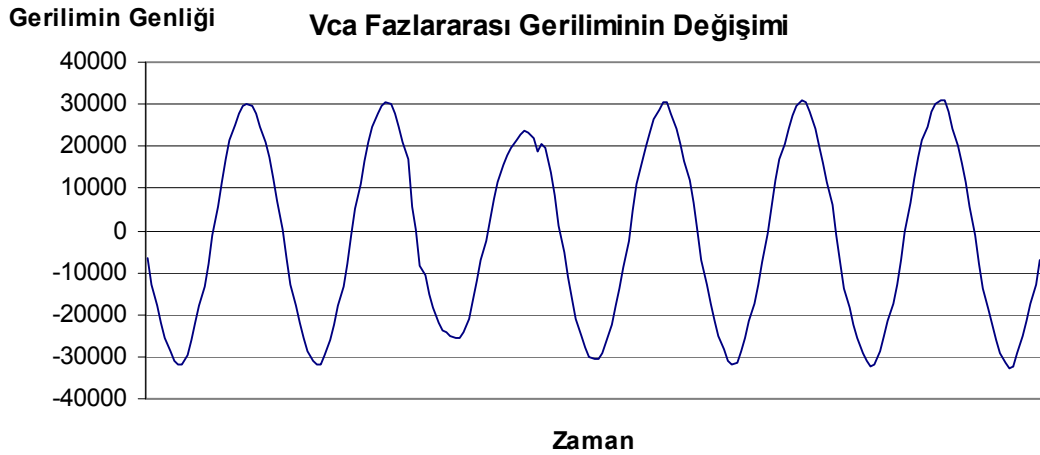


Şekil 4.23: Demir işletmesinde 4 Nisan günü 11:44:39’da meydana gelen arıza

Şekil 4.24’de plastik işletmesinde 54 periyotluk arıza data kaydındaki arızalı kısım görülmektedir. Şekil 4.25’de ise demir işletmesinde 54 periyotluk arıza data kaydındaki arızalı kısım görülmektedir. Şekiller incelendiğinde; plastik işletmesinde arızanın 4 periyot kadar sürdüğü, demir işletmesindeyse 3 periyot kadar sürdüğü ve gerilim dalgasında bir çentik etkisi oluşturduğu görülmektedir.



Şekil 4.24: Plastik işletmesinde 4 Nisan günü 11:44:39’deki data kaydında bulunan arızalı kısım



Şekil 4.25: Demir işletmesinde 4 Nisan günü 11:44:39’deki data kaydında bulunan arızalı kısım

Tablo 4-6: Plastik işletmesinde 4 Nisan günü 11:44:39'daki arıza data kaydı

Zaman	Arıza Durumu
04/04/2006@11:44:39.167 AM	Arıza data kaydı başlangıcı
04/01/2006@11:44:39.297 AM	Arıza başlangıcı
04/01/2006@11:44:39.373 AM	Arıza bitişi
04/01/2006@11:44:40.247 AM	Arıza data kaydı bitişi

Tablo 4-7: Demir işletmesinde 4 Nisan günü 11:44:39'daki arıza data kaydı

Zaman	Arıza Durumu
04/04/2006@11:44:39.482 AM	Arıza data kaydı başlangıcı
04/01/2006@11:44:39.612 AM	Arıza başlangıcı
04/01/2006@11:44:39.672 AM	Arıza bitişi
04/01/2006@11:44:40.562 AM	Arıza data kaydı bitişi

Tablo 4-6 plastik işletmesine ait arıza data kaydının, tablo 4-7 ise demir işletmesine ait arıza data kaydının zaman bilgilerini göstermektedir. Tablolardan görüldüğü gibi plastik işletmesi arıza data kaydına demir işletmesinden 315 msn, 16 periyot kadar, önce başlamıştır ve her iki işletme için arıza data kaydı 1080 msn, 54 periyot, kaydedilmiştir. Arıza data kaydındaki arızalı kısım plastik işletmesinde 80 msn, 4 periyot kadar, demir işletmesindeyse 60 msn, 3 periyot kadar, sürmüştür. Bu durumda arızanın plastik işletmesinde başladığı veya plastik işletmesinin arıza kaynağına demir işletmesinden daha yakın olduğu düşünülebilir.

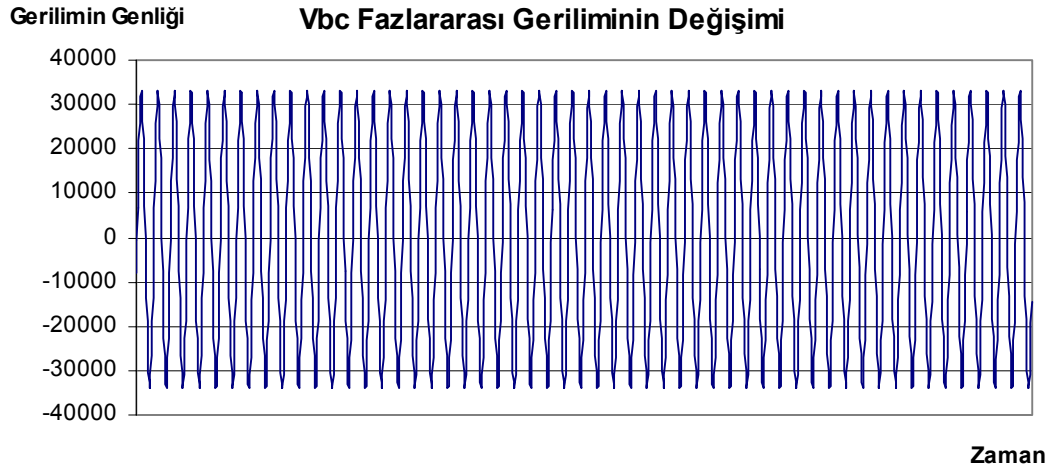
Tablo 4-8: Plastik işletmesinde 4 Nisan günü 11:44:39'daki cihaz kayıtları

Zaman	Düğüm	kW tot	kVAR tot	kVA tot
04/04/2006@11:44:39.297 AM	Plastik	678	-115	688
04/04/2006@11:44:39.307 AM	Plastik	716	-242	756
04/04/2006@11:44:39.317 AM	Plastik	1477	-295	1506
04/04/2006@11:44:39.327 AM	Plastik	1731	361	1768

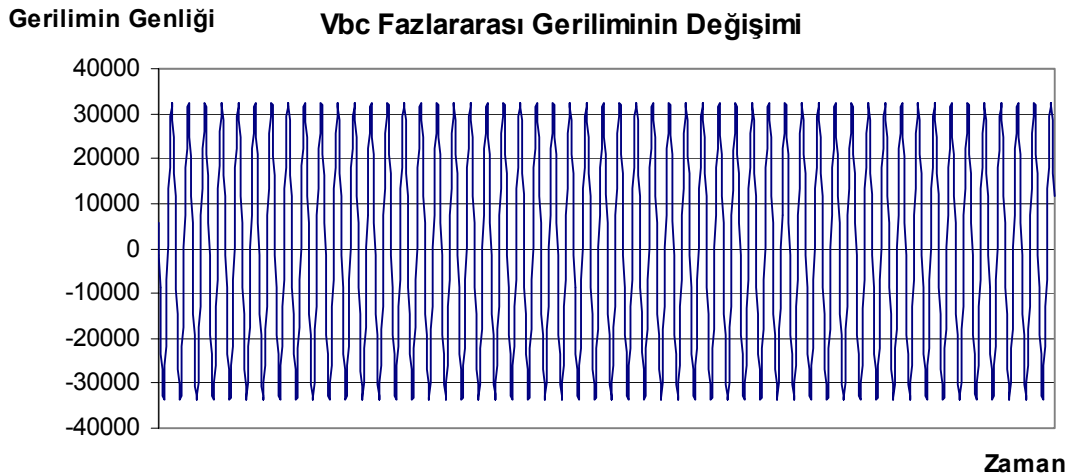
Tablo 4-8'de 11:44:39.297 AM ile 11:44:39.327 AM arasında 10 msn aralıklarla plastik işletmesinde çekilen aktif, reaktif ve görünür güç bilgileri görülmektedir. Tablo incelendiğinde çekilen aktif gücün 678 kW' tan 1731 kW' a çıktığı, çekilen reaktif gücün ise -115 kVAR (endüktif) iken 361 kVAR (kapasitif) olduğu görülmektedir. Tablodaki verilerden görüldüğü gibi aktif ve reaktif güçte ani ve şiddetli bir değişim olmaktadır. Özellikle 11:44:39.307 AM ile 11:44:39.317 AM arası 10 msn süren aralıkta reaktif güç 716 kW iken 1477 kW değerine çıkmaktadır.

Ayrıca 11:44:39.317 AM ile 11:44:39.327 AM arasında çekilen reaktif güç -295 kVAR (endüktif) iken 361 kVAR (kapasitif) değerine çıkmaktadır.

Bu durumda plastik işletmesinde büyük güçlü bir yükün devreye alınması sonucu çekilen aktif güç 10 msn içerisinde % 106 oranında artmıştır ve sonrasında büyük güçlü kondansatörler devreye alınarak reaktif güç ani olarak değiştirilmiştir. Yani bu data kaydı için de arızanın kaynağı plastik işletmesidir. Demir işletmesi arıza kaynağına daha uzak olduğundan, şekil 4.24 ve şekil 4.25’de görüldüğü gibi, arızadan daha az etkilenmiştir.

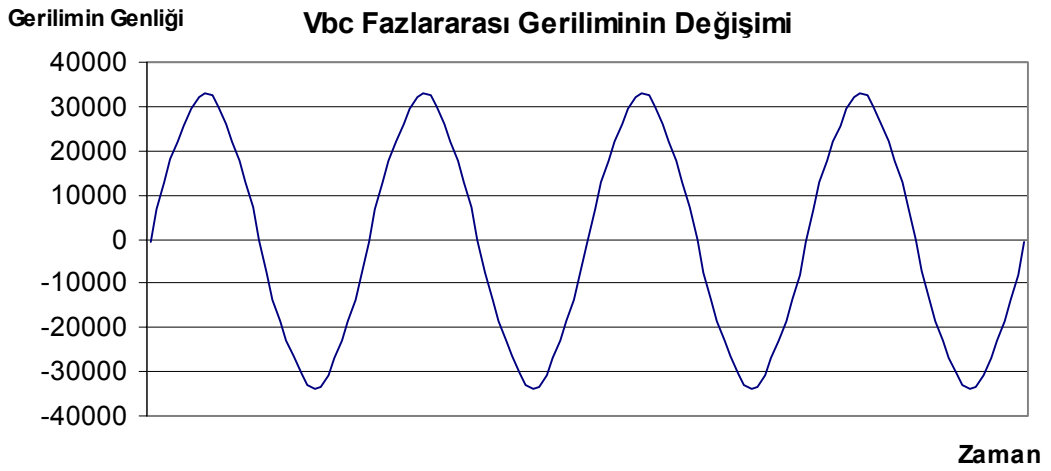


Şekil 4.26: Plastik işletmesinde 4 Nisan günü 12:01:17’de meydana gelen arıza



Şekil 4.27: Demir işletmesinde 4 Nisan günü 11:59:29’da meydana gelen arıza

Şekil 4.28’de plastik işletmesinde 54 periyotluk arıza data kaydındaki arızalı kısım görülmektedir. Şekil 4.29’da ise demir işletmesinde 54 periyotluk arıza data kaydındaki arızalı kısım görülmektedir. Şekiller incelendiğinde; her iki işletmede de arızanın 4 periyot sürdüğü ve gerilimin dalga şeklinde bir bozulma olduğu görülmektedir.



Şekil 4.28: Plastik işletmesinde 4 Nisan günü 12:01:17’deki data kaydında bulunan arızalı kısım



Şekil 4.29: Demir işletmesinde 4 Nisan günü 11:59:29’deki data kaydında bulunan arızalı kısım

Tablo 4-9 plastik işletmesine ait arıza data kaydının, tablo 4-10 ise demir işletmesine ait arıza data kaydının zaman bilgilerini göstermektedir. Tablolardan görüldüğü gibi demir işletmesi arıza data kaydına plastik işletmesinden 48,358 s önce başlamıştır. Ayrıca her iki işletme için; arıza data kaydı 1080 msn, 54 periyot, kaydedilmiştir ve data kaydındaki arızalı kısım 80 msn, 4 periyot, sürmüştür. Bu durumda arızanın demir işletmesinde başladığı veya demir işletmesinin arıza kaynağına plastik işletmesinden daha yakın olduğu düşünülebilir.

Tablo 4-9: Plastik işletmesinde 4 Nisan günü 12:01:17'deki arıza data kaydı

Zaman	Arıza Durumu
04/04/2006@12:01:17.752 PM	Arıza data kaydı başlangıcı
04/01/2006@12:01:17.882 PM	Arıza başlangıcı
04/01/2006@12:01:17.962 PM	Arıza bitişi
04/01/2006@12:01:18.830 PM	Arıza data kaydı bitişi

Tablo 4-10: Demir işletmesinde 4 Nisan günü 11:59:29'deki arıza data kaydı

Zaman	Arıza Durumu
04/04/2006@11:59:29.394 AM	Arıza data kaydı başlangıcı
04/01/2006@11:59:29.524 AM	Arıza başlangıcı
04/01/2006@11:59:29.604 AM	Arıza bitişi
04/01/2006@11:59:30.473 AM	Arıza data kaydı bitişi

Tablo 4-11'de her iki işletme için cihaz kayıtları görülmektedir. Arıza kaydı incelendiğinde 11:59:29 AM' de demir işletmesinde V2 fazına ait toplam harmonik bozulmanın 19,184 değerine kadar yükseldiği görülmektedir. Aynı tip arıza plastik işletmesinde 12:01:17 PM' de 14,187 olarak algılanmıştır. Bu durumda arıza kaynağının demir işletmesi olduğu düşünülebilir. Plastik işletmesi arıza kaynağına daha uzak olduğundan, şekil 4.28 ve şekil 4.29'da görüldüğü gibi, arızadan daha az etkilenmiştir.

Tablo 4-11: Her iki işletme için 4 Nisan günü 11:59:29 ile 12:01:17'deki cihaz kayıtları

Zaman	Düğüm	V1 Total HD	V2 Total HD	V3 Total HD
04/04/2006@11:59:29.524 AM	Demir	3,051	19,184	3,107
04/04/2006@12:01:17.882 PM	Plastik	2,832	14,87	3,387

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Teknolojinin ilerlemesi ile birlikte daha yaygın olarak karşılaşılan güç kalitesi problemleri her geçen gün daha da önemli bir konuma gelmektedir. Özellikle sanayi tipi tüketiciler açısından üretim kapasitesini ve verimi arttırmaya yönelik çalışmalarla birlikte tasarruf tedbirlerine yönelme kaçınılmaz olmuştur. Bunun yanında güç kalitesi tesisin kesintisiz çalışması ve cihazların zarar görmemesi açısından bilinçlenilmesi gereken bir konudur.

Son yıllarda güç kalitesinin çok büyük önem kazanması, elektrik üretim-iletim ve dağıtımını yapan şirketleri ve tüketicileri bu konuda önlemler almaya yöneltmiştir. Bu çalışmada K.C.E.T.A.Ş şirketinin Kayseri ilinde kurduğu sayaç otomasyon sistemi data kayıtları incelenmiştir. Sayaç otomasyon sistemiyle, şirket merkez binasında bulunan ana bilgisayarlar sayesinde, ION 7600 enerji analizörünün bağlı olduğu noktalardan çekilen aktif, reaktif ve görünür güç bilgileri sürekli izlenebilmekte ve her 15 dakikada bir bu veriler kaydedilmektedir. Ayrıca analizörün bağlı bulunduğu noktaya ait faz-faz arası gerilimleri, faz akımları, her fazın güç faktörü, frekans, her faza ait akım ve gerilim harmonikleri ve her faza ait fliker değerleri izlenerek güç kalitesi takip edilebilmektedir.

Kayseri ilinin 2005 yılı içinde tükettiği güçler yıl içinde aylara, ay içinde günlere ve gün içinde saatlere göre değişkenlik göstermektedir. Yılın ilk çeyreğinde tüketilen güçler en düşük seviyede iken yılın üçüncü çeyreğinde tüketilen güçler en yüksek seviyededir. Günlere göre dağılımda en yüksek güçler hafta içi günlerde, saatlere göreyse en yüksek güçler gün içi çalışma saatlerinde tüketilmektedir.

Sanayi tipi tüketicilerin yılın ilk çeyreğinde üretimi azaltmalarıyla birlikte yılın üçüncü çeyreğinde üretimi arttırmaları, mesken tipi tüketicilerin mevsimsel etkilerden dolayı çektikleri güçlerde dalgalanmalar ve benzer durumlar böyle bir görünümün oluşmasına neden olmuştur. Bu durum yük profilinde her tip tüketicinin

etkili olduğunu göstermektedir. Bu nedenle tüketicilere ait talep yüklerinin zamana bağlı değişimleri çok iyi analiz edilmeli ve enerji tüketiminin homojen olarak dağılması sağlanmalıdır. Özellikle son yıllarda dijital sayaçlarla puant tarife modelinin uygulanmaya çalışılması da bu amaçla yapılmaktadır.

Plastik ve demir sektörlerinde faaliyet gösteren iki ayrı işletmenin arıza raporları farklılık göstermektedir. Her iki işletme de aynı dağıtım barasından beslenmelerine rağmen, plastik işletmesinde görülen gerilim kalitesi problemleri, demir işletmesine kıyasla, daha sık ve şiddetli oluşmaktadır. Plastik işletmesi besleme kaynağına demir işletmesine göre daha yakın olduğundan böyle bir durum gerçekleşmektedir. Ayrıca bazı geçici olaylar her iki işletmede birden aynı saniye içinde görülebilmektedir. Bu durum dağıtım şebekesinde tüketicilerin de birbirini etkileyebildiğini göstermektedir.

Sayaç otomasyon sistemi sayesinde yüksek tüketimli müşteriler sürekli takip edilebilmektedir ve şebekede bozucu bir etki meydana geldiğinde bunun nedeni rahatça anlaşılabilir. Arızanın sebepleri ve oluşma zamanı bu sistem sayesinde tahmin edilebilmektedir. Bu sayede özellikle yüksek tüketimli sanayi tipi tüketicilerde güç kalitesi problemleri ve nedenleri tespit edilebilmektedir. Ayrıca bu tip müşterilerde tüketilen enerji miktarı hesaplanırken doğru tahakkuk ve zamanında faturalama yapılabilmektedir.

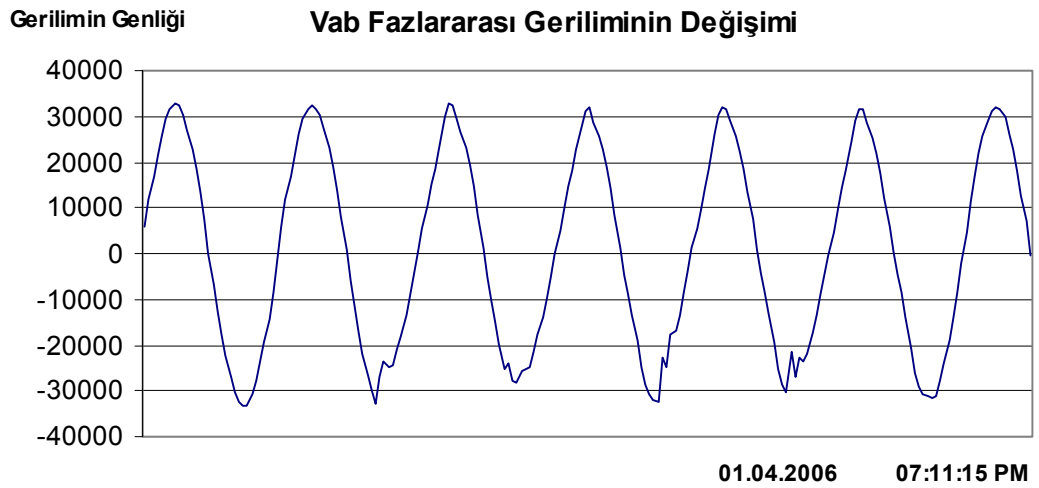
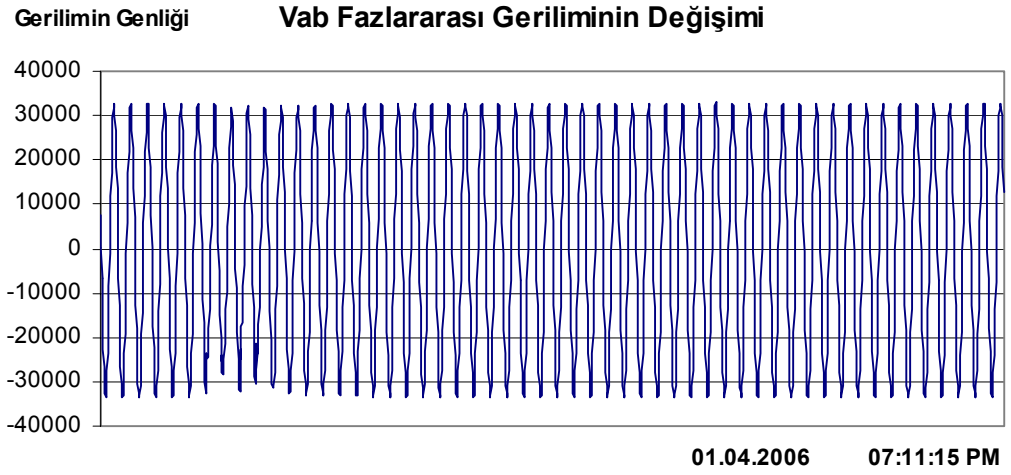
Ülke çapında proje aşamasında olan bu tip sistemlerin, ilk yatırım maliyetleri yüksek olmakla birlikte sistemi çalıştırmak, bakım ve onarımını yapmak için yetişmiş teknik elemanlara ihtiyaç vardır. Fakat yapılan yatırımların yüksek olmasına rağmen böyle bir sistem kısa sürede kendini amorti edecektir. Bu sayede ulusal enerji sistemindeki güç kalitesi problemleri en düşük seviyeye indirilerek, uluslararası standartlara uygun enerji temini sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] R.C.Dugan, M.F.McGranaghan, H.W.Beaty, Electrical Power Systems Quality, **McGraw-Hill New York**, 1996.
- [2] Sankaran C., Power Quality, **CRC Press**, The Electric Power Engineering Series, Florida, 2002.
- [3] M.H.J.Bollen, Understanding Power Quality Problems: Voltage Sags and Interruptions, **IEEE New York**, 2000.
- [4] "Recommended Practice on Monitoring Electric Power Quality, P1159/D6", **IEEE Standards Department**, Dec. 1994.
- [5] Mark McGranaghan, "Trends in Power Quality Monitoring". **IEEE Power Engineering Review**, October 2001.
- [6] "Electromagnetic Compatibility, Section 4: Compatibility Levels in Industrial Plants for Low Frequency Conducted Disturbances", (IEC 1000-2-8: 1994), **English Version EN 61000-2-8**, 1994.
- [7] Emmanouil Styvaktakis, Math Bollen and Irene Gu, "Expert System for Voltage Dip Classification and Analysis". **Power Engineering Society Summer Meeting**, 2001, vol 1 , 2001.
- [8] John Kyei, Raja Ayvanar, Gerald Heydt, Rao Thallam, John Blevins, "The Design of Power Acceptability Curves". **IEEE Transactions on Power Delivery**, Vol. 17, No.3, July 2002.
- [9] Mark McGranaghan, "Trends in Power Quality Monitoring". **IEEE Power Engineering Review**, October 2001.
- [10] Emmanouil Styvaktakis, Math Bollen and Irene Gu, "Expert System for Voltage Dip Classification And Analysis". **Power Engineering Society Summer Meeting**, vol 1 , 2001.
- [11] Afroz Khan, "Monitoring Power for The Future". **Power Engineering Review Journal**, April, 2001.
- [12] E. W. Gunther and H. Mehta, "A Survey of Distribution System Power Quality - Preliminary Results," **IEEE Trans. Power Delivery**, vol. 10, no. 1, January 1995, pp. 322-329.

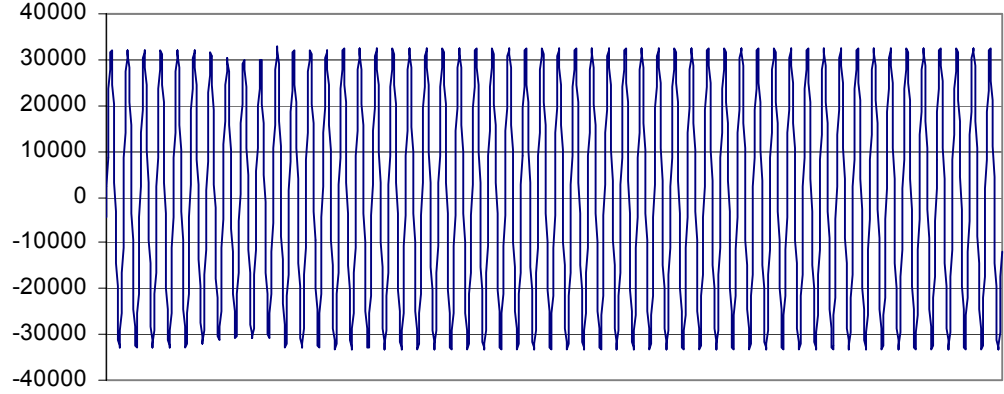
- [13] D. L. Brooks, R. C. Dugan, M. Waclawiak, A. Sundaram. "Indices for Assessing Utility Distribution System RMS Variation Performance," **IEEE Trans. Power Delivery**, PE-920-PWRD-1-04-1997.
- [14] Limitation of Emission of Harmonic Currents for Equipment Connected to Medium and High Voltage Power Supply Systems, **IEC Standards 1000-3-6**, July 1995.
- [15] G. Massey, "Estimation Methods for Power System Harmonic Effect on Power Distribution Transformers," **IEEE Trans. Industry Applications**, vol. 30, no. 2, March-April 1994, pp. 485- 489.
- [16] D. D. Sabin, D. L. Brooks, A. Sundaram, "Summary of U.S. Distribution Power Quality Levels," **Conference on Power Quality End-Use Applications and Perspectives (PQA'97 Europe)**, Stockholm, Sweden, June 1997.
- [17] J. Arrillaga D. A. Bradley, P. S. Bodger, Power System Harmonics, **John Wiley & Sons Inc.**, 1985.
- [18] A. E. Emanuel, J. Janczak, D. J. Pileggi, E. M. Gulachenski, "Distribution Feeders with Nonlinear Loads in the NE USA: Part I -Voltage Distortion Forecast," **IEEE Trans. Power Delivery**, vol. 10, no.1, January 1995, pp. 340-347.
- [19] "Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı", **Elektrik Enerjisi Özel İhtisas Kurulu Raporu**, Ankara, 2001.
- [20] "Kayseri ve Civarı Elektrik Türk Anonim Şirketi", **2005 Yıllık Rapor**, 2005.
- [21] Kayseri Elektrik Dağıtım, "<http://www.kcetas.com.tr>", (**Ziyaret Tarihi: 13 Nisan, 2006**).
- [22] E.P.D.K, Elektrik Piyasası Dağıtım Yönetmeliği, Birinci Kısım, "Amaç, Kapsam, Hukuki Dayanak, Tanımlar ve Kısaltmalar", **25025 sayılı Resmi Gazete**, Şubat, 2003.

EK-A: Plastik İşletmesi Nisan Arıza Data Kaydı



Gerilimin Genliği

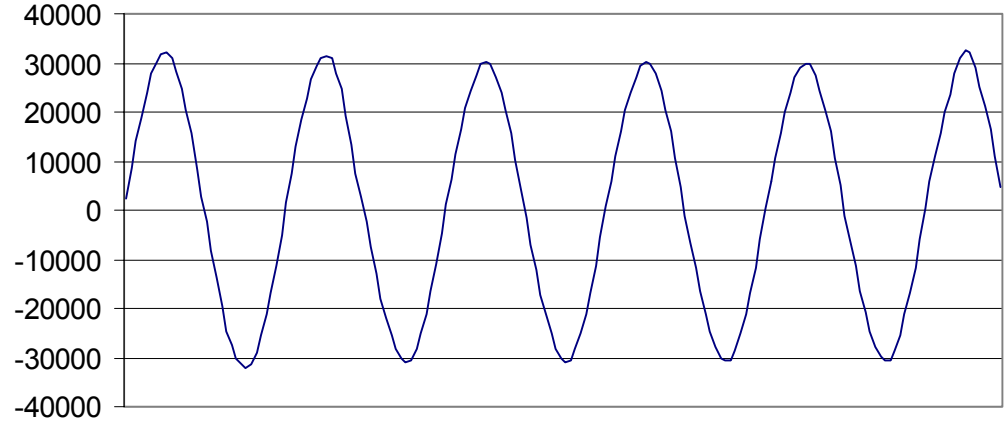
Vab Fazlararası Geriliminin Değişimi



02.04.2006 12:10:13

Gerilimin Genliği

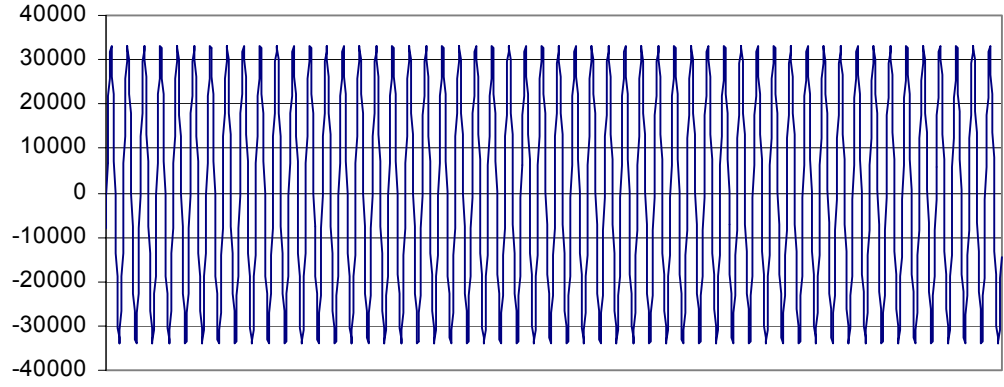
Vab Fazlararası Geriliminin Değişimi



02.04.2006 12:10:13

Gerilimin Genliği

Vbc Fazlararası Geriliminin Değişimi

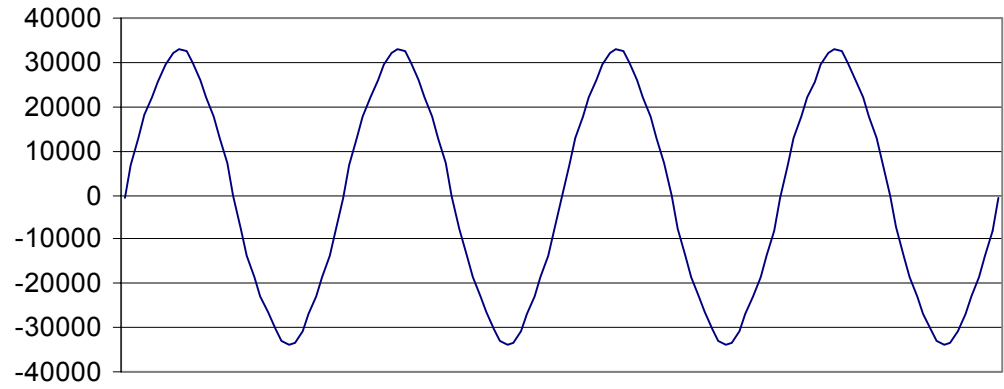


04.04.2006

12:01:17

Gerilimin Genliği

Vbc Fazlararası Geriliminin Değişimi

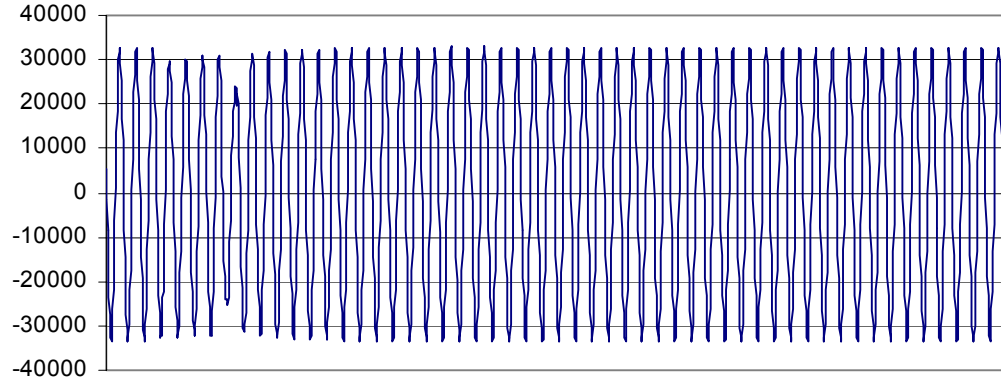


04.04.2006

12:01:17

Gerilimin Genliği

Vca Fazlararası Geriliminin Değişimi

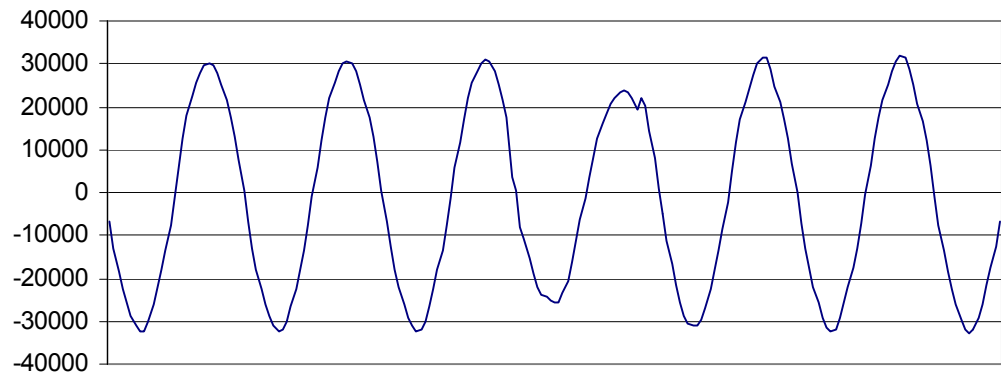


04.04.2006

11:44:39

Gerilimin Genliği

Vca Fazlararası Geriliminin Değişimi

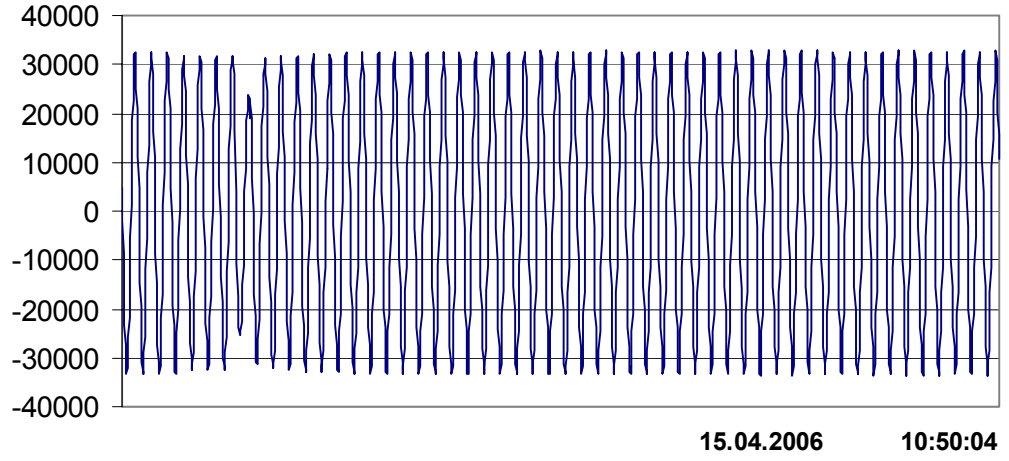


04.04.2006

11:44:39

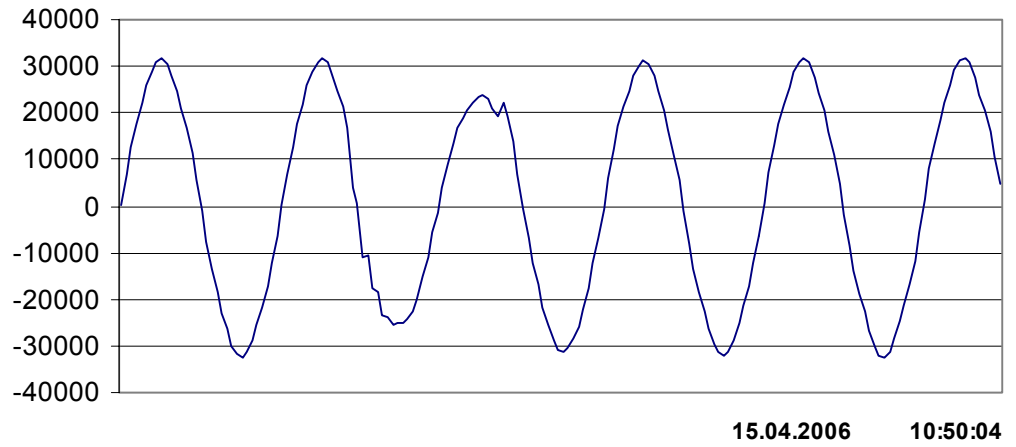
Gerilimin Genliği

Vbc Fazlararası Geriliminin Değişimi



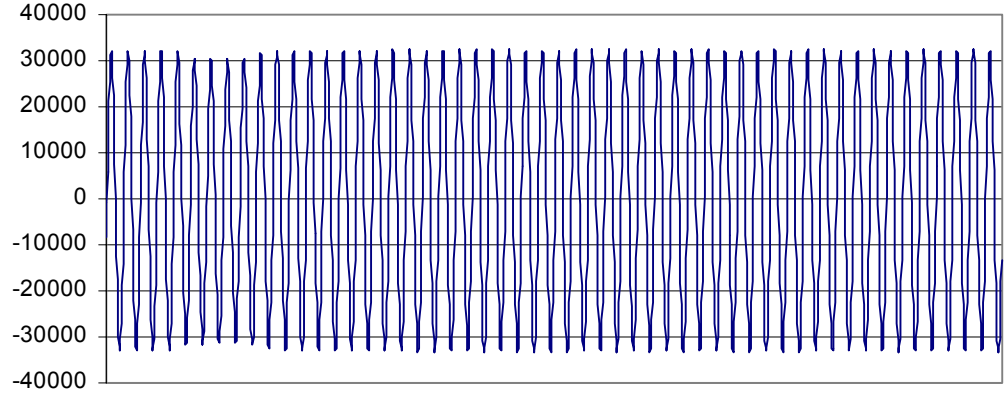
Gerilimin Genliği

Vbc Fazlararası Geriliminin Değişimi



Gerilimin Genliği

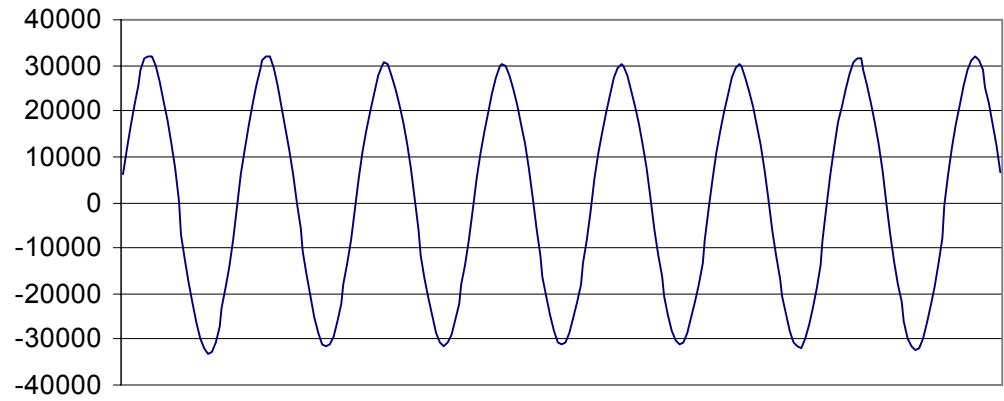
Vca Fazlararası Geriliminin Değişimi



17.04.2006 06:09:28

Gerilimin Genliği

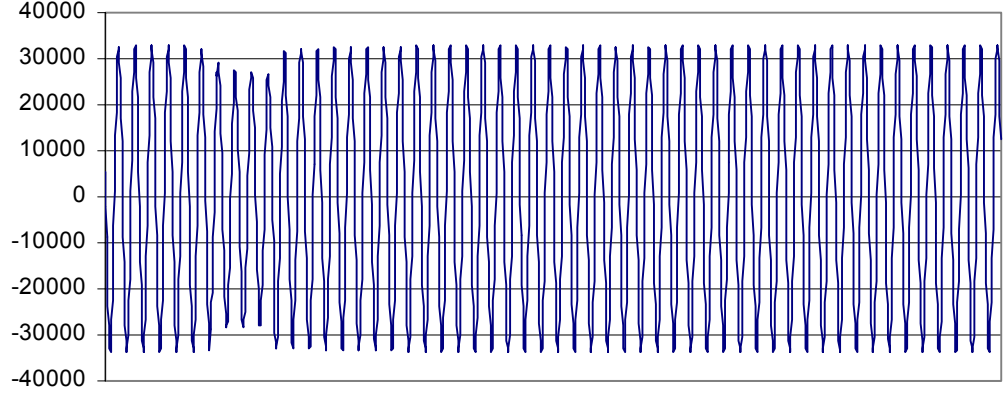
Vca Fazlararası Geriliminin Değişimi



17.04.2006 06:09:28

Gerilimin Genliği

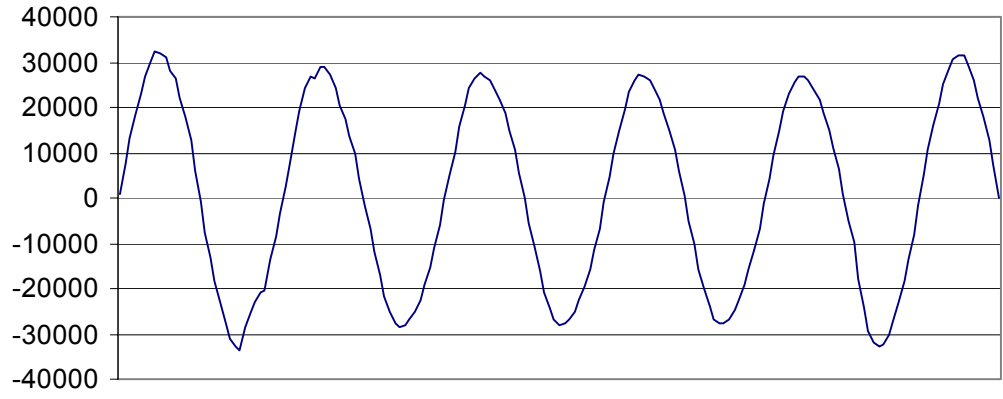
Vab Fazlararası Geriliminin Değişimi



18.04.2006 07:10:06

Gerilimin Genliği

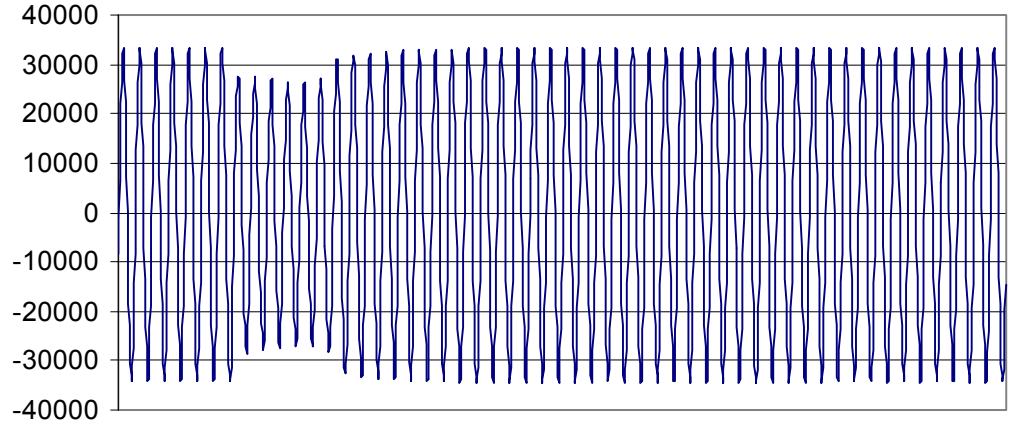
Vab Fazlararası Geriliminin Değişimi



18.04.2006 07:10:06

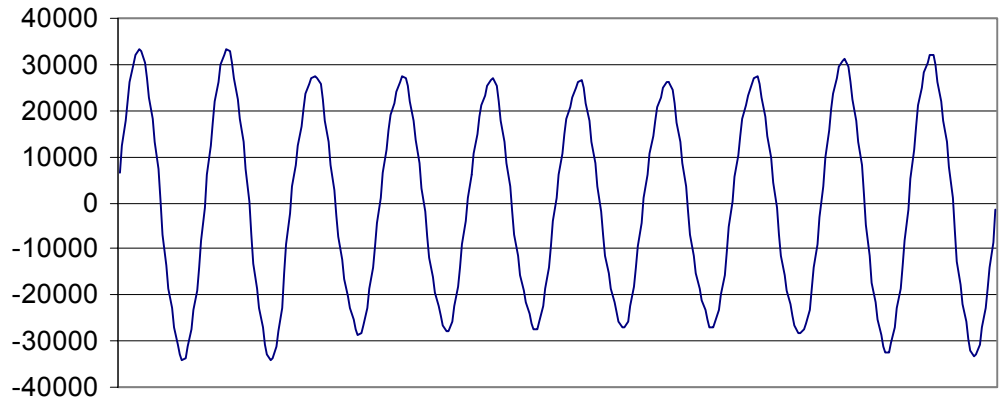
Gerilimin Genliği

Vab Fazlararası Gerilimlerinin Değişimi

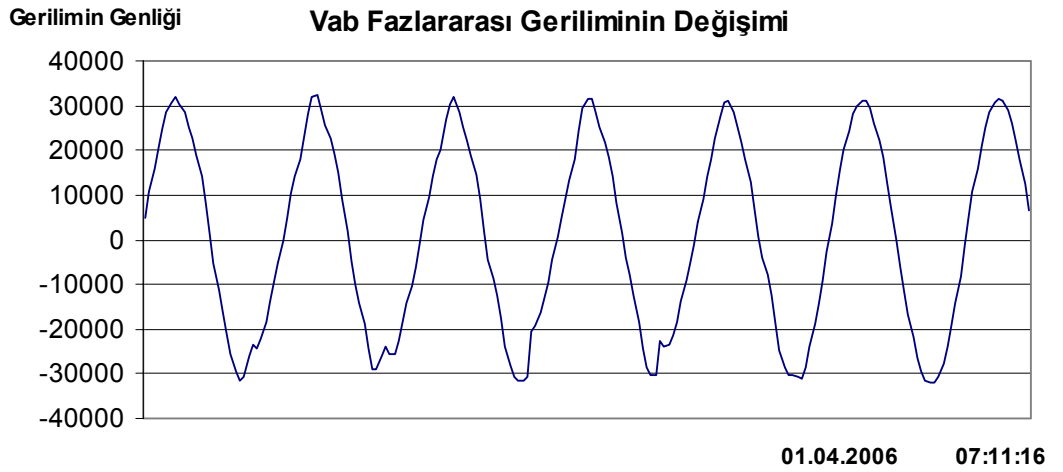
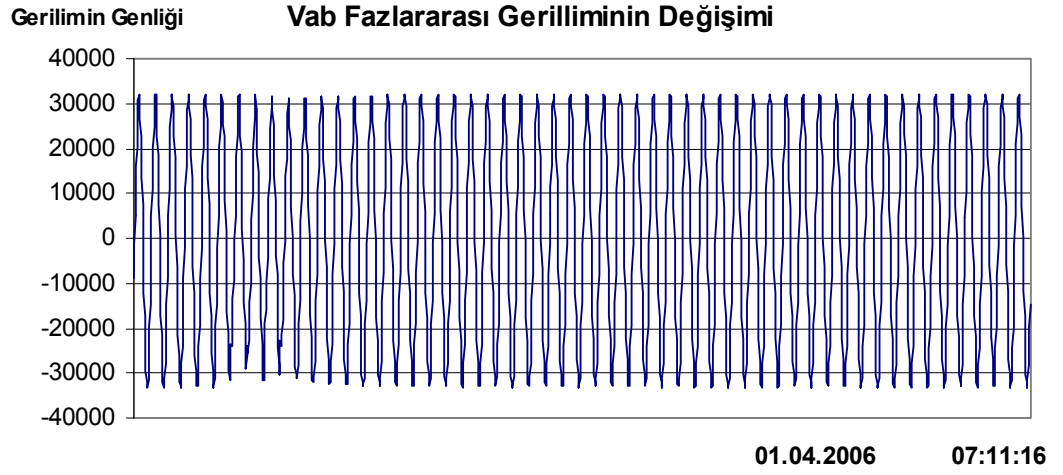


Gerilimin Genliği

Vab Fazlararası Gerilimlerinin Değişimi

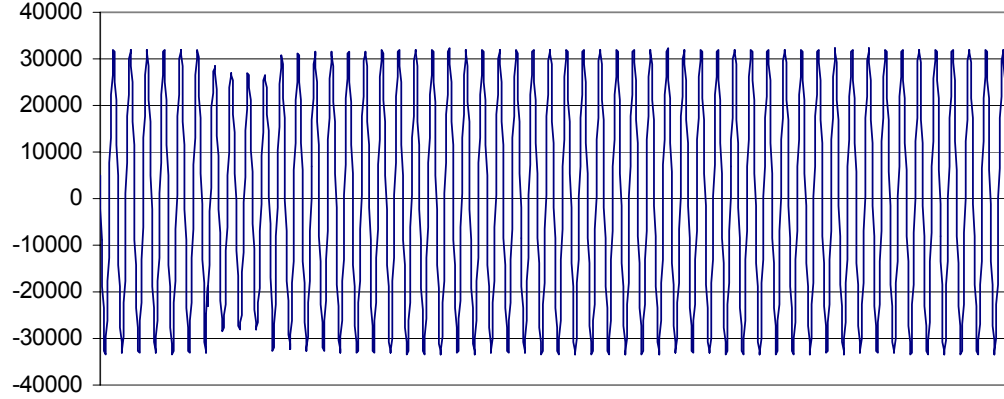


EK-B: Demir İşletmesi Nisan Arıza Data Kaydı



Gerilimin Genliği

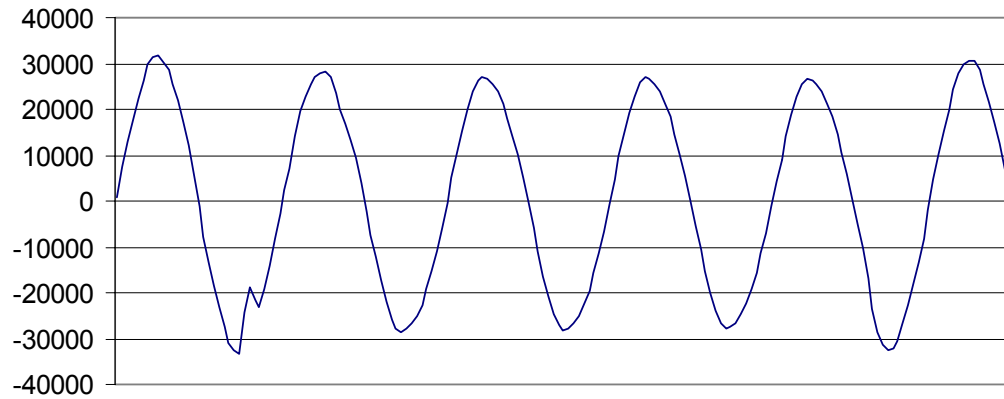
Vab Fazlararası Geriliminin Değişimi



01.04.2006 07:10:06

Gerilimin Genliği

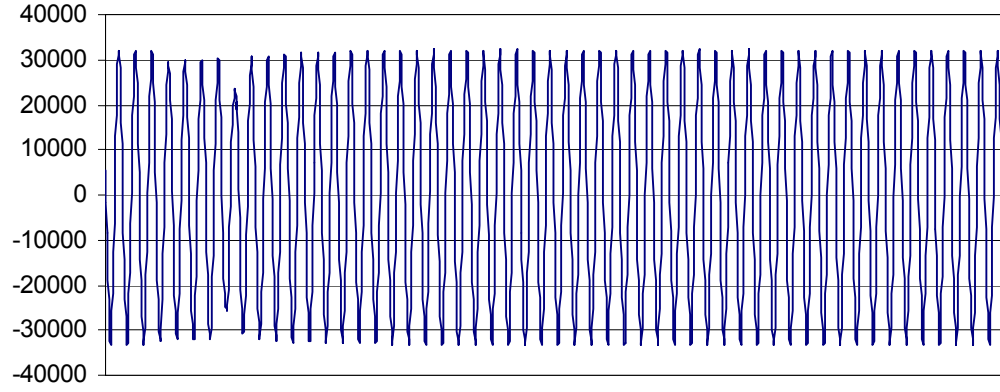
Vab Fazlararası Geriliminin Değişimi



01.04.2006 07:10:06

Gerilimin Genliği

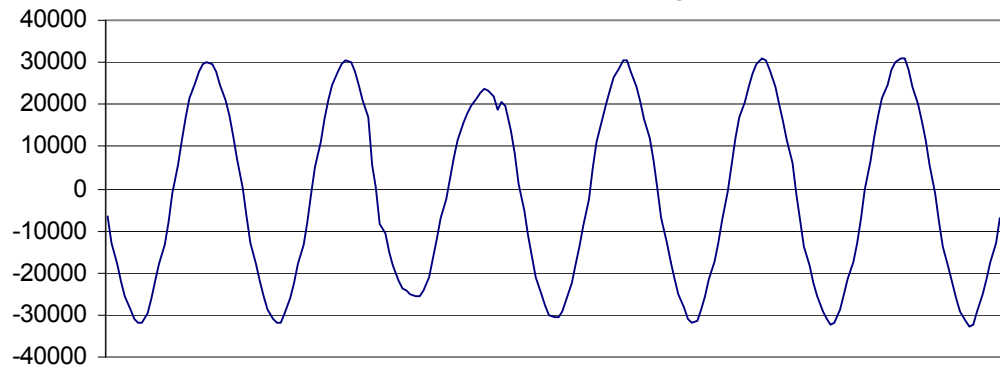
Vca Fazlararası Geriliminin Değişimi



04.04.2006 11:44:39

Gerilimin Genliği

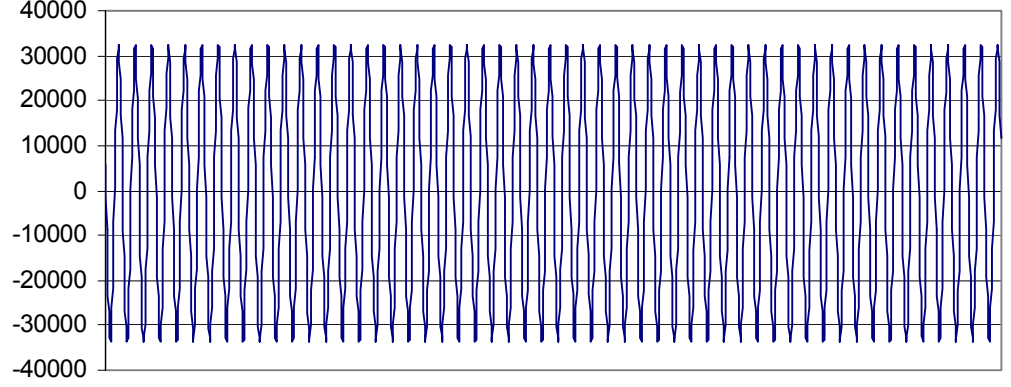
Vca Fazlararası Geriliminin Değişimi



04.04.2006 11:44:39

Gerilimin Genliği

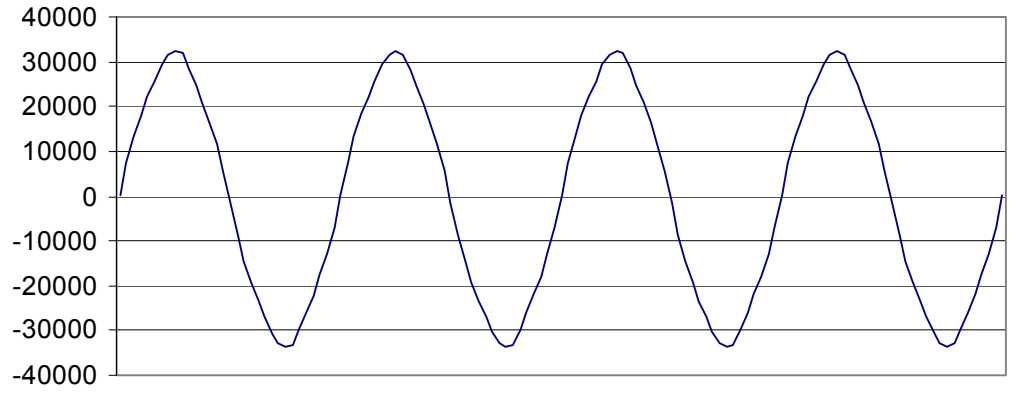
Vbc Fazlararası Geriliminin Değişimi



04.04.2006 11:59:29

Gerilimin Genliği

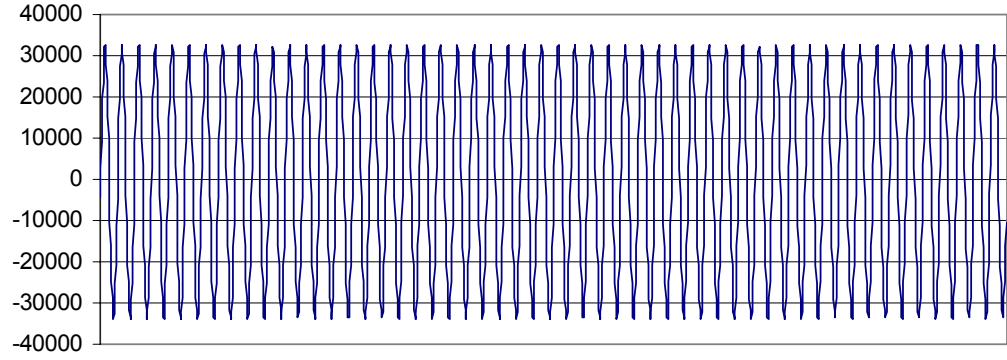
Vbc Fazlararası Geriliminin Değişimi



04.04.2006 11:59:29

Gerilimin Genliği

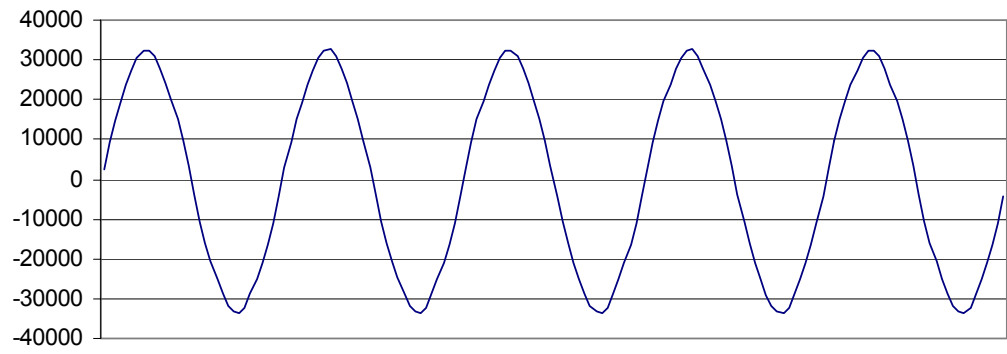
Vbc Fazlararasi Gerilimin Değişimi



07.04.2006 06:59:22

Gerilimin Genliği

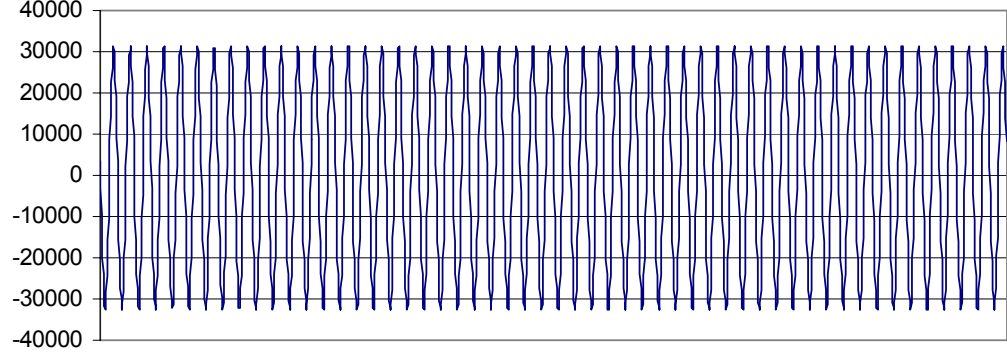
Vbc Fazlararasi Gerilimin Değişimi



07.04.2006 06:59:22

Gerilimin Genliği

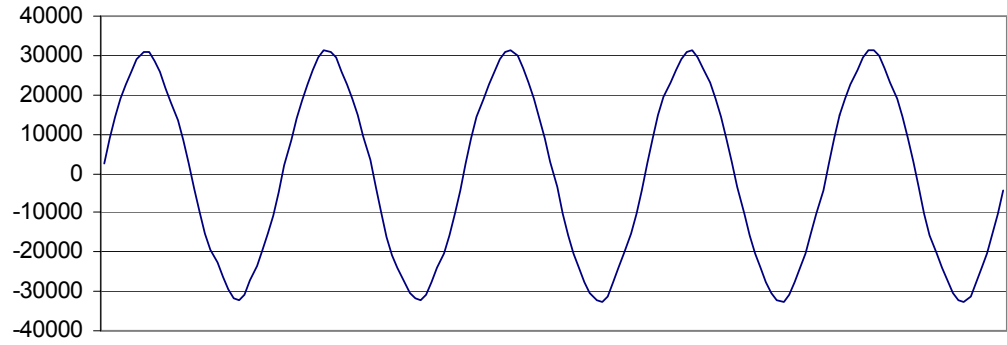
Vbc Fazlararası Geriliminin Değişimi



09.04.2006 10:26:56

Gerilimin Genliği

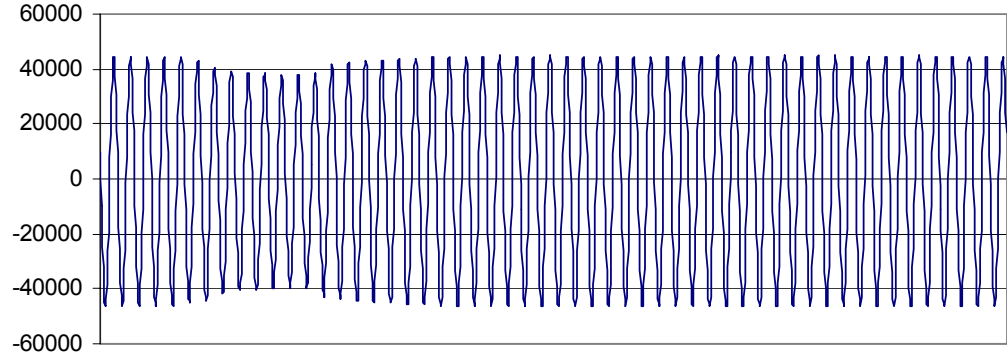
Vbc Fazlararası Geriliminin Değişimi



09.04.2006 10:26:56

Gerilimin Genliği

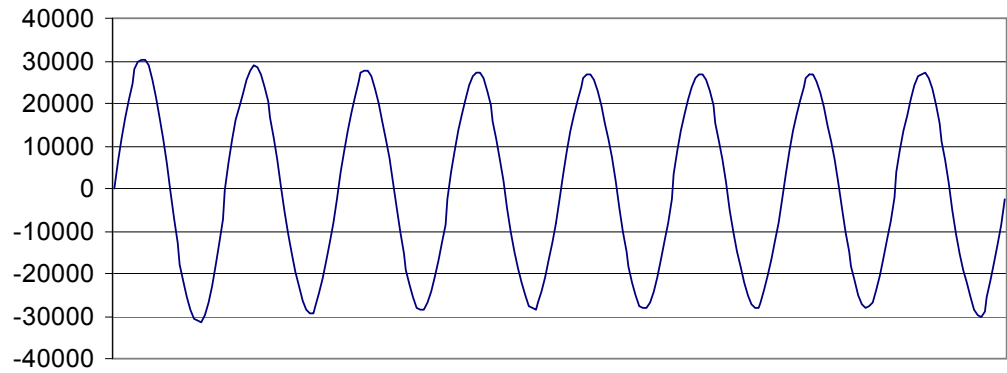
Vab Fazlararası Geriliminin Değişimi



11.04.2006 01:15:35

Gerilimin Genliği

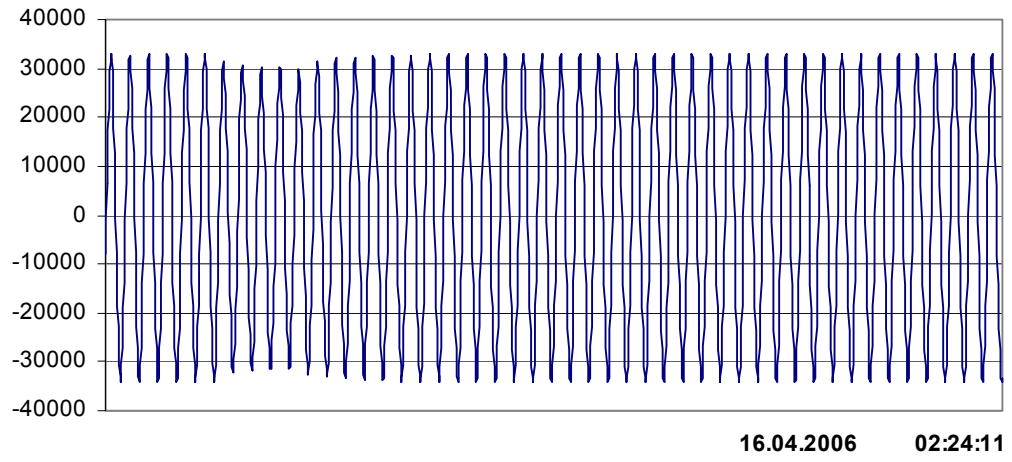
Vab Fazlararası Geriliminin Değişimi



11.04.2006 01:15:35

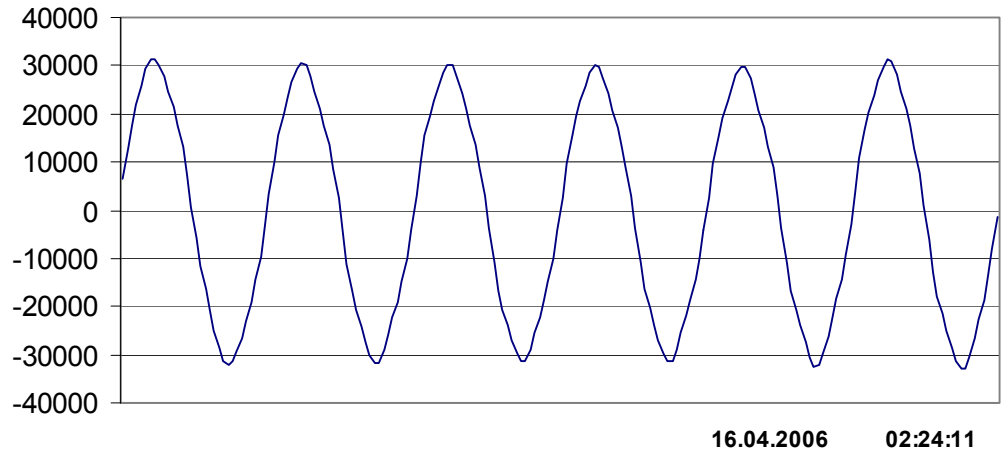
Gerilimin Genliği

Vbc Fazlararası Geriliminin Değişimi



Gerilimin Genliği

Vbc Fazlararası Geriliminin Değişimi



ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Gaziantep'in Nizip ilçesinde doğdu. İlköğrenimini Nizip'te tamamladı. Orta ve lise öğrenimini Nizip Hasan Çapan Anadolu Lisesi'nde sürdürdü. 2000 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Mühendisliği bölümünden 2004 yılında mezun oldu. 2004 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı.