

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

128763

GÜÇ KALİTESİ PROBLEMLERİ VE GÜÇ ELEKTRONİĞİ
TEKNOLOJİLERİ

Elektrik Müh. Murat POYRAZ

FBE Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

128763

Yrd. Doç. Dr. M. Salih TACİ

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Mehmet Salih Taci

Prof. Dr. ASIM KASAPÖĞLU

Yrd. Doç. Dr. Yagor BİZİME

İSTANBUL, 2002

TC. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ	1
2. GÜÇ KALİTESİ İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER	2
2.1 Güç Kalitesinin Tanımı.....	2
2.2 Güç Kalitesi Nedir ?	6
2.3 Güç Kalitesi Sorunlarının Ekonomik Açıdan Önemi	7
2.4 Güç Kalitesinin Tarihsel Gelişimi	9
2.5 Güç Kalitesinin Bugünkü Durumu	10
3. KALİTELİ GÜÇ TEMİNİ İÇİN GEREKLİ AŞAMALAR	11
3.1 Modelleme ve Analiz	12
3.2 Ölçme ve Cihaz Donanımı	15
3.3 Standart ve Toleranslar.....	18
3.4 Topraklanma Sistemlerin Modellenmesi	19
4. GÜÇ KALİTESİ SORUNUNA YOL AÇAN ETKENLER	23
4.1 Bozucu Etkilerin Nedenleri	23
4.2 Enerji Hattı Bozucu Etkileri	25
4.3 Bozucu Etki Monitörleri	25
4.3.1 Genel Mod Bozucu Etkileri	25
4.3.2 Normal Mod Bozucu Etkileri	27
4.4 Anahtarlamamanın Neden Olduğu Etkenler	28
4.5 Gerilim Çöküntüleri	29
4.5.1 Gerilim Çöküntülerinin Nedenleri	31
4.5.2 Gerilim Çöküntü Karakteristikleri	33
5. HARMONİK KAYNAKLARI	34
5.1 Çeviriciler	34
5.2 Ark Fırınları	38
5.3 Motorlar	39

5.3.1	Kalkış Akımları	40
5.3.2	Gerilim Değişmeleri	40
6.	GÜÇ KALİTESİ PROBLEMLERİNİN NEDEN OLDUĞU SORUNLAR	42
6.1	Güç Kalitesi Etkenleri	42
6.1.1	Gerilime Bağlı Etkenler	42
6.1.2	Akıma Bağlı Etkenler	43
6.1.3	Topraklama Etkenleri	43
6.2	Harmonikler	43
6.2.1	Kondansatör Grupları	44
6.2.2	Senkron ve Asenkron Makinelere Harmoniklerin Etkisi	47
6.2.3	Rezonans	48
6.2.4	Bilgisayarlar	48
6.3	Fliker	48
7.	BOZUCU ETKİ MONİTÖRLERİ	51
7.1	Bozucu Etki Monitörlerinin Gelişmesi	51
7.2	Monitör Türleri	52
7.3	Bozucu Etkilerin İzlenmesi	53
8.	GÜÇ KALİTESİ PROBLEMLERİNİN AZALTILMASI	55
8.1	Önlemler	56
8.1.1	Bozucu Etki Geriliminin Düzeltilmesi	56
8.1.2	Akıma Bağlı Etkenler	57
8.1.3	Topraklamaya Bağlı Etkenler	59
8.2	Güç Kalitesini Geliştirmek İçin Kullanılan Elemanlar	59
8.2.1	Dinamik Giriş Filtreleri	59
8.2.2	Akordlu Empedans Filtreleri	60
8.2.2.1	Ayarlı Filtreler	61
8.2.2.2	Sönümlü Filtreler	63
8.2.3	Dinamik Filtre	66
8.2.3.1	Statik VAR Kompanzasyonu	66
8.2.3.2	PWM	72
8.2.3.3	Karma Kompanzasyon	74
8.2.4	Aktif Güç Hattı Düzelticisi	79
8.2.5	Katı Hal Kesici ve Statik Kondansatör	79
9.	GÜÇ KALİTESİNİN GÜÇ ELEKTRONİĞİ ELEMANLARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ ve İLETİM ve DAĞITIM KATI HAL KONTROLÖRLERİ	81
9.1	Tristör Kontrollü Seri Kondansatör	82
9.1.1	Verniyer Kontrolü	87
9.1.2	Tristör Kontrollü Seri Kompanzasyon İçeren Güç Sistemlerinin Analitik Özel Tarifinin Gelişimi	90
9.1.2.1	Eşdeğer Devreler	91
9.2	Statik Senkron Kompanzator	93
9.2.1	Harmoniklerin Elemine Edilmesi	98

9.2.2	STATCOM Uygulamaları	99
9.2.2.1	ABB, Güç Kalite Filtresi	100
9.2.2.2	Siemens Power Combitioner Paralel	101
9.3	Birleştirilmiş Güç Akış Kontrolörü	102
9.4	Statik Frekans Konverteri	106
9.5	Dinamik Gerilim Düzenleyicileri	109
9.5.1	DVR Uygulamaları	110
9.6	SSB ve SSTS	111
9.7	Premium Power Park	112
9.8	FRIENDS	113
9.8.1	Tüketiciye Uyarlanmış Güç Endüstri Alanı	113
9.8.1.1	Güç Kalitesinin İzlenmesi ve Analizinin Yapılması	115
9.8.1.2	Tekrarlamalı Olaylar	116
9.8.1.3	Akım Parazitleri	117
9.8.1.4	DC Kaymalı Akım Geçici Hali	118
9.8.1.5	Gerilim Sapma Olayları	119
9.8.2	Yeni Nesil Gelişmeler	123
9.9	Fliker Kompanzasyonu İçin Bir DSTATCOM'un Kullanımı	124
9.10	SMES-FACTS Kontrolü Tarafından Gerçekleşen Kaliteli Güç İletiminin Avantajları	128
9.10.1	Yeni Güç Kalite Çevresi	129
9.10.2	Tek Regülasyonun Etkisi	130
9.10.3	FACTS – Süper İletken Magnetik Enerji Deposu	130
9.10.4	Modelleme ve Kontrol Tarifi	131
9.11	Seri Bir FACTS Kontrolörü İle Birleştirilmiş Güç Kalitesi Belirtileri	134
9.11.1	SSSC Karakteristikleri	135
9.11.2	Güç Kalitesinde Bir SSSC Darbesinin Araştırılması	137
9.11.2.1	Gerilim Seviyelerinin ve Değişiminin Değerlendirilmesi	139
9.11.2.2	Harmonik Distorsiyonun Değerlendirilmesi	142
9.12	Güç Kalitesi İçin Değer Teklifi	145
9.13	General Motors Şirketinde Kaliteli Güç Kullanımına Geçiş Süreci	147
9.13.1	Suppression Filtre Sistemi	149
9.13.2	Suppression Filtre Sistemi Nasıl Koruma Sağlar?	150
9.14	Güç Kalitesindeki IEEE Standartları	150
10.	SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRMELER	153
	KAYNAKLAR	159
	ÖZGEÇMİŞ	161

SİMGE LİSTESİ

C	Kapasite
G_{bus}	Bara iletim matrisi
I_{bus}	İnjesiyon akımı
I_n	N. frekanstaki harmonik akımı
I_F	Temel frekanstaki akım
L	Endüktans
μ	Ortam geçirgenliği
P	Aktif güç
Q	Kalite faktörü
T_{pss}	Periyodik sürekli durum
U_s	Gerilimin efektif değeri
V	Fazlar arası gerilim
W	Radyan/saniye olarak frekans
X	İndüktif reaktans
α	Ateşleme açısı
β	İletim açısı
δ	Bağıl frekans sapması
σ	İletim açısı

KISALTMA LİSTESİ

ABB	Asea Brown Boverly
ANSI	Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü
APLC	Active Power Line Correction
ASD	Hız Denetim Sürücüleri
DTE	Disturbance Tolerance Envelope
DSTATCOM	Distribution Statik Compensator
DVR	Dynamic Voltage Restrorer
EEC	Elektriksel Çevre Uyuşmazlığı
EMTP	Elektromanyetik Geçici Olaylar Programı
FRIENDS	Flexible, Reliable and Intelligent Electrical Energy Delivery System
IPP	Bağımsız Güç Üreticileri
OGS	Enerji Depolama Sistemi
PCC	Point of Common Coupling
PPP	Premium Power Park
PQF	Power Quality Filter
QCC	Kalite Kontrol Merkezi
SMES	Süper İletken Magnetik Enerji Depolası
SSB	Solid State Breaker
SSSC	Statik Senkron Seri Kontrolör
SSTS	Solid State Transfer Switch
STATCOM	Static Synchronous Compensator
TCSC	Thyristor Controlled Series Capacitor
THD	Toplam Harmonik Distorsiyonu
TQD	Güç Kalitesi Distorsiyonu
TSSC	Tristör Anahtarlamalı Seri Kondansatör
UPFC	Unified Power Flow Controller

ŞEKİL LİSTESİ

		Sayfa
Şekil 2.1	Güç kalitesi terimlerinin açıklanması	3
Şekil 2.2	Bozucu etkilerin grafiksel olarak açıklanması	4
Şekil 2.3	Güç kalitesini etkileyen taraflar	6
Şekil 2.4	Güç kalitesini etkileyen bazı etkenler	7
Şekil 3.1	Elektrik güç kalitesi için temel aşamalar	12
Şekil 3.2	Tepe akımı 1 kA olan yıldırım dalgasının meydana getirdiği geçici gerilim	20
Şekil 3.3	Ticari veya endüstriyel bir kuruluşun enerji servis girişi	21
Şekil 4.1	Enerji girişinde genel mod bozucu etkilerin nedenlerine ilişkin örnek	26
Şekil 4.2	Enerji girişinde normal mod bozucu etkinin nedenlerine ilişkin örnek	28
Şekil 4.3	Gerilim çöküntüleri için basit bir dağıtım hattı şeması	32
Şekil 5.1	Üç fazlı doğrultucu	35
Şekil 5.2	6 ve 12 darbeli doğrultucu	36
Şekil 5.3	Genel bağlantı noktası	39
Şekil 6.1	IEEE ve UIE eğrileri	50
Şekil 7.1	Monitörün, varistörün ters tarafına bağlanması	53
Şekil 7.2	Monitörün varistör doğrultusunda bağlantısı	54
Şekil 8.1	Bilgisayar ve elektronik cihazların tasarlanmasındaki kriter	57
Şekil 8.2	Kısmi periyot durumunda distorsiyon nedenleri ve eğrileri	58
Şekil 8.3	Tam periyot durumunda distorsiyon durumu ve eğrileri	58
Şekil 8.4	Güç şebekesindeki distorsiyonu yok eden giriş konverterinin prensip şeması	60
Şekil 8.5	Şönt filtre devresi ve filtre empedansının frekansa göre değişimi	61
Şekil 8.6	Yüksek geçirgen sönümlü filtreler	64
Şekil 8.8	Harmonik yok eden filtrenin akış şeması	65
Şekil 8.9	İdeal statik güç kompanzatörü	66
Şekil 8.10	Statik VAR kompanzatörünün prensip şeması	67
Şekil 8.11	Tristör kontrollü reaktör	68
Şekil 8.12	Üçgen bağlı TKR’de akım dalga şekilleri ve faz açısı	69
Şekil 8.13	Değişik tristör anahtarlama kondansatörler	71
Şekil 8.14	PWM konverteri kullanarak gerçekleştirilen dinamik filtreler	74
Şekil 8.15	Distorsiyon kompanzasyonu için oluşturulan alt sistemler	76
Şekil 8.16	TKR’ nin gerilim/akım karakteristiği	77
Şekil 8.17	Paralel kondansatörlü ve üç fazlı TKR	77
Şekil 8.18	TKR ve Anahtarlama kondansatörlerden oluşan kompanzatör	78
Şekil 9.1a	Bir fazlı seri kompanzatör hattı	83
Şekil 9.1b	Hat kısmen dengede iken mevcut empedans	84
Şekil 9.2	S ve R bölgelerine bağlı iletim hattı	85
Şekil 9.3	Dört adet seri tristör kontrollü seri kondansatörlü iletim hattı	86
Şekil 9.4	Verici/alıcı durumları için devre şekli	87
Şekil 9.5	C. J. Statt trafo merkezinden görünüş	89
Şekil 9.6	Bir TCSC’ nin tek hat diyagramı	90
Şekil 9.7	Tristör kontrollü kompanzasyon teçhizatının farklı durumlardaki çalışması	91
Şekil 9.8	TCSC sisteminin temel yapısı	92
Şekil 9.9	Statik VAR kompanzatörü için dalga şekilleri ve konverter şeması	94
Şekil 9.10	Statik senkron kompanzatörün çalışma prensibi	94

Şekil 9.11	Fazör diagramları	96
Şekil 9.12	TVA Sullivan transformatör merkezindeki konverterin yapısı	98
Şekil 9.13	Temel APF STATCOM görünümü	100
Şekil 9.14	E_A ve E_B ' nin eşit ve fazda olduğu şekil	102
Şekil 9.15a	Konverter	103
Şekil 9.15b	Fazör diyagram	104
Şekil 9.16	E_A ve E_B 'nin fazör şekilleri	104
Şekil 9.17	Birleştirilmiş güç akış kontrolörü	105
Şekil 9.18	Statik frekans konverter istasyonun şematik diyagramı	108
Şekil 9.19	Tekrarlamalı olay Tip-1	116
Şekil 9.20	Tekrarlamalı olay Tip-2	116
Şekil 9.21	Tekrarlamalı olay Tip-3	117
Şekil 9.22	Tekrarlamalı olay Tip-4	117
Şekil 9.23	Akım paraziti Tip-1	117
Şekil 9.24	Akım paraziti Tip-2	118
Şekil 9.25	Akım paraziti Tip-3	118
Şekil 9.26	Akım paraziti Tip-4	118
Şekil 9.27	DC sapma	119
Şekil 9.28	Birinci bölgedeki gerilim (B fazı)	119
Şekil 9.29	Birinci bölgedeki gerilim (C fazı)	120
Şekil 9.30	İkinci bölgedeki RMS darbe paraziti (B fazı)	120
Şekil 9.31	İkinci bölgedeki RMS darbe paraziti (C fazı)	120
Şekil 9.32	Üçüncü bölgedeki gerilim (B fazı)	121
Şekil 9.33	Üçüncü bölgedeki gerilim (C fazı)	121
Şekil 9.34	Dördüncü bölgedeki gerilim (A, C fazı)	121
Şekil 9.35	Beşinci bölgedeki gerilim (B fazı)	122
Şekil 9.36	Beşinci bölgedeki gerilim (C fazı)	122
Şekil 9.37	Altıncı bölgedeki gerilim (A, B fazı)	122
Şekil 9.38	Fliker yük kompanzasyonu	124
Şekil 9.39	SCR anahtarlamalı kondansatörler	125
Şekil 9.40	DSTATCOM temel inverter yapısı	126
Şekil 9.41	DSTATCOM devredeyken ki grafikler	127
Şekil 9.42	DSTATCOM devre dışındayken ki grafikler	128
Şekil 9.43	AC sistemi çevresi	132
Şekil 9.44	STATCOM,dc-dc akım kesici ve SMES bobininin detaylı şeması	132
Şekil 9.45	24 darbeleri SSSC	136
Şekil 9.46	Güç kalitesi çalışmaları için kullanılan iletim sistemi	138
Şekil 9.47	Orta yükteki gerilim seviyeleri	140
Şekil 9.48	Maksimum yükteki gerilim seviyeleri	140
Şekil 9.49	Maksimum yükten orta yüke geçişteki değişim	141
Şekil 9.50	Maksimum yükten alçak yüke geçişteki değişim	141
Şekil 9.51	Maksimum yükten minimum yüke geçişteki değişim	142
Şekil 9.52	Temel frekans devre elemanlarının yüzdesi olarak gösterilen SSSC geriliminin harmonik spektrumu	143
Şekil 9.53	Bara 2 ve 3'teki harmonik gerilim spektrumu	143
Şekil 9.54	Bara 2 ve 3'teki harmonik gerilim spektrumu	144

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1	Bozucu etkilerin nedenleri ve çözümleri	24
Çizelge 4.2	Bilgisayar arızalarının nedenleri	30
Çizelge 4.3	Bozucu etkinin tesirleri üzerindeki enerji dağıtım sisteminin etkisi	31
Çizelge 9.1	275 kV'lık iletim hatlarının parametreleri	137
Çizelge 9.2	Sistem testi için yük verileri	137
Çizelge 9.3	Çeşitli sistem konfigürasyonları için parametreler	138
Çizelge 9.4	Yük koşulları	140



ÖZET

Güç kalitesine, kuruluşlar ve kuruluşların ticari ve endüstriyel elektrik güç tüketicileri için artan bir ilgi olmuştur. Ayrıca, son yıllarda güç kalitesine hassas sistem yüklerinin kontrollerinin sayısında da bir artış oldu. Bilgisayar, işlem kontrolleri ve iletişim teçhizatlarının yükleri, güç kalitesi değişimlerine geçmişe göre daha hassas hale geldiler. Güç elektroniği cihazlarının kullanılmasının artmasıyla birlikte, güç sisteminin verimliliği ve tesisat kontrolünde de iyileştirmeler olmuştur. Kendi cihazları için yüksek kalitede güce ihtiyacı olan son kullanıcılar, gerilim sapsmaları, gerilim yükselmesi, şok dalgaları, harmonik distorsiyonları, kesintiler, yüksek ve alçak gerilimler, parazitler, frekans sapsmaları, geçici hallerden daha çok haberdar duruma geldiler.

Elektrik güç kalitesi terimi geniş anlamı ile, anma gerilim büyüklük ve frekansında enerji dağıtım bara gerilimine ait dalga şekillerinin sinüzoidale yakın bir şekilde muhafaza edilmesini ifade eder. Kaliteli elektrik enerjisi elde etmek için gerekli aşamalar şunlardır;

- Modelleme ve analiz
- Cihaz donanımı
- Sebepler
- Çözümler
- Temel kavramlar
- Etkiler

Elektrik kuruluşlarının başlıca problemi, daha çok iletim ve dağıtım devresini kurmak için doğru yolu bulmak gittikçe daha zor bir hale gelmişken, elektrik gücünün büyümesini devamlı kılmaktır. Bu ve diğer nedenlerden dolayı, elektrik kuruluşları, kararlılık ve emniyeti göz ardı etmeden mevcut kendi hatlarının güç sınırlarını arttırmak için yeni yollara başvururlar.

Ticari güç elektroniği temel cihazları, tüketicileri ve kuruluşların güç kalitesini düzeltmek için kullanılırlar. Bu çalışmada, güç kalitesi problemleri ve güç elektroniği devre elemanları üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güç kalitesi, güç kalitesi devre elemanları, harmonik distorsiyonlar, frekans sapsmaları, gerilim sapsmaları.

ABSTRACT

Power quality has become an increasing concern for utilities and their commercial and industrial electrical power customers. In the number of system loads and controls that are sensitive to power quality. Loads such as computers, process controls and communications equipment are more sensitive to power quality variations due to system disturbances than in the past. There has also been continuing growth in the application of power electronics devices, in order to improve the overall power system efficiency and facilitate controls. And users who need high quality of power for their equipment and are becoming better informed about such issues as voltage sags, swells, surges, harmonic distortions, interruptions, under and over voltages, electrical noise, frequency deviations and transients.

The term broadly refer to maintaining the near sinuzoidal waveform of power disribution bus voltages at rated voltage magnitude and frequency. The main aspects of electrical power quality are;

- Modelling and analysis
- Instrumentation
- Sources
- Solutions
- Fundamental concepts
- Effects

The special problem of electric utilities is that the demop for electric power continues to grow while it is becomming more difficult to optain rights of way to erect more transmission and distribution circuits. For these and other reasons, electric utilities are looking for ways where by they can increase the power capacity of then existing lines without compromising reliability and stability.

Commercial power electronic besed devices have appeared in order to help customes and utilities to correct them. In this study power quality problems and the effects on the power quality devices has been researched.

Keywords: Power quality, power quality devices, harmonic distortions, frequency deviations, voltage sags.

1. GİRİŞ

Günümüzde güç kalitesine olan ilginin canlanması iki nedenden dolayı çok önemlidir. İlk olarak, çok fazla sayıda harmonik üreten cihaz vardır. İkinci olarak, dalga şekli distorsiyonlarına duyarlı yüklerin sayısı gittikçe artmaktadır. Bu tip yükler arasında çeviriciler, ark fırınları, elektrikli trenler sayılabilir. Çoğunlukla büyük endüstriyel yükler önemli olmasına rağmen aynı zamanda donatım aygıtları, özelliklede tek tek ele alındığı zaman problemlere neden olmayan, fakat toplu olarak ele alındığı zaman bağlı oldukları şebekenin besleme kalitesini etkileyebilen ticari binalar ve evlerde kullanılan cihazlarda özel bir önem taşımaktadır.

Yük akımındaki hızlı değişimler müşterilerin bağlantı noktasındaki gerilimde dalgalanmalara neden olabilmektedir. Ev video kayıt cihazlarından dijital saatlere, otomatik endüstriyel hatlardan hastane teşhis sistemlerine kadar mikro elektronik işlemcilerin çoğalması, bu tür cihazların sağladıkları yararlar yanında bazı güç kalitesi problemlerini de arttırmıştır. Bu problemler değişik tipteki hassas yükler üzerinde çok farklı etkileri olabilen çeşitli elektriksel problemlerden meydana gelmektedir. Ayrıca, bilgisayarlar, süreç denetim aygıtları gibi cihazlar da besleme geriliminin kalitesinden son derece etkilenmektedir.

Enerji sistemi ve tüketicilerdeki güç kalitesiyle ilgili problemler geniş kapsamlıdır ve birçok devreler tarafından üretilmektedir. Çok fazla elektronik cihazların kullanılmasından dolayı hem enerji sistemi hem de tüketiciler dalga şekli distorsiyonlarına karşı daha duyarlı hale gelmektedir. Güç sistemdeki dalga şekli distorsiyonları büyük önem taşımaktadır. Özellikle teknolojinin gelişmesine paralel olarak sayıları gittikçe artan elektronik cihazlar üzerinde distorsiyonun olumsuz etkileri daha da artacaktır.

2. GÜÇ KALİTESİ İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER

Güç kalitesi son yıllarda önemi giderek artan bir kavramdır. Yüksek güç anahtarlayan yarı iletken devrelerin genişlemesi, güç kalitesi konusunun gelecekte öneminin daha da artacağını göstermektedir (Domijan ve Heydt, 1993).

Müşteriler cihazlarının verimli bir şekilde çalışması için yüksek kalitede elektrik enerjisi talep ederler. Bu nedenle, müşterilerin cihazlarının ya da enerji sistemindeki donatımın normal çalışması sırasında, parazitler üretebilen ve besleme geriliminin dalga şeklinde distorsiyonlara neden olabilen elektrikli cihazlar ve atmosferik koşullar güç kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir (Domijan ve Santander, 1992).

2.1 Güç Kalitesinin Tanımı

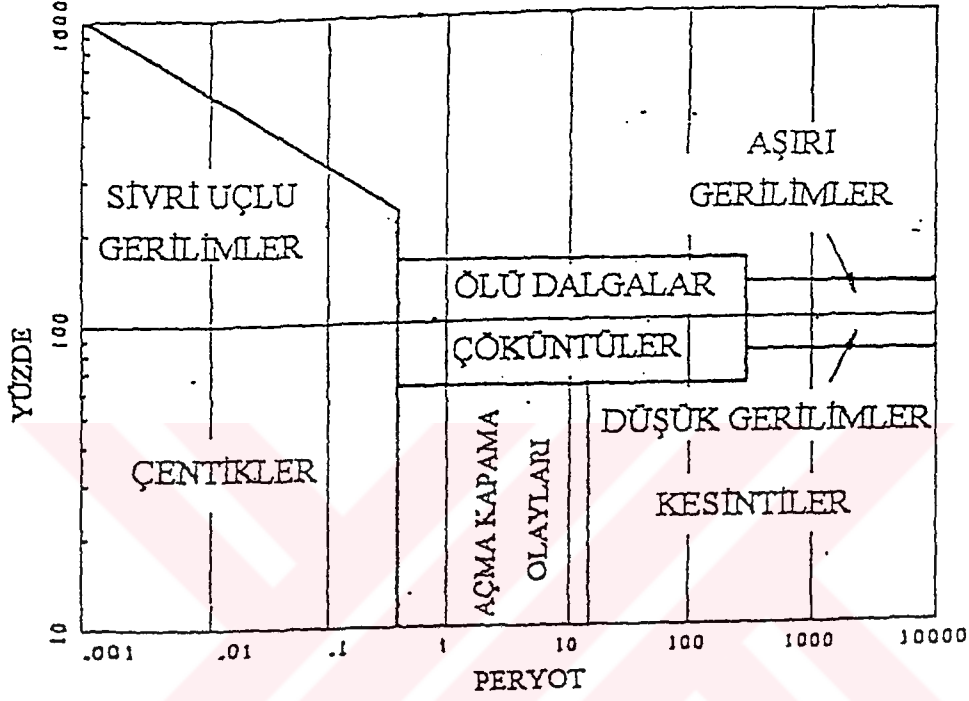
Enerji sistemi ve tüketicilerdeki güç kalitesi ile ilgili problemler geniş kapsamlıdır ve bu problemler birçok devreler tarafından üretilir. Sürekli olarak sayıları çoğalan elektronik cihazların kullanılmasıyla birlikte, hem elektrik kurumu hem de tüketicilerdeki mevcut donanımlar, dalga şekli distorsiyonlarına daha duyarlı hale gelmiştir. Güç sistemindeki dalga şekli distorsiyonları büyük bir önem taşımaktadır (Domijan ve Santander, 1992).

Elektronik aygıtlar elektriksel ortamda son derece duyarlı olmaktadır. Bu sorunu giderecek endüstriyel standartlar her zaman yeterli olamamaktadır. Bu nedenle elektronik cihazların hemen hemen her türlü çalışmasını açıklamak üzere güç kalitesi terimi ortaya atılmıştır.

' Elektrik Güç Kalitesi ' son yıllarda önemi gittikçe artan bir terimdir. Bu terim geniş anlamı ile anma gerilim büyüklük ve frekansında enerji dağıtım bara gerilimlerine ait dalga şekillerinin sinüzoidale yakın bir şekilde muhafaza edilmesini ifade eder (Domijan ve Santander, 1992).

Başka bir deyimle, güç kalitesi hem sürekli hem de normal besleme genliği veya frekansından olan kesintili gerilim sapmalarını kapsamak üzere kullanılan bir terimdir. Güç kalitesi son yıllarda ortaya çıkan bir problem değildir. Fakat bilgisayarlarda veri kayıpları, enerji

sistemindeki generatör uyarma sistemleri ile ilgili problemler, kontrol problemleri, hatalı röle çalışması gibi nedenlerden dolayı tüketiciler güç kalitesi ile son yıllarda daha yakından ilgilenmeye başlamışlardır (Domijan ve Santander, 1992).



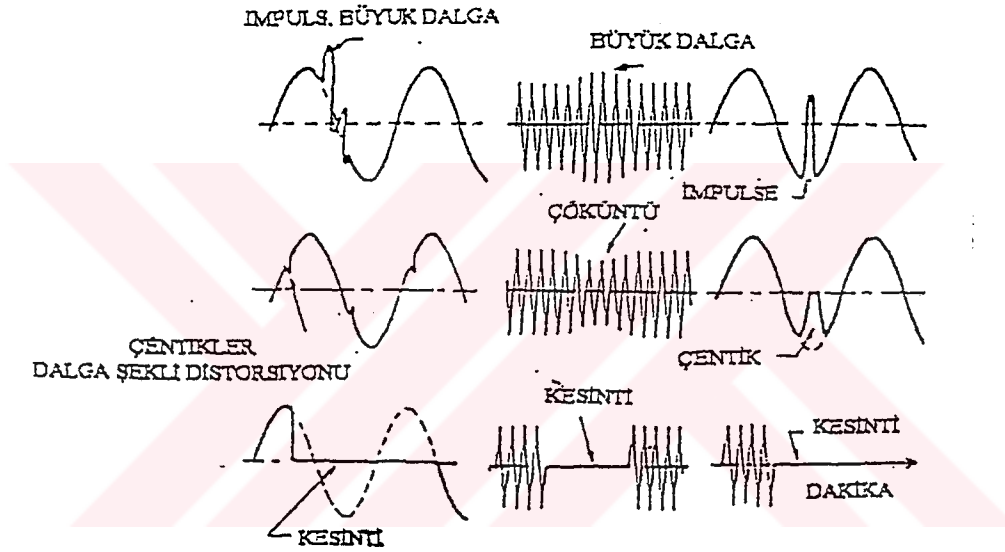
Şekil 2.1 Güç kalitesi terimlerinin açıklanması

Güç kalitesi terimi yerine bazen “güç uyumu” (power compatibility) veya “elektriksel çevre uyumu” (electrical environment compatibility-EEC) terimi kullanılmaktadır.

Gerilim sapmaları geçici ve sürekli olmak üzere başlıca iki ana gruba ayrılır. Şekil 2.1’de geçici gerilim sapmalarına ilişkin güç kalitesi terimleri zaman düzlemi üzerinde gösterilmiştir.

Güç kalitesi ile ilgili yazılarda çoğunlukla kullanılan terimler genel tanımlamalara uygun değildir. Özellikle güç kalitesi ile ilgili ölçümler yapan görevlilerin kullandığı terimler anlam karışıklığına neden olmaktadır.

Genel olarak, elektrik mühendisliğinde, büyük dalga geriliminin tipik olarak güç frekansının yarım periyodundan bir başka ifadeyle 1 milisaniyeden daha küçük süreli bir aşırı gerilim anlamına geldiği kabul edilmektedir. “Büyük dalga gerilimi” teriminin isabetsiz bir şekilde kullanılan ikici anlamı, tipik olarak birkaç periyot süreli temel frekanstaki geçici aşırı gerilimdir. Bazen büyük dalga terimi yerine “impuls” veya “spike” terimleri de kullanılmaktadır. Şekil 2.2’ de büyük dalga teriminin her iki anlamı grafik tanımlamalarla gösterilmiştir. Karışıklığı önlemek üzere, geçici aşırı gerilim için, “büyük dalga” sözcüğü yerine “ölü dalga (swell)” sözcüğü kullanılabilir.



Şekil 2.2 Bozucu etkilerin grafiksel olarak açıklanması

Değişik tanımlamalardan dolayı anlam karışıklığına neden olan diğer bir örnek olarak “kesinti” sözcüğü gösterilebilir. “Kesinti” sözcüğü, hat geriliminin tam olarak kaybolması anlamına gelmektedir. Fakat, kesinti süresi, bilgisayar kullanıcıları ve elektrik mühendisleri tarafından farklı bir şekilde tanımlanır. Çok küçük süreli kesintiler bilgisayarları olumsuz bir şekilde etkilediği için, kesinti süresi bilgisayar kullanıcıları tarafından yarım periyot ya da daha küçük bir süre olarak tanımlanır. Elektrik mühendisleri ise kesinti süresini, saniye hatta dakika olarak tanımlamaktadır. Hat düzeltici cihazlarını kullananlar ve imal edenler, hat geriliminin tam kaybolması, büyük gerilim çöküntüleri ya da çok fazlı güç sistemlerinin tek faza kalması gibi değişik durumlar arasında net bir ayırım yapmamaktadır. Örneğin kısa süreli bir gerilim sonucunda meydana gelen floresan lambanın flikeri bir kesinti olarak

değerlendirilebilir. Bununla birlikte, anma geriliminin % 80'inden daha küçük ve kısa süreli bir çöküntüde aynı görünür etkiye neden olacaktır. “Çöküntü” sözcüğü, genel olarak A.A. güç frekansındaki geçici gerilim düşmesi anlamına gelmektedir.

2.2 Güç Kalitesinin Önemi

Gerek üreticilerin ve gerekse tüketicilerin güç kalitesine olan ilgilerinin giderek artması bu kavramın çeşitli güç sistemi bozukluklarını bir çatı altında toplayan anahtar bir kavram olmasına neden olmuştur. Gerçekte bu kavramı oluşturan öğeler yeni değildir. Yeni olan bu kavramlara ayırık konular olarak değil bir sistem mantığı ile bakılmasıdır.

Güç kalitesi kavramına olan ilginin artmasına dört temel neden gösterilebilir:

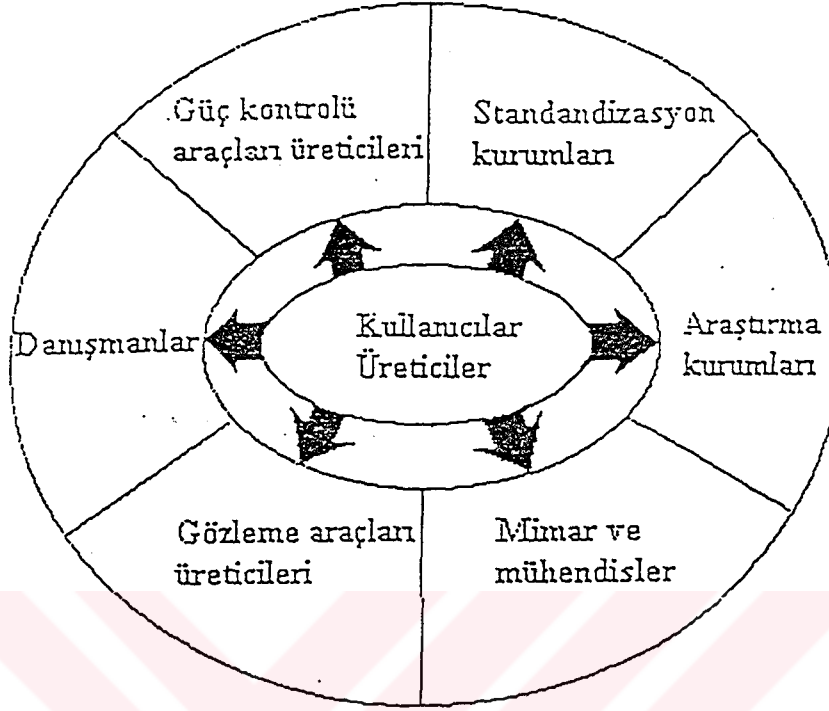
Yükler eskiye oranla güç kalitesine daha duyarlıdır. Birçok yeni yük biçimi mikroişlemci kontrollü güç elektroniği elemanları içermektedir. Bu elemanlar güç bozukluğu türlerinden etkilenebilirler.

Güç sistemlerinin daha verimli kullanılmasına verilen önem hız ayarlamalı motorlar gibi uygulamaların artmasını hızlandırmıştır. Bu da güç sistemlerindeki bir bozukluk türü olan harmonik seviyesinin artmasına neden olmuştur.

Kullanıcıların güç kalitesi hakkında bilgi düzeylerinin artması üreticilerden daha kaliteli güç istemelerine neden olmuştur.

Elektrik şebekesine bağlı bir kullanıcıların sayısı ve çeşidi zamanla artmaktadır. Bundan dolayı bir bileşendeki bozulma diğer bileşenlere olan etkilerden ötürü önemlidir (Weindl ve Herold, 2000).

Bu sebeplerin arkasında yatan temel neden olarak kullanıcıların daha hızlı ve daha verimli üretim yapmayı istemeleri ve üreticilerinde buna destek vermelerinin kendi yararlarına olduğunu bilmeleri gösterilebilir. Şekil 2.3' de güç kalitesi gösterilmiştir.



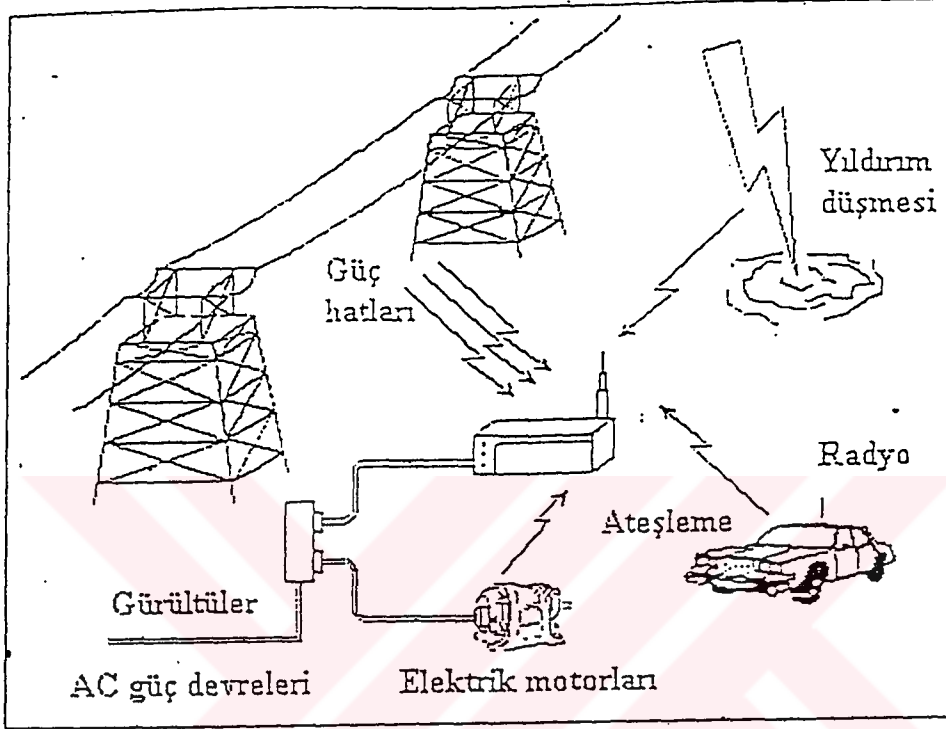
Şekil 2.3 Güç kalitesini etkileyen taraflar

2.3 Güç Kalitesi Nedir?

Güç kalitesi tanımı yapılan incelemenin türüne veya kim tarafından yapıldığına göre değişebilir. Örneğin elektrik üreticisi için güç kalitesi enerjinin güvenilir biçimde iletilmesi olarak tanımlanabileceği gibi elektrikli aletler üreticisi için güç kalitesi üretilen aletin öngörülen şekilde çalışması için gerekli olan elektrik biçimidir. Ancak elektrik üretimi kullanıcılar için yapıldığından kullanıcının bakış açısı temel alınmalıdır. Bu sebeple güç kalitesi sorunu “Kullanıcı aletlerinin yanlış veya hiç çalışmamasına neden olacak gerilim, akım ve frekanstaki değişimler” olarak tanımlanabilir (Weindl ve Herold, 2000).

Enerji üretim sistemleri ancak üretilen enerjinin gerilime etkide bulunabileceği düşünüldüğünde, güç kalitesi kavramı üzerinde yapılan belirlemelerin büyük çoğunlukla sistem gerilimi hakkında olduğu görülür. Her ne kadar kısa devre olayında olduğu gibi büyük

akım değişiklikleri gerilimde de önemli farklılaşmalara neden olsa da temel ölçüt gerilim olmalıdır. Şekil 2.4’de güç kalitesini bozan bazı etkiler gösterilmiştir.



Şekil 2.4 Güç kalitesini etkileyen bazı etkenler

2.4 Güç Kalitesi Sorunlarının Ekonomik Açından Önemi

Güç sisteminin dayanabileceği ve aynı zamanda ticari ve endüstriyel kuruluşların çekebileceği harmonik sinyalleri sınırlayan standartların yeterli olmamasından dolayı, güç elektroniği esaslı cihazlar gibi, nonlinear yüklerin neden olduğu bozucu etkiler çok yaygındır. Bu durum, hem enerji sisteminde hem de tüketicilerde güç kalitesi problemlerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Domijan ve Heydt, 1993).

Kullanıcılar, mevcut güç sistemiyle uyum içinde çalışacak cihazları satın almak isterler. Aynı zamanda elektriksel çevre uyumsuzluğu (EEC), geçici gerilimlere karşı koruma sistemlerinin seçimi ya da bu gibi sorunları çözecek danışmanlara verilecek ücretler gibi sorunlarla uğraşmak istemezler. Güç faktörü satan bir kimsenin “Güç faktörü cihazlarının harmonikler

üretebileceği konusunda müşterilerimi uyardığım takdirde başka bir cihaz satın alacaklar” şeklindeki sözleri güç kalitesi sorununun ekonomik yönünü de göstermektedir.

Cihaz üreticileri, cihazlarının kesintisiz, geçici olayların meydana gelmediği ve sürekli bir enerji ile beslenmesini isterler. Aynı zamanda, cihazlarının elektriksel ortamda daha uygun bir şekilde çalışmasını sağlamak amacıyla ilave bir harcama yapmak, müşterilerinden güç sistemi toleranslarını sınırlandırmak ya da güç kalitesi sorunlarından dolayı garanti belgesindeki yükümlülükleri yerine getirmek istemezler.

Eskiden genellikle ışık kaynakları, sabit hızlı motorlar gibi klasik cihazların çalışması sırasında fark edilmeyen güçteki küçük değişimler, günümüzde fabrikaların tamamen durmasına yol açabilmektedir. Örneğin, montaj hattı üzerindeki motorlu cihazlara ait hız denetim sürücülerinin (ASD) bizzat kendileri gerilim harmoniklerine ve geçici olaylara karşı duyarlı oldukları için, saniyenin yalnızca %1’i kadar süren ve anma geriliminin %30’u kadar olan bir gerilim çöküntüsü ya da enerji kesintisi montaj hattındaki programlanabilir lojik kontrolörleri reset edebilmektedir. Bu tür parazitlerin işletmeye maliyeti yüksek olabilmektedir. Örneğin, bir cam fabrikasında saniyenin onda biri kadar süren 5 periyotluk bir elektrik kesintisinin yaklaşık olarak 200.000 \$’lık bir zarara yol açabileceği tahmin edilmektedir. Benzer şekilde, büyük bir bilgisayar merkezinde 2 sanayilik bir kesintinin yaklaşık 600.000 \$’lık bir zarara yol açabileceği tahmin edilmektedir.

Büyük güçlü tüketicilere iyi bir örnek olarak iki ayrı dağıtım hattından beslenen ve tepe yükleri 20 MW ya da daha fazla olabilen otomobil fabrikaları verilebilir. Bir iletim sisteminde veya bir dağıtım transformatoründeki bir arızadan kaynaklanan kısa süreli gerilim çöküntüleri ve geçici olaylar önemli masraflara neden olmaktadır. Örneğin bir gerilim çöküntüsünü takiben, montaj hatlarının tekrar çalışması için, arızalı işletme hatlarının açılması, kazanların tekrar devreye sokulması ve otomatik kontrolörlerin yeniden programlanabilmesi gereklidir. Burada her bir işlemin maliyeti yaklaşık olarak 10.000 \$’dır. Bir otomobil fabrikasında, geçici enerji arızalarından kaynaklanan toplam kayıpların yılda yaklaşık 10.000.000 \$’a ulaşabileceği tahmin edilmektedir. Otomotiv üretiminde kullanılan pek çok cihaz, küçük gerilim inişlerine karşı yeniden düzenlenebilir. Ayrıca, büyük gerilim çöküntülerinin önlenmesinde, hassas cihazlara yardımcı olmak üzere sabit gerilim transformatorleri kullanılabilir.

Güç düzeltici cihazların optimal yerleştirilmesi doğrudan doğruya maliyetle ilgili konudur. Örneğin bir kişisel bilgisayarın 20 \$'lık bir büyük dalga bastırıcısı ile geçici aşırı gerilimlere karşı korunması mümkündür. Diğer yandan endüstriyel bir kuruluşta, kesintisiz güç temin etmek için maliyeti çok yüksek olan iki ayrı hattan beslenmesi gerekebilir (Douglas, 1994).

2.5 Güç Kalitesinin Tarihsel Gelişimi

Tarihsel olarak, güç kalitesi bu alandaki gelişme ve önem seviyelerine bağlı olarak üç aşamaya ayrılabilir.

İlk aşama, makineler ve transformatörlerdeki demirin doymasından kaynaklanan üçüncü harmonik akımlara çözüm bulan Steinmetz'in açıklamasıyla başlamıştır. 1900'lerin başlarında Steinmetz güç sistemine yayılan üçüncü harmonikleri durdurmak için, transformatörlerde yıldız noktasının topraklanmasını ve üçgen bağlantıların kullanılmasını önerdi. Bu problemin çözümlenmesinden sonra, tarihsel açıdan güç kalitesinin ikinci aşaması olan 1940'lara kadar harmonikler konusuyla ilgilenilmedi. Bu süre içerisinde, enerji ve telefon devrelerinde çoğunlukla aynı yol kullanılmıştır. Telefon devrelerinin yakınında endüktif olarak birleştirilmiş harmonik akımlardan dolayı, ses-frekanslarının karışması günümüzde olduğu gibi yaygın bir problemdi. Bu harmonikler, ark fırınları, büyük güçlü doğrultucular gibi cihazlar tarafından üretilmekteydi. Sonuç olarak, harmonikler tekrar inceleme konusu oldu. Dağıtım transformatörlerinin ürettiği mıknatıslanma akımı, harmonikleri gerekli yerlere filtreleme yapılarak önlenmeye çalışıldı.

Üçüncü aşama, yarı iletken güç devrelerinin ortaya çıkmasıyla 1950'lerin sonlarında başladı. Yarıiletken devrelerin gittikçe artan kullanımı güç kalitesi problemlerini de önemli ölçüde arttırmıştı. Dalga şekline çok duyarlı elektronik cihazların yaygınlaşması ile, harmonikler yeniden bir ilgi alanı olmuştur. Günümüzde güç kalitesine ilgi duyulmasının başlıca iki temel nedeni vardır. Birincisi alternatif enerji çeviricileri, motor kontrol devreleri, esnek A.A. iletim sistemleri (flexible AC transmissions-FACTS) ve doğrudan enerji dönüştüren devreler gibi çok sayıda harmonik üreten cihaz vardır. İkinci olarak, kelime işlemciler, bilgisayarlar, röleler, ölçüm cihazları ve endüstriyel süreç kontrolörleri gibi dalga şekli distorsiyonlarına duyarlı olan yükler ve devreler vardır (Domijan ve Santander, 1992).

2.6 Güç Kalitesinin Bugünkü Durumu

Dünya genelindeki güç durumu korku vericidir. Çünkü, monsoon çöküşü ve hydel jenerasyonunda çöküş sonucu olarak şebeke zayıf hale gelmiştir. Termik kapasiteye dikkate değer bir eklemeye, gücün elde edilebilirliğinde herhangi bir artış olmamasıdır. Petrol ve kömür gibi fosil yataklarının tükenişi ile elektrik üretiminde bir yetersizlik söz konusu olacaktır. Talep ve arz arasındaki açıklık, üretimin artırılması ile güvenlik altına alınabilir. Diğer konvansiyonel ve konvansiyonel olmayan yöntemlerden ilave elektrik üretiminin yeni yöntemleri üzerinde kapsamlı araştırmalar yapılmaktadır. Bu tür araştırmalara karşılık, tüm dünya gelecekte büyük bir güç kriziyle karşılaşacaktır.

Güç sistemi bütün olarak birbiriyle çatışan gereksinimlerle çok karmaşık bir hale gelmektedir. Generatörlerin çok çeşitli kaynakları değişik karakterlerde, değişik konfigürasyon ve geniş dalgalanma doğasındaki yüklerin bağlantı hatları/ara bağlayıcıları, sistemin bileşenlerini oluşturur. Hep artan bir çeşitlilikte, talep ve hızla azalan uyumsuz üretim ve zayıf bir bağla, sistem bütün olarak hasta ve sağlıksız bir haldedir. Güç mühendislerinin bakış açılarında bugünün güç kalitesi zayıf olarak görünüyor ve güç sistemini takip eden alanlarda güçlendirmek üzere uygun ölçümler alınmadıkça, gelecek zamanlarda kalitede kötüye gitme kaçınılmaz olacaktır (Srikrishna ve Subramanian, 1998).

3. KALİTELİ GÜÇ TEMİNİ İÇİN GEREKLİ AŞAMALAR

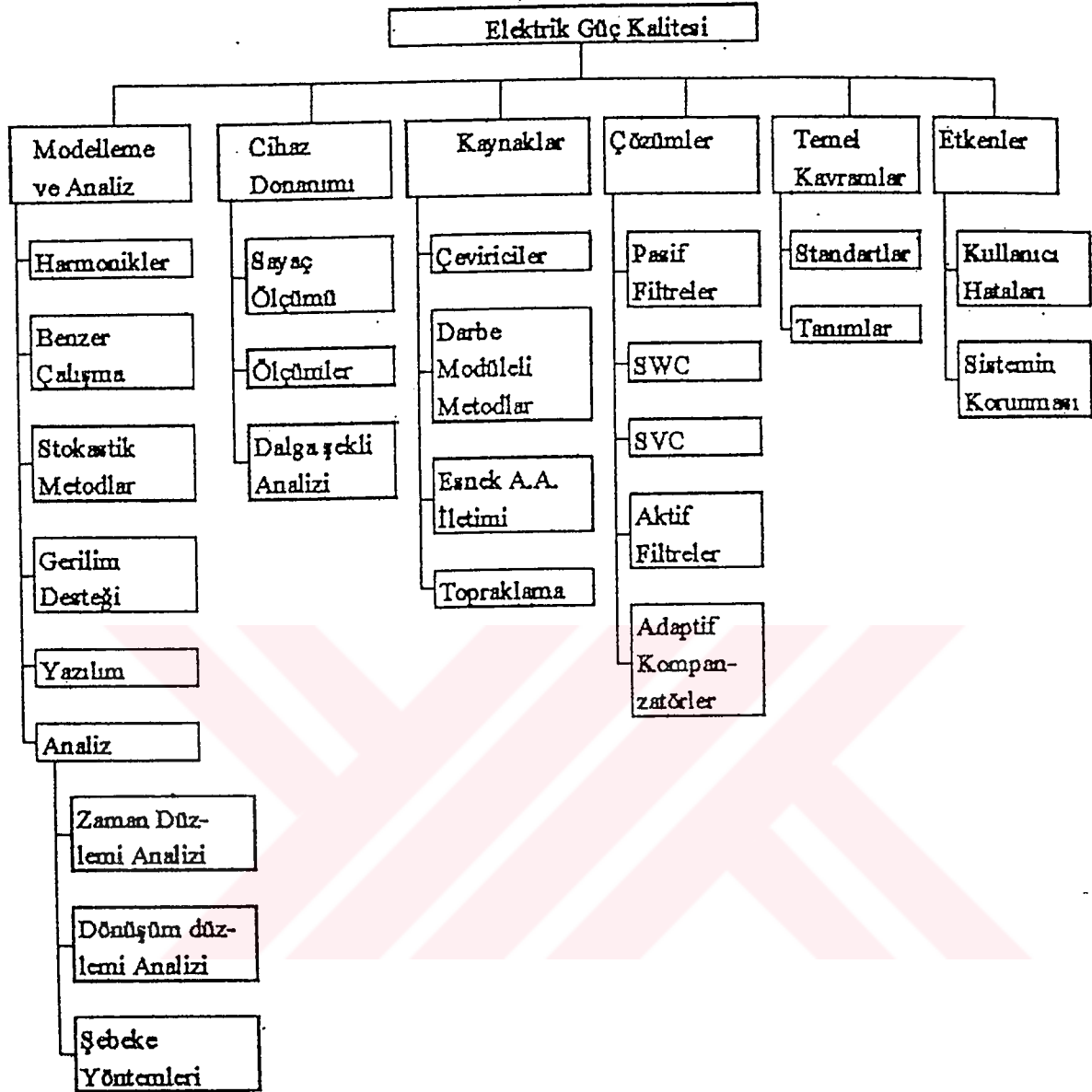
Bu bölümde elektrik güç kalitesi konusunda birkaç önemli araştırma alanı açıklanmaktadır. Elektrik güç kalitesi ile ilgili aşamalar aşağıdaki gibi gruplandırılmıştır: Temel kavramlar, modelleme ve analizler, ölçme ve gerekli cihazlar, sebepler, çözümler, etkiler ve eğitimsel yayınlar.

Güç kalitesi araştırma alanlarının tamamlanmasında ortaya çıkan engellerden biri “araştırma” ifadesinin değişik biçimlerde yorumlanmasından kaynaklanmaktadır. Bu bölümde, “araştırma” ifadesi öncelikli olarak temel araştırma anlamında kullanılacaktır. Bununla birlikte tüm mühendislik araştırmaları uygulamalarla sürdürülmektedir ve uygulamalar yeni geliştirilen yöntemlerden ayrı düşünülmez. Güç kalitesi araştırmaların bir çok aşaması günümüzde sürdürülen araştırmalar olup bu araştırma alanlarının birçoğu genelde mühendislik sorunları ile karşılaşılan alanlar içinden saptanır.

Şekil 3.1’de kaliteli elektrik enerjisi elde etmek için gerekli aşamalar gösterilmektedir. Bunlar sırasıyla;

- Modelleme ve analiz
- Cihaz donanımı
- Sebepler
- Çözümler
- Temel kavramlar
- Etkiler

’dir. Bu konulara ilave olarak, standartların rolü ve temel kavramlarda ayrıca önemli olan araştırma alanlarıdır. Bu standart ve temel kavramlar, gerçekleştirilen birçok uygulamada aynı şekilde yorumlanmış olmalıdır (Domijan ve Heydt, 1993).



Şekil 3.1 Elektrik güç kalitesi için temel aşamalar

3.1 Modelleme ve Analiz

Güç dağıtım sistemlerindeki sinüzoidal olmayan dalga şeklinin analizi zaman düzlemi metotları, dönüştürülmüş düzlem metotları ve mevcut devrenin simülasyonu ile yapılabilir. Zaman düzlemi yöntemlerinde temel olarak nümerik integrasyon yöntemleri kullanılır. Elektromanyetik Geçici Olaylar Programı'nda (EMTP) kullanılan yöntem en çok tercih edilen yöntemler arasındadır. Bu yöntem zamana bağımlı bir akım kaynağı ile bu kaynağa

paralel bağı sabit bir direnç kombinasyonundan oluşan ve self, kondansatör gibi güç sistemlerindeki enerji depolayan elemanların çözümünde kullanılır. Bağımlı akım kaynağı iteratif olarak ve tekrarlamalarla bulunur. Bu çözümde, her biri zaman aralığı için elektrik şebekesi modeli sabit bir bara iletim matrisi G_{bus} ile şebekeye giren $I_{bus}(t)$ injeksiyon akımı hesaplanır. Bu yöntem bir bütün olarak ele alınır ve $G_{bus}(t)$ ve $I_{bus}(t)$ 'yi elde etmek için kullanılan yöntemler kadar ayrıntılı sonuçlar verir. Tipik olarak, yapılan hesaplamalar kadar verilerde büyük bir önem taşımaktadır. $0 \leq t \leq T_f$ zaman aralığında, $X(t)$ sistem durumlarının tam bir zaman çözümü vardır.

Çoğu kez, güç kalitesi için $t < T_{pss}$ de meydana gelen periyodik sürekli durum ele alınmaktadır. Bu durumda;

$$X(t) = X(t + T) \quad t < T_{pss} \quad (3.1)$$

elde edilir.

$X(t)$ durum vektörünün periyodu güç frekansının tersi olan T 'dir. Geçici duruma ilişkin başlangıç koşulu $t < T_{pss}$ için ortadan kalkmaktadır. Örneğin, dağıtım barasında ki darbeli yük akımı çok kısa bir süre sonra periyodik hale ulaşacaktır. Doğrudan periyodik sürekli çözümü veren yöntemler, zaman düzlemi ile ilgili araştırma alanlarından yalnızca bir tanesidir. Bu yöntemle, hesaplama işlemleri azaltılabilir.

Diğer zaman düzlemi araştırma alanları aşağıdaki iki maddeyi de kapsamaktadır.

- Büyük sistemlerin çözümü için sentez/analiz yöntemleri,
- Darbeli ve anahtarlamalı uyardıma bağlı nümerik integrasyon yöntemleri için hata analizi yapılması.

Dönüştürme pratik olarak uygun olduğu zaman, dönüştürülmüş düzlem çözümleri hassas ve etkili çözümler verir. Genlik ve faza ait verileri mühendislik uygulamalarına elverişli olduğu için Fourier dönüşümü değişik teknik çözümlere imkan vermektedir. Gerçekte, Fazör yöntemi bir Fourier tekniğidir. Hızlı Fourier dönüşümü:

$$F (n\Delta\Omega) = (1 / \sqrt{N}) \sum_{i=0}^{N-i} f (i\Delta T) e^{-j.i.n.\Delta. \Omega.\Delta.T} \quad (3.2)$$

$$F (\gamma) = (1 / \sqrt{2\pi}) \int_{-\infty}^{\infty} f(t) [\cos (\gamma t) + \sin (\gamma t)] dt \quad (3.3)$$

dağıtım sistemlerindeki geçici olayların hesaplanması için kullanılır. Bununla birlikte, tüm bu dönüşümler $X (t)$ durum vektörünün tam çözümünü verir. (3.1) denkleminde tanımlanan periyodik sürekli durumun ve doğrudan periyodik sürekli durumun çözümünü veren dönüşümlerin incelenmesi gerekir.

Diğer düzlem dönüştürme ile ilgili araştırmalar aşağıda 4 madde halinde verilmiştir.

- i) Walsh dönüşümü gibi güç kalitesinin değerlendirilmesinde daha etkili olabilecek yeni yöntemlerin kullanılması. Bu dönüşümler, darbeli ve anahtarlı yüklerin hesaplanmasında da kullanılabilir.
- ii) Zamana ve frekansa bağımlılığı uygun bir şekilde değerlendirecek yöntemler
- iii) Ayırma ve dağıtma matris yöntemleri
- iv) Paralel işleme için uygun yöntemler

Dağıtım sistemlerinin stokastik analizi üzerinde henüz bir anlaşmaya varılamamıştır ve güç kalitesi yayımlarına göre tam olarak araştırılmamıştır. Yüklerin birbirlerine olan bağımlılığını değerlendiren modellerin olmayışı da diğer bir eksikliklerdir. Zaman ve sıcaklık çok sık bir şekilde yük seviyelerini belirlemektedir. Bu nedenle, elektriksel açıdan problemlere yol açan non-lineer yüklere ait olasılık yoğunluk fonksiyonları istatistiksel olarak bağımlı olabilir. Bununla beraber yükler arasında mükemmel bir ilişki yoktur. İstatistiksel olarak bağımlı olan yüklerin modellenmesinde Monte Carlo yöntemleri kullanılabilir.

Anahtarlama yüklerin, impulsların, çentiklerin ve diğer yüksek frekanslı olayların dalga şekli karakteristiklerini elde etmek amacıyla, enerji sisteminin modellenmesi önemli bir aşamadır. Ayrıntı ve detaylara ana sorun hesaplamalardaki karışıklardır. Karışıklık nedeni bu sisteme ait bir çok elemanların bara gerilimlerinde ya da yük akımlarında işletilmesinden kaynaklanmaktadır. Özellikle sargılı toplu sistemlerden çok dağılmış parametrelili sistemlere

uygun olan transformatörlerin incelenmesi oldukça karmaşıktır. Aynı zamanda manyetik devrenin yüksek frekanslara yanıtı ve doyma koşullarının da dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir.

Daha önce anahtarlama yükleri ve impulsu dalga şekillerine yeterince önem verilmemesine rağmen, iletim ve dağıtım sistemlerinin modellenmesi yine de araştırmaya değer önemli bir konudur (Domijan ve Heydt, 1993).

3.2 Ölçme ve Cihaz Donanımı

Sinüzoidal olmayan dalga şekillerinin ölçülmesi, karakterize edilmesi ve bu şartlara bağlı olarak cihazların seçimi teknolojinin gelişmesinde önemli bir alandır. Aynı zamanda bu alan, esas olarak dağıtım sistemlerinde meydana gelen ve periyodik olmayan sinyalleri de incelemektedir. Bir örnek olarak, kendiliğinden meydana gelen kısmi boşalmayı veya;

$$i(t) = I_m \cdot \cos(\omega_0 \cdot t) + w(t) \quad (3.4)$$

sinüzoidal akımın üzerine eklenen ve $w(t)$ gürültüsüne neden olan bir dağıtım devresinde meydana gelen bir süreci göz önüne alalım. İletişim ve sinyal işleme teorisinde, sık sık gerilim ve akımla ilgili "enerji" terimi kullanılır. Bu terim 1 ohm'luk devre direncinde varsayılan enerji miktarını ifade eder. Bu varsayımı kullanarak $i(t)$ 'ye bağlı E enerjisi;

$$E = \int_{-\infty}^{\infty} i^2(t) dt \quad (3.5)$$

olarak elde edilir. Parseval teoremine göre enerji, $i(t)$ 'nin Fourier dönüşümüne bağlıdır. Buradan hareketle;

$$I(\omega) = \pi \cdot I_m \cdot [\delta(\omega - \omega_0) + \delta(\omega + \omega_0)] + W(\omega)$$

$$E = 1/2\pi \int_{-\infty}^{\infty} |I(\omega)|^2 d\omega = \pi \cdot I_m + (1/2\pi) \int_{-\infty}^{\infty} |W(\omega)|^2 d\omega \quad (3.6)$$

elde edilir.

Toplam harmonik distorsiyonu (THD) teriminden hareketle güç kalitesi distorsiyonunun ifade edilmesi mümkündür. THD yalnızca Fourier serisi olan periyodik dalgalar için geçerlidir. Eğer $i(t)$ periyodikse ve I^1 ve I^2 harmonik bileşenlerini içeriyorsa, THD;

$$\text{THD} = (1 / I^{(1)}) \cdot [\sqrt{\sum (I^{(k)})^2}] \quad (3.7)$$

olur.

(3.7) denkleminde hareketle, periyodik olmayan 3.2 denklemi için;

$$\text{PQD} = (E - \pi I_m) / (2 \pi^2 I_m) \quad (3.8)$$

elde edilir. Bu denklemde güç kalitesi distorsiyonu (TQD) ω_0 'a eşit veya daha yüksek frekanslardaki enerji olarak tanımlanır. Bu denklemdeki E enerjisi (3.5) denkleminde verilmiştir. Diğer yandan (3.8) denkleminin payda kısmı $\omega = \omega_0$ 'da $i(t)$ 'deki enerjiye eşittir. O halde,

$$\text{PQD} = (1 / \pi I_m) \int_{-\infty}^{\infty} |W(\omega)|^2 d\omega \quad (3.9)$$

yazılabilir.

Hem periyodik hem de periyodik olmayan sinyallerin karakterize edildiği diğer alanlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

- i) Darbeli ve anahtarlı yüklerle özel olarak ilgilenilmesi.
- ii) Toplam harmonik distorsiyonu, indeks ağırlıklı C-mesajları gibi periyodik sinyallerin değerlendirilmesi.
- iii) Sinyal distorsiyonlarını karakterize etmek amacıyla gerilim çentiklerinin değerlendirilmesi.

Güçlü elektromanyetik alanların, özellikle gürültünün bulunduğu alanların etkisi altında bulunan yerlerdeki geniş bantlı ölçümler zor olabilir. Genellikle, kuvvet mühendisliğinde çevre koşulları, doğru ölçümlere izin vermeyebilir. Ölçüm cihazlarındaki kusurları gidermek amacıyla matematiğin geliştirilmesi konusunda pek çok araştırma yapılmaktadır. Kaçınılmaz olarak pek çok araştırma, bu konunun donanım esaslı olmasını gerektirmektedir. Bu nedenle matematiksel algoritma hazırlanırken aşağıdaki maddeler de dikkate alınmalıdır.

- i) Dijital filtreleme sayesinde ölçüm hatalarının azaltılması
- ii) Ölçülen veri adedinin artırılması için durum kestirim metotlarının kullanımı ve güç kalitesi uygulamaları için özel durum kestiricilerinin kullanılması: örneğin güç sistemi harmoniklerinin kestirimi için “Kalman” filtresi kullanılabilir.
- iii) Güç kalitesi uygulamaları için özellikle dijital bir ortamda ölçme hatalarının karakterize edilmesi
- iv) Ölçüm sistemlerine ait transfer fonksiyonlarının hesaplanması ile ilgili yeni bir çalışma yapılması; bu çalışma ters evrişim (deconvolution) metotları, ortalama ve frekanssız yaklaşımları kapsayabilir.

Güç kalitesi ölçümlerindeki doğruluğun artırılmasının önemine bir örnek olarak, tam skalası V_{fx} olan bir ölçü cihazı ile ölçülen ve $V_{fx} \cdot 2^{-b}$ değerini veren b bitlik sayısallaştırılmış bir $v(t)$ gerilimini göz önüne alalım. Eğer $v(t)$ kare dalgaya benzer bir frekans spektrumu içeriyorsa, $v(t)$ 'nin harmonik bileşeni h . derecenin harmoniği için $1/h$ değerine düşer. Bu sonuç değeri $h \cdot V_{fx} \cdot 2^{-b}$ olan h harmoniğinin ölçüm çözümünü sağlayacaktır. h harmoniğinde sayısallaştırma hatası ε ,

$$\varepsilon = (h \cdot V_{fx} \cdot 2^{-b}) / (\max v(t)) \quad (3.10)$$

dir.

Eğer $v(t)$ gerilimin tepe değeri tam skala değerinin %75'i ise ve sayısal değeri 8 bit olarak ifade edilirse δ 'un 23. harmonikteki değeri yaklaşık %12 olur. Word uzunluğunun kısalması hatanın artmasına neden olacaktır. Bu nedenle, ölçümdeki doğruluğun artırılması fazla bir masrafa yol açmaya bilir, fakat yüksek frekanslarda ölçümün daha hassas yapılması gereklidir. Bu sonucun gösterdiği gibi, pratik aygıt düzenine ilişkin kanal bantı genişliği sayısal word uzunluğu ile belirlenmektedir (Domijan ve Heydt, 1993).

3.3 Standart ve Toleranslar

1959 yılına kadar doğrultucular için kullanılan NEMA Standartları, yarı iletken devrelerde yetersiz kaldığı için yeni standartların geliştirilmesine başlandı. Güç yarı iletkenlerinin kullanılmaya başlanmasıyla cihazların sivri uçlu darbelere karşı toleransları azaltıldı.

Bilgisayarlarda, üretici firma $\pm\%$ 4'lük toleransın zorunlu olduğunu bildirmedikçe $+\%$ 6 ve $-\%$ 13 anma sürekli gerilim sınırları yeterli olmaktadır. 2 saniyeden daha küçük süreli geçici olaylarda güç kalitesi ile ilgili değişik toleranslar kullanılmaktadır. Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsünün (ANSI) C84.1 Standardına göre 0.05-0.5 saniye süren geçici olaylar için gerilim toleransları $+\%$ 15 ve $\%$ 20' dir; 0.08-0.05 saniye süren geçici olaylar için gerilim toleransları $+\%$ 20 ve $-\%$ 30'dur. Bilgisayar imalatçıları, kendilerinin geliştirdikleri ve ANSI Standartları'ndan farklı toleransları kullanmaktadırlar. Genel olarak bu standartlarda, gerilim büyük dalgalara ve impulslara ilişkin toleranslar, C84.1Standartına göre çok daha küçüktür. Örneğin bu standartlarda 2 saniye süren bir bozucu etki için, $+\%$ 6 olan oranlanmış gerilim toleransı, 8.33 ms süren bir bozucu etkide $+\%$ 30'a çıkmaktadır. 1 ms süren bozucu etkiler için, bu tolerans $+\%$ 100 ve 100 μ s süren bozucu etki için $+\%$ 200'dür. Bu toleransların alt gerilim sınırı, 2 saniyelik bozucu etki için $-\%$ 13, 0.5 saniye için $-\%$ 30, 0.1 saniye süren bozucu etkiler için $-\%$ 42, 16.70ms için $-\%$ 70 ve 8.33 ms için $-\%$ 100'dür. 60 Hz'lik bir frekansın tolerans değeri genel olarak $\pm\%$ 0.5Hz değeri kabul edilmektedir (Aspnes vd., 1985).

Güç kalitesi problemleri ölçülmesinde aşağıdaki standartlardan bazıları ya da tamamı kullanılır;

i) Gerilim, akım, frekans ve N fazlı dengesizlik: Tüketici yüklerindeki değişimler, yanlış topraklama, kademeli transformatörlerde gerilim ayarı ve kompanzasyon elemanlarının yerleştirilmesi gibi elektrik şebekesi içindeki birçok faktör, normal şebeke gerilimi, akımı, frekansı ve faz işleme noktalarının sürekli hal durumuna göre saptanmasına neden olabilir. Uygulanabilen standartlar, ANSI C84.1, ANSI C37.106 ve IEEE 141'dir.

ii) Harmonikler: Nonlineer devreler ya da yükler, gerilim ve akımda dalga şekli distorsiyonlara neden olur. Periyodik yapıda olabilen bu distorsiyonların sonucunda, ölçüm hatası, iletişim sistemlerinde karışmalar, makine ve transformatör ısınması ve hatalı röle

çalışması gibi problemler meydana gelir. Güç elektroniği devrelerindeki anahtarlama elemanlarının çalışması sırasında gerilim çentikleri ve kırışması gibi problemler oluşabilir. Uygulanabilen test standartları, IEEE 519-D5, ANSI C57.105 ve IEEE 141'dir.

iii) Enerji Kullanımı: Güç kalitesi, cihazların aktif ve reaktif güç ihtiyacını etkiler. Bu ise işletme maliyetinin yüksek olmasına, kayıplara, gerilim ve akım regülasyonu problemlerine neden olur. Bu test ile, donatımın tasarımı, gerçekleştirilmesi ve çevre faktörleri incelenir. Uygulanabilen standartlar, IEEE 519, IEEE 141, IEEE 389'dir.

iv) Büyük Dalga Testleri: Yıldırım ve geçici anahtarlama olaylarından kaynaklanan büyük dalgalar karşı korunma önlemi olmayan devrelerde hatalı çalışma veya arızalar meydana gelebilir. Uygulanabilen standartlar, ANSI / IEEE C62.41 ve ANSI / IEEE C37.90.1'dir.

v) Yüksek ve Düşük Gerilim: Birkaç periyottan fazla süren gerilim çöküntü ve kabarmalar, güç sistemindeki faz gecikmelerinden dolayı ortaya çıkabilen bir olaydır. Bu koşullar donanımda ve esas olarak enerji hattına bağlı elektronik donanımda düzensiz davranışlara neden olabilir. Uygulanabilen standartlar, IEEE 141 ve ANSI C37'dir (Aspnes vd., 1985).

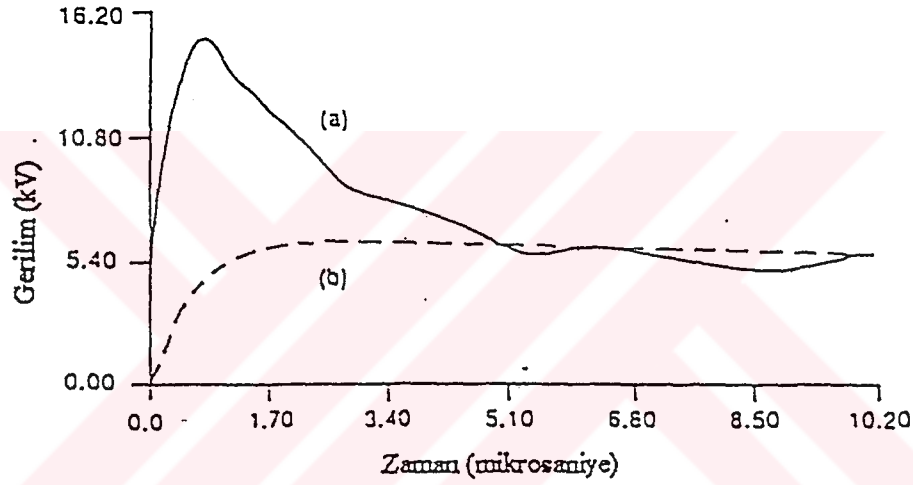
3.4 Topraklama Sistemlerinin Modellenmesi

Enerji sisteminin topraklanmasıyla ilgili uygulamalar güç kalitesinde çok önemli yer tutmaktadır. Yapılan incelemeler sonucunda, güç kalitesi problemlerinin %80'inin yanlış topraklamadan kaynaklandığı tespit edilmiştir. Günümüzde hala topraklama yanlış anlaşılmaktadır ve doğru analiz modelleri çok azdır. Topraklama sistemlerinin modellenmesi oldukça zor bir konudur ve bütün güç sistemleri ile ilgili modelleme yöntemleri ile birlikte ele alınması gereklidir. Topraklama ile ilgili 2 ayrı yöntem uygulanmaktadır:

i) Düşük frekansta topraklama modelleri genellikle saf bir dirençten oluştuğu için momentler metodu ya da gevşetme metotlarında olduğu gibi "D.A" analiz modellerinde topraklama bağları dikkate alınır.

ii) Yüksek frekanslardaki topraklama modelleri için elektromanyetik analiz yapılması gereklidir. Bunun için sonlu eleman analizi veya moment metodu kullanılır.

Toprak bağlantıları kompleks sistemler olduğundan, önemli ölçüde sadeleştirme yapılır. Seçilen "D.A" modeller ya da daha kompleks modeller için yaklaşık bir yöntem olarak $\delta = \sqrt{2} / \sqrt{\mu\omega\sigma}$ sızma derinliğine bağlı en büyük topraklama sistemi boyutu karşılaştırılabilir. Örneğin $l > 0.1\delta$ ise tam bir modellemenin yapılması gereklidir. Bu ifadelerde μ ortam geçirgenliği, ω radyan/saniye olarak frekans, r iletken yarıçapı, δ sızma derinliği ve en büyük topraklama sistemi boyutudur.

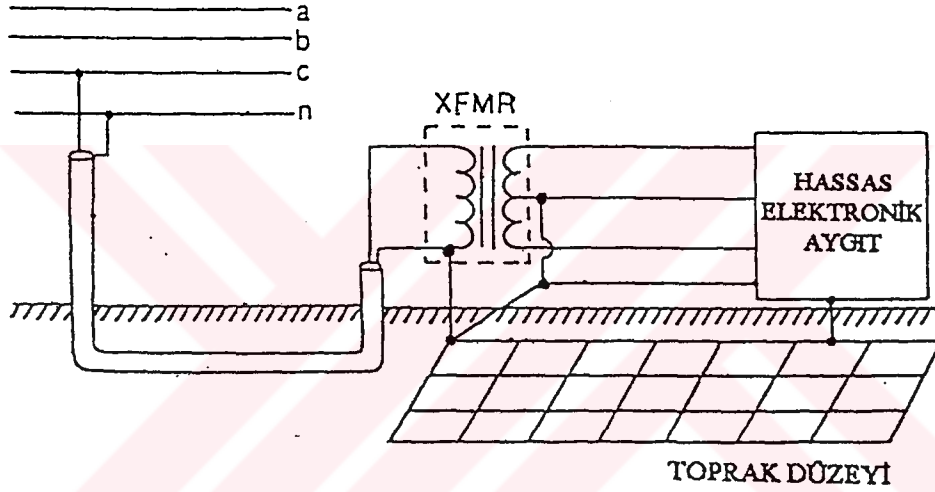


Şekil 3.2 Tepe Akımı 1 kA olan 1.2/50'lik yıldırım dalgasının 61 metrelik dengeleyici tel üzerinde meydana getirdiği geçici gerilim

- a. frekansa bağımlı model
- b. frekanstan bağımsız model

Topraklama sistemi modellerinin seçimi çok önemlidir. Bir örnek olarak 100 ohm direncindeki bir toprağa gömülü bir dengeleyici telden oluşan bir topraklama sistemini göz önüne alalım. Bu sistemin doğru gerilim toprak geçiş direnci 6.1 ohm'dur. Empedans frekansa bağlı olarak değiştiği için, yüksek frekanslarda empedansın değeri çok yüksek olur. 50kHz'den düşük frekanslarda empedans değeri yaklaşık 6.1 ohm'dur. Toprağa geçen yıldırım deşarjdan kaynaklanan geçici aşırı gerilimleri önceden tespit üzere topraklama modellenmesine bağlı olarak bir frekansın belirlenmesi gereklidir.

İdeal güç sistemi modelleri ile karşılaştırılabilecek ayrıntılı topraklama sistemi modellerinin geliştirilmesine büyük ihtiyaç vardır. Bu modellerde kesin olarak elektromanyetik analizin esas alınması gereklidir. Fakat bunun yanında hesaplama açısından söz konusu modeller pratikte de kolaylıkla kullanılmaktadır. Bu modeller güç kalitesi, anahtarlama ve yıldırım gibi kaçınılmaz geçici olayların ve bunun sonucunda meydana gelen problemlerin doğru bir analizine olanak sağlamalıdır. Kısacası, iyi analiz modelleri ile topraklama sistemlerinin optimum tasarlanması mümkün olacaktır.



Şekil 3.3 Ticari veya endüstriyel bir kuruluşun enerji servis girişi

Geçici olaylardan kaynaklanan yürüyen dalgalar topraklama sistemleri üzerinde hareket ederek bir tesise ve ya bir enerji sistemine kolayca ulaşabildiği için geçici olayların güç kalitesi üzerinde oldukça önemli bir etkisi vardır. Transformatörlerin sıfır hattı içinde bulunmaması nedeniyle, yüksek frekanslı geçici olaylar nötr boyunca hiç zayıflamadan hareket ederler. Eğer nötr birçok yerde topraklanmışsa, yüksek frekanslı geçici olayların zayıflatılması yalnızca toprak tarafından sağlanır. Uygun bir topraklama sistemi, nötr ve güç sistemi belirli bölgelerdeki geçici aşırı gerilimleri tespit etmek üzere uygun cihazlarla donatılabilir. Bir örnek olarak, şekil 3.3'deki gibi 0.8 km uzunluğunda bir yer altı dağıtım kablosu ile beslenen bir tesisi göz önüne alalım. Yeraltı kablosu, yıldırıma maruz kalan bir

havai dağıtım devresinden beslenmektedir. Bu tőr bir servis girişinde, geçici olaylar toprak iletkeni aracılığı ile tesise girebilmektedir (Domijan ve Heydt, 1993).



4. GÜÇ KALİTESİ SORUNUNA YOL AÇAN ETKENLER

Hassas elektronik yüklere etki eden güç bozucu etkilerinin çok çeşitli nedenleri olabilir. Bu etkenler arasında yıldırım, fırtına gibi atmosferik olaylar, şebeke bağlama işlemleri, yanlış topraklamalar ve elektrik kesintileri sayılabilir. Bununla birlikte güç bozucu etkilerine çoğunlukla yüklerin anahtarlanması, topraklama hatları veya cihazların normal çalışması sırasında bizzat tüketicilerin kendileri neden olmaktadır (Martzloff ve Thomas, 1988).

Elektrik enerjisi ile ilgili standart ve yönetmelikler, binaların gövdesinin enerji servis giriş yerinde topraklama bağlantısının yapılmasını şart koşmaktadır. Bununla birlikte, eğer bina içinde nötr iletkeni ve topraklama şasesi arasındaki bağlantıların yanlış yapılması ve özellikle yükler arasında yapılan yanlışlar sonucunda arızalara neden olan parazit akımlar meydana gelebilir (Douglas, 1994).

Günümüzde, aygıtların duyarlılığı ile ilgili sorunlar, cihaz tasarımcıların eksik bilgilerinden, güç kalitesi sorunlarından ve bir ölçüde de kullanıcıların karşılaştığı problemlerle elektrik kurumunun yeterince ilgilenmemesinden kaynaklanmaktadır.

4.1 Bozucu Etkilerin Nedenleri

Güç kalitesi problemleri genel olarak iki gruba ayrılabilir. Birinci gruptaki problemler, genellikle müşterilerin binalarında meydana gelen ve en uygun bir şekilde yine buralarda çözümlenebilen dalga şekli distorsiyonlarından oluşmaktadır. İkinci gruptaki problemler ise, dağıtım sisteminden kaynaklanan gerilim çöküntülerinden ve enerji kesintilerinden meydana gelir. Çizelge 1'deki bozucu etkilerin nedenleri ve söz konusu bozucu etkiyi önlemek için şebeke ve müşteri tarafındaki çözümler gösterilmiştir (Douglas, 1994).

Çizelge 4.1 Bozucu etkilerin nedenleri ve çözümleri

Bozucu Etki	Muhtemel nedenleri	Şebeke tarafındaki çözüm	Müşteri tarafındaki çözüm
Gerilim Çöküntüsü	Yıldırım düşmesi Ağaç ve canlı teması	Dinamik gerilim Yenileyici Statik düzenleyici	Hat düzenleyici KGK
Aşırı Gerilim	Diğer faz üzerindeki hatalar Yük	Dinamik gerilim Yenileyici Hata akım sınırlayıcı Yüksek enerjili parafudrlar	Hat düzenleyici Gerilim regülatörü KGK
Kesinti	Sigorta atması Kesicinin çalışması	Katı hal kesici Statik kondansatör	KGK Motor –generatör grubu
Geçici Olaylar	Yıldırım düşmesi Şebeke anahtarlama	Yüksek enerjili parafudrlar	Hat düzenleyici Büyük dalga bastırıcı
Harmonik Distorsiyonlar	Non lineer yükler Ferrorezonans	Filtre Statik kondansatör Dinamik gerilim Yenileyici	Hat düzenleyici Filtre
Elektriksel Gürültüler	Yanlış bağlantılar Müşteri hataları ve topraklama hataları		Topraklama Ekranlama Hat düzenleyici Filtre

4.2 Enerji Hattı Bozucu Etkileri

İlk kaydedilen bozucu etkiler arasında olan geçici aşırı gerilimlerin en önemli nedeni yıldırım ve yük anahtarlamaıdır. Bölgesel şartlara bağlı olarak, bu nedenlerden biri diğerinden daha önemli olabilir, fakat her iki nedenin de dikkate alınması gereklidir.

Yıldırım büyük dalgaları, güç sistemi iletkenlerine yıldırımın direk çarpması sonucunda meydana gelebileceği gibi, yıldırımın iletkenlere değil de iletkene yakın bir nesneye çarpmasının sonucunda da meydana gelebilir. Güç sistemine yıldırımın düşmesi, boşluk tipi parafudrları faaliyete geçirir. Bunun sonucunda yarım periyotluk bir zaman süresince enerji sistemi gerilimi tamamen kaybolur veya önemli ölçüde azalır. Hat izolatörlerine yıldırımın düşüp atlama yapması, birkaç periyotluk gecikme ile tekrar kapanan devre kesicinin yanlış çalışmasına ve enerji kesintisine neden olabilmektedir. Açıkça görüleceği gibi, yıldırım, düşme noktası yakınında ortaya çıkan aşırı gerilimlere neden olmaktadır. Buna karşın düşme noktasından oldukça uzak bir mesafede meydana gelen çöküntü yada gerilim kaybına etki etme olasılığı daha zayıftır (Martzloff ve Thomas, 1988).

4.3 Bozucu Etki Monitörleri

Enerji hattı bozucu etkileri genel mod bozucu etkileri ve normal mod bozucu etkileri olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Bu iki terim ilk olarak iletişim devrelerinde tanımlanmıştır. IEE sözlüğü ve IEC sözlüğünde bu iki tanımlamaya benzeyen fakat gerçekte daha farklı anlamlara gelen simetrik ve asimetrik gerilimler tanımlanmıştır.

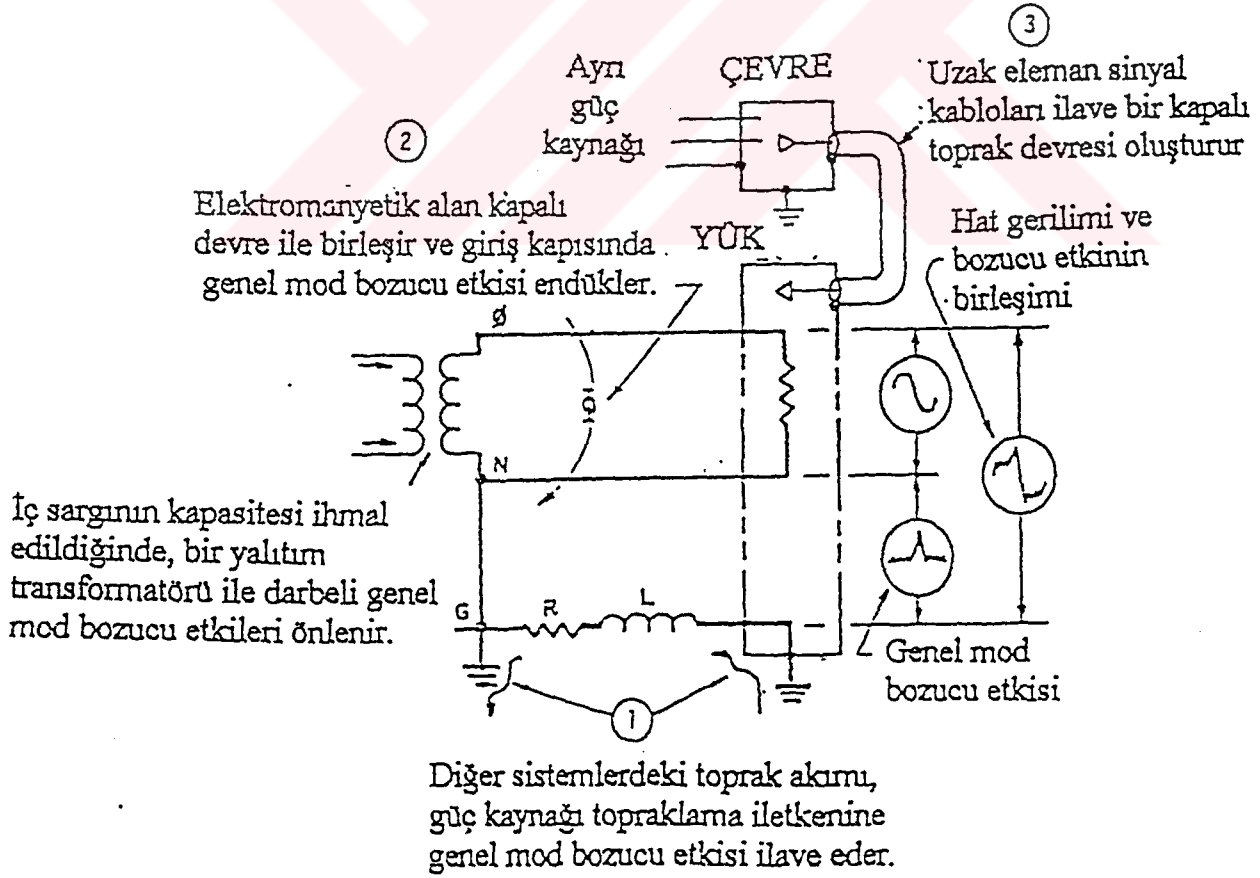
4.3.1 Genel Mod Bozucu Etkileri

Genel mod bozucu etkileri, herhangi bir akımı taşıyan bütün iletkenler ile topraklama iletkeni veya toprak arasındaki istenmeyen potansiyel farklılıkları olarak tanımlanır. Örnek olarak, üç fazlı ve yıldız noktası topraklı Y/Δ transformatörlerinden beslenen büyük bilgisayar

sistemlerinden, genel mod bozucu etkileri, nötr ve toprak arasındaki potansiyel farkı olarak tanımlanır.

Hassas bir yükü, iki değişik tip genel bozucu etkisi etkileyebilir. İlk tip, giriş güç topraklama iletkenine ait giriş güç iletkenlerinde ortaya çıkan bozucu etkidir. Bir hat düzelticisi kullanılarak bu tip bir bozucu etkinin zararları azaltılabilir. Fakat aynı zamanda, hat düzelticisinin bulunduğu yerde bozucu etkinin sınırlandırılmasında oldukça önemli bir rol oynar.

İkinci tip bozucu etki, bilgisayar elemanları yada bilgisayara bağlı uzak birimler arasında ortaya çıkan toprak potansiyel farkıdır. Sistem yapısı ve topraklama sisteminin empedansı gibi faktörlerin etkilemesinden dolayı bu tip bozucu etkiyi sınırlandırmak daha zordur. Bu iki faktör genel olarak kullanıcının direk kontrolünün dışındadır.

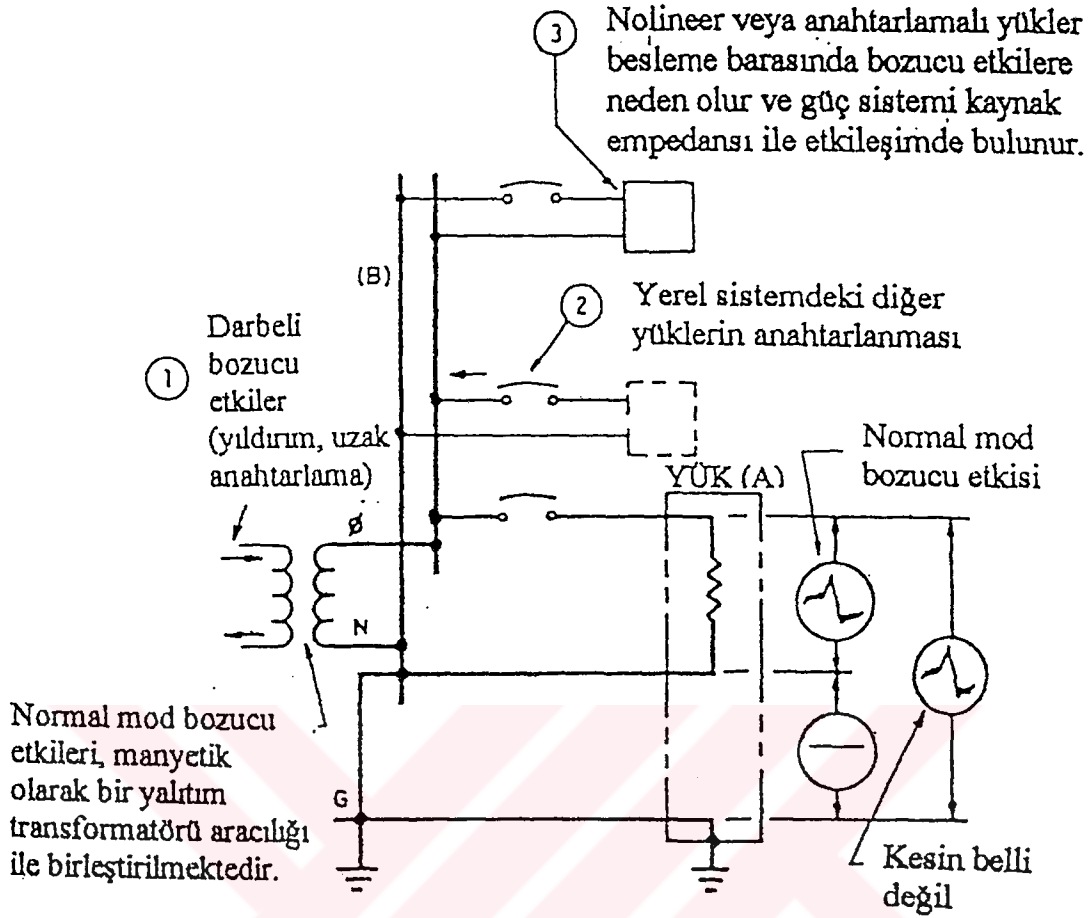


Şekil 4.1 Enerji girişinde genel mod bozucu etkilerin nedenlerine ilişkin üç örnek

Geniş frekanslı band karışıklığından dolayı, sargı rezonansları toprak potansiyellerinin denkleştirilmesini zorlaştırabilir. Bir sinyal referans kafesi içeren, uygun bilgisayar sistemi topraklamasının bir çok genel mod bozucu etkilerini önlediği tespit edilmiştir. Bununla birlikte, uzak elemanlar, veri kabloları ile bilgisayar sistemlerine başlandığı zaman, büyük toprak potansiyel farkları ortaya çıkabilmektedir. Güç beslemesinin uygun bir şekilde büyük dalgalardan korunması ve veri kablolarının topraklanması donanım zararlarının önlenmesinde yardımcı olacaktır, fakat buna rağmen verilerinin bozulmasını önlenemeyebilir.

4.3.2 Normal Mod Bozucu Etkileri

Normal mod bozucu etkileri, herhangi iki akım taşıyan devre iletkeni arasındaki istenmeyen potansiyel farkları olarak tanımlanır. Şekil 4.2'de, bu tip bozucu etkilerin nedenlerine ilişkin üç değişik örnek gösterilmiştir. Genellikle, bilgisayarların anma geriliminde ve sinüzoidal bir şebekeden beslenmesi arzu edilir. Sinüs dalgasındaki herhangi bir sapma bir normal mod bozucu etkisi olarak değerlendirilir. Bilgisayar kullanıcıları ve izleme cihazları tasarımcıları, bozucu etkileri, çöküntü, büyük dalga, kesinti, impuls, titreşen geçici olaylar, dalga şekli distorsiyonu ve yüksek frekanslı gürültü gibi her zaman açık bir şekilde tanımlanmayan değişik terimlerle nitelendirmektedir.



Şekil 4.2 Enerji girişinde normal mod bozucu etkilerinin nedenlerine ilişkin üç örnek

4.4 Anahtarlamanın Neden Olduğu Etkenler

Bozucu etkilerin en önemli nedenlerinden biri de güç sistemi yük anahtarıdır. Büyük yüklerin on-off olarak anahtarlama, bu devrenin geçici yanıtının da ötesinde uzun süreli gerilim değişimlerinin meydana gelmesine neden olabilir. Teknik açıdan anahtarlamanın elektrik kurumu ya da tüketici tarafından yapılması önemli değildir. Güç katsayısı düzeltme kondansatörleri anahtarlama zamanı, milisaniyeler süresince anma geriliminden % 120 daha büyük (2.2 pu) aşırı gerilimlere ulaşabilen yüksek frekanslı (500Hz-5kHz) osilasyonlar ortaya çıkar. Aynı zamanda akım sınırlayıcı sigortaların arızayı temizlemesi de oldukça büyük aşırı gerilimlere neden olabilir.

Güç kalitesi sorunlarına yol açan diğer bir yaygın olay da dağıtım sistemindeki kondansatörlerin anahtarlama zamanıdır. Genellikle tüketici cihazlarını etkilemeyen bu tür

bağlantılar, uzun süreli tecrübeler neticesinde tesis edilmesine rağmen, transformatörlere ve güç faktörünü düzeltmek üzere kullanılan kondansatör gruplarına sahip bazı büyük endüstriyel sahalarda sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Bu gibi durumlara da, şebeke bağlama işleminden kaynaklanan olumsuz etkilerin alıcı hat tarafından daha da büyütülmesiyle bu hatta bir rezonans başlayabilir. Bu osilasyonlardan dolayı meydana gelebilen ve anma değerinin 3-4 katı olabilen geçici aşırı gerilimler, koruma devrelerinin ve cihazlarının işlevini yapmamasına, hatta zarar görmesine neden olabilir. Özellikle, endüstriyel motorlarda kullanılan elektronik hız denetim sürücülerini bu geçici olaylara karşı duyarlıdır (Martzloff ve Thomas, 1988).

4.5 Gerilim Çöküntüleri

Gerilim çöküntülerinden kaçınmak mümkün değildir. Bu nedenle elektrik kurumu çöküntülerin sayı ve süresini azaltmak için gerekli tedbirleri almalıdır. Tüketiciler de, kendi açısından gerilim çöküntülerinin sonuçlarını hafifletmek için gerekli koruma önlemlerini almalıdır. Şimdiye kadar elde edilen sonuçlar geçici gerilim çöküntülerine neden olan en önemli etkenin yıldırım düşmesi olduğunu göstermiştir (Martzloff ve Thomas, 1988).

Büyük çöküntülerde, gerilim anma değerinin yaklaşık %80'ine kadar düşmektedir. Çöküntüler süreye bağlı olarak üç gruba ayrılabilir;

- i) 4 peryot; hataların temizlenme süresi,
- ii) 30 peryot ; kesicilerin ani olarak tekrar kapanması için gerekli süre,
- iii) 120 peryot ; kesicilerin gecikmeli olarak tekrar kapanması için gerekli süre.

Bir gerilim inişinin cihazlar üzerindeki etkisi hem genliğe hem de süreye bağlıdır. Eskiden bilgisayar imalatçıların benimsedikleri standart toleransları aşan ve yaklaşık %42'ye varan gerilim çöküntüleri gözlenmişti.

Şebeke bozucu etkilerinden kaynaklanan bilgisayar sistemi arızasıyla ilgili yapılan bir incelemede, güç hattının izlenmesi, bilgisayar işletme ünlükleri, Meteoroloji istasyonundan elde edilen veriler ve yerel elektrik kurumundan güç bozucu etkilerinin nedenlerini belirleyecek verilerden yararlanılarak aşağıdaki çizelge hazırlanmıştır. Bu çizelgede, enerji

hattındaki bozucu çöküntü ve kesintilere temel olarak hava koşullarının yol açtığı görülmektedir. Ayrıca yine aynı çizelgede gerilim çöküntülerinin bilgisayar sistemlerini kesintilere göre dört kat daha fazla olumsuz yönde etkilediği görülmektedir.

Çizelge 4.2 Bilgisayar arızalarının nedenleri
Bilgisayarlara ilişkin olarak kaydedilen arızaların yüzdesi

Kaydedilen nedenler	Bozucu etkiler		Bilgisayar arızaları
	Çöküntüler	Kesintiler	
Hava koşulları (rüzgar,yıldırım)	37	14	51
Enerji Sistemi Arızaları	8	0	8
Trafik kazaları	8	2	10
Canlılar	5	1	6
Ağaç devrilmesi	1	1	2
Bilinmeyen	21	2	23
	%80	%20	%100

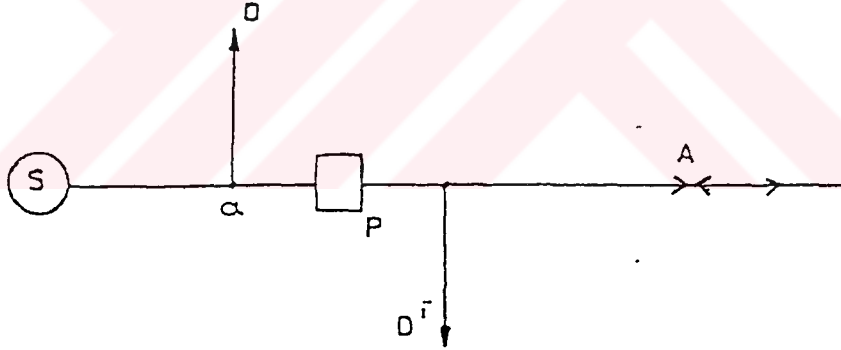
Çizelge 4.3 Bozucu etkinin tesirleri üzerindeki enerji dağıtım sisteminin etkisi

Enerji Dağıtım Sisteminin Yapısı	Bozucu Etkiye Neden Olan Arızaların Tipi		Bir Yılda Kaydedilen Bilgisayar Arızaları	
	Çöküntüler	Kesintiler	Saha	Ortalama
(aylık izlenen sahalar)				
Radyal havai hatlar (53/5)	12	6	10-30	18
Havai "Spot" Şebeke (55/3)	22	1	20-40	23
Toplam Havai Hat	16	4	10-48	20
Yer altı Radyal Şebekesi (30/2)	6	4	6-12	10
Yer Altı Şebekesi (39/2)	5	0	5	5
Toplam Yer altı Şebekesi (69/4)	5	2	5-12	7
Genel Toplam (157/12)	11	3	5-48	14

Enerji dağıtım sisteminin tipi de, bozucu etkilerin tesirleri üzerinde önemli rol oynamaktadır. Çizelge 4.3'te gösterilen incelemede çöküntü ve kesintilerin etki yüzdeleri karşılaştırılmıştır. Bu incelemede bozucu etkilerin meydana gelme yüzdesinin, yer altı sistemlerinde de şebeke sistemlerinde sırasıyla havai ve radyal sistemlere göre önemli ölçüde az olduğu bulunmuştur (Martzloff ve Thomas, 1988).

4.5.1 Gerilim Çöküntülerinin Nedenleri

Elektrik enerjisi iletim ve dağıtım şebekelerinde, iletkenler arasındaki ve iletken ve toprak arasındaki izolasyon hatalarından dolayı bir çok arızalar meydana gelir. Bu arızalardan kaynaklanan kısa devre akımları çok yüksek değerlere ulaşabilir. Bu süre çok kısa olduğundan gerilim düşümü bir gerilim çöküntüsü görünümü kazanır.



Şekil 4.3 Gerilim çöküntüleri için basit bir dağıtım hattı şeması

Örnek: Şekil 4.3'te, U tüketicisi, S ise bir trifaze SU hattının besleme kaynağını oluşturan S transformatörünü göstermektedir. Bu hat üzerinde a ve b noktalarında D ve D' branşmanları mevcuttur. SU hattının herhangi bir A noktasında her üç iletkeni de etkileyen bir kısa devre arızası meydana geldiğinde A' 'deki gerilim sıfırdır. A noktası dağıtım hattı üzerinde veya müşterinin şebekesinde bulunabilir.

Hattın A'nın ilerisinde bulunan AU kısmının gerilim de aynı şekilde sıfırdır. Buna karşılık S kaynağına doğru gidilirse, gerilim A^1 'den S^1 'ye doğru giderek artar ve S^1 'nin gerisinde normale döner.

Bir çok durumda hat, üzerinde başka abonelerinde bulunduğu (D, D¹, ...) derivasyonları da besler. Arıza var olduğu sürece derivasyonların gerilimleri de bağlantı noktalarının gerilimleri ile aynıdır.

Arızaya en yakın noktadaki kesicinin açılması ile gerilim çöküntüsü de son bulur. Bu örnekte P noktasında bir kesicinin bulunduğunu varsayarsak arızanın çeşitli kullanıcılara yansımaları aşağıdaki gibi olur.

- i. P noktasının ilerisinde gerilim kesilmesi,
- ii. P noktasının gerisinde ise geçici bir gerilim düşümü.

4.5.2 Gerilim Çöküntü Karakteristikleri

Gerilim çöküntüleri tamamen önlenemez, yalnızca azaltılabildiklerinden kalanların karakteristiklerinin de açıklanması gereklidir.

Büyük çoğunlukla gerilim çöküntülerinin nedeni bir fazla toprak arasındaki arızalardır. Global sayıları bakımından bu arızaların oranı hem iletim hem de dağıtım şebekelerinde %80'dir.

Şebekenin belirli bir noktasında bir arıza meydana geldiğinde gerilim çöküntüsü bütün müşterilerinde farklı derinliklerde etki eder. Gerilim çöküntüsünü, müşterinin bağlantı noktası ve müşterinin bağlı bulunduğu şebekeyi besleyen transformatörün konumu tayin eder. Bu nedenle, toplam gerilim çöküntüsü sayısının yalnızca küçük bir kısmının müşteri tesislerine yansımaları beklenir.

YG şebekesinden ileri gelen gerilim çöküntüleri aşağıdaki gibi bir dağılım gösterir:

- i. 60'ı, 0.3 saniyenin altında bir süreye sahiptir.
- ii. 25'i, 0.1 saniyenin altında bir süreye sahiptir.

Yalnızca kalan %15'i bazen 3 saniyeye kadar sürebilir. Bu nedenle de müşterilerde önemli sorunlara yol açılabilir. Dağıtım şebekelerindeki gerilim çöküntülerinin süreleri genellikle 1 saniyenin altındadır (Martzloff ve Thomas, 1988).



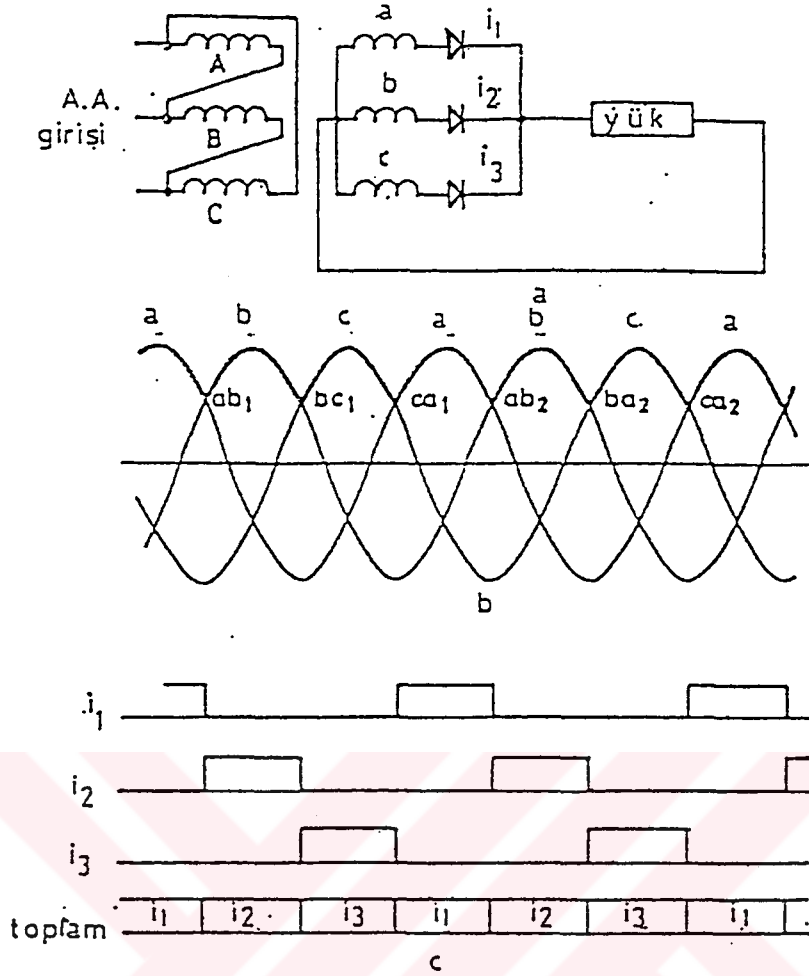
5. HARMONİK KAYNAKLARI

Müşteriler elektrik enerjisinin iyi kalitede olmasını isterler. Bu nedenle, müşterilerin cihazlarının yada enerji sistemindeki cihazların normal çalışması sırasında harmonikler üreten ve beslenme geriliminde çeşitli düzensizliklere neden olan yükler özel bir önem taşımaktadır. Yük akımındaki hızlı değişimler, müşterilerin enerji sistemine bağlandığı noktada gerilim değişimlerine neden olur. Bu tip yüklerle örnek olarak, çelik elde etmede kullanılan ark fırınları, kaynak cihazları, indüksiyon fırınları, haddehaneler, kömür ocağı çıkırıları, demiryolu cerleri verilebilir. Çoğunlukla büyük endüstriyel yükler önemli olmasına karşın, aynı zamanda donatım aygıtları ve tek tek ele alındığı zaman problemlere neden olmayan, fakat toplu olarak ele alındığında bağlı oldukları şebekenin beslenme kalitesini etkileyebilen ticari binalar ve evlerde kullanılan cihazların da dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi gereklidir (Lakervi ve Holmes, 1989).

5.1 Çeviriciler

Doğrultucular alternatif gerilimi doğru gerilime, eviriciler ise doğru gerilimi alternatif gerilime çeviren cihazlardır. Yüksek akım kapasiteli doğrultucuların ve eviricilerin kullanımı, endüstride ve demiryolu cerlerinde birçok uygulamaları olan hız denetimli ve doğru akım motor sürücülerinin gelişimine önemli ölçüde katkıda bulunmuştur. Bununla birlikte, bu cihazlar diğer müşterileri etkileyen harmoniklerin kaynağı olabilmektedir.

İdeal bir diyot, besleme gerilimi ve yük empedansı ile belirlenen akımın yalnızca bir yönde geçişine izin verir. Giriş geriliminin yön değiştirmesiyle diyot sonsuz empedans gibi davranır ve ters yönde hiçbir akım geçmez. Üç fazlı alternatif akım besleme kaynağının her bir fazına birer diyot bağlanmasıyla oluşan Şekil 5.1 doğrultucu devresini göz önüne alalım. Şekil 5.1.b'de görüleceği gibi herhangi bir anda bir veya iki diyot iletimdedir. Pozitif gerilimi daha yüksek olan diyot iletimi üstlenecektir.

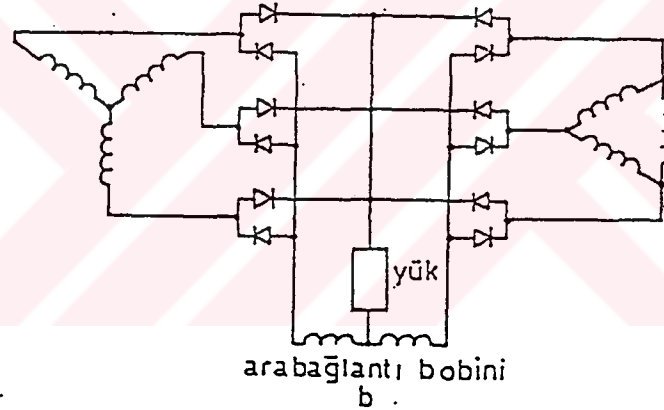
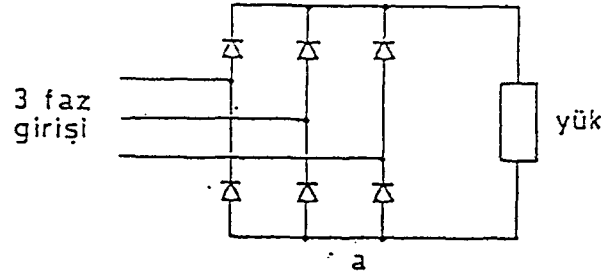


Şekil 5.1 Üç fazlı doğrultucu

- Şematik bağlantı
- Giriş gerilim/akım dalga şekilleri
- İdeal çıkış akım dalga şekilleri

Şekil 5.1b'den de görüleceği gibi bir fazın gerilimi düşerken diğer fazın gerilimi yükselir ve ab_1 , bc_1 ve ca_1 noktalarında her iki fazın gerilimi birbirine eşit olur. Dolayısıyla iletim gerilimi düşen fazdan gerilimi yükselen faza geçecektir. Bu aktarım işlemine doğal komutasyon denir. Şekil 5.1c'de görüldüğü gibi her bir fazın dikdörtgen şeklindeki akımlarla yüklendiği ve yükün saf endüktif olarak kabul edildiği bu ideal durumda sürekli doğru gerilim elde edilecektir. Bu gerilimler artık sinüs dalgası olmayacakları için harmonikler meydana gelecektir. Besleme şebekesi boyunca hareket eden temel harmonik akımı nedeniyle sistem seri empedanslarında bir gerilim düşümü ve bunun sonucunda bir harmonik gerilimi üretilenektir. Her bir harmonik gerilim düşümlerinin toplamı toplam harmonik distorsiyonunu vermektedir. Harmonik akımları, aynı zamanda kayıpların artmasına ve şebekenin yüklenme

kapasitesinin azalmasına neden olur. Buna ilave olarak, harmonik akımlarından dolayı sayaç ve sistem korunmasında hatalar meydana gelir. Eğer bir harmonik frekansı şebekenin rezonans frekansı ile çakışırsa aşırı gerilimle sonuçlanan ciddi problemler ortaya çıkabilmektedir. Ayrıca, harmonikler transformatör ve motorlarda vibrasyonun artmasına neden olabilmektedir.



Şekil 5.2 6 ve 12 darbeleri doğrultucu

- a. 6 darbeleri
- b. 12 darbeleri

Şekil 5.1.a'da gösterilen devre en basit üç fazlı doğrultucu devresidir ve bir periyot süresince çıkışta üç darbe akımı (i_1 , i_2 , i_3) elde edildiği için üç darbeleri doğrultucu olarak bilinir. Bu devreyi geliştirerek tam dalga doğrultucusu elde etmek için, şekil 5.2.a'da gösterildiği gibi her faza iki adet diyot eklenmesi yeterlidir. Bu durumda bir periyot süresince çıkışta altı adet doğru akım elde edilir. Bu nedenle bu devreye, altı darbeleri doğrultucu denmektedir.

Harmonikleri bastırmak açısından, giriş kısmı üç fazlı alternatif gerilimden beslenen doğrultucuların en iyisi 6 darbeleri köprü doğrultucudur. Faz sayısı artırılarak daha fazla iyileştirme istendiği zaman özel bir transformatörün kullanılması gereklidir. Örneğin, bir sargısı yıldız, diğer sargısı üçgen bağlı çift sekonder sargılı bir transformatörden aralarında 60 derece faz farkı olan altı faz elde edilir. Şekil 5.2.b'de gösterildiği gibi her sekonder sargıya bir çift doğrultucu bağlanmasıyla alternatif giriş geriliminin her periyodun da doğru gerilim çıkışında 12 darbe elde edilecektir. Benzer şekilde, 24 darbeleri ve daha yüksek darbeleri doğrultucular gerçekleştirilebilir.

İdeal bir doğrultucunun ürettiği harmonikler mertebeleri,

$$N = kp \pm 1 \quad (5.1)$$

ile hesaplanır. Burada;

p: darbe sayısı,

k: 1'den sonsuza kadar herhangi bir tamsayı,

N: harmonik sayısı

dır.

Böylece, basit üç darbeleri doğrultucu üç ve üçün katları hariç tüm harmonikleri üretir. 6 darbeleri bir doğrultucu, 5., 7., 11., 13., 17., 19., 23., 25., vs. harmonikleri üretir. 12 darbeleri doğrultucu ise 11., 13., 23., 25., 35., 37., vs. harmonikleri üretir. Genellikle, endüstriyel tesislerde 6 darbeleri doğrultucular kullanılır. Yaklaşık 1 MVA'nın üzerindeki yüklerde 12 darbeleri doğrultucuların kullanılması tercih edilir (Lakervi ve Holmes, 1989).

Devre girişindeki dalga şekline ait harmonik akımların genliklerini elde etmek üzere Fourier analizi yapılır. Bu analizi yapabilmek için akım darbelerinin dikdörtgen şeklinde olduğu kabul edilir. Gerçekte ise, kaçak empedanslar nedeniyle akım dalga şekillerinde ihmal edilecek kadar küçük distorsiyonlar meydana gelmektedir. Bu durumda;

$$I_N / I_F = 1/N \quad (5.2)$$

yazılabilir. Burada;

I_N : N. frekansdaki harmonik akımı

I_F : temel frekansdaki akım

dır.

Görülebileceği gibi, darbe sayısı artarken harmonik akımlarının genliği daha da küçüldüğü için, herhangi bir harmonik akımın genliği harmonik sayısı ile ters orantılıdır. Pratikte ölçülen harmonik akımları yukarıda hesaplanan değerden daha küçüktür ve yukarıda verilen ifadede k gibi bir katsayı ile çarpılması sonucu aşağıdaki denklemdeki gibi;

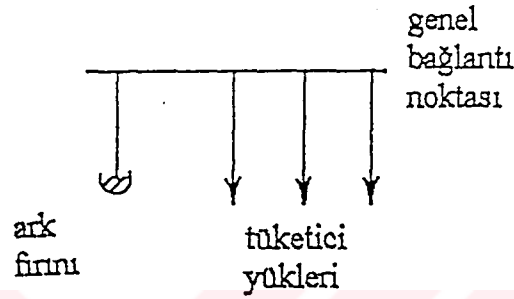
$$I_N = (I_F/N) \cdot k_N \quad (5.3)$$

elde edilir. Bu denklemde k_N katsayısı 1'den küçüktür ve çeviricinin kumandasına bağlı olarak farklı değerler alır. Gerilim dalga şeklinin harmonik distorsiyonunun azaltılması hem teknik hem de ekonomik açıdan önemlidir. Daha öncede açıklandığı gibi, bazı harmonik doğrultucunun darbe sayısının artırılmasıyla yokedilebilmektedir. Bununla birlikte, doğrultucular, (5.1) denklemde belirtilen harmoniklerden başka, fazlar arasında dengesizliğe neden olan tristör gecikme açılarındaki sapmalar nedeniyle ilave harmonikler üretmektedir (Lakervi ve Holmes, 1989).

5.2 Ark Fırınları

Elektrikli ark fırınlarının çalışması sırasında görülen en belirgin özelliği ham metal yük ile elektrotlar arasında sık sık tekrarlanan kısadevrelere meydana gelmesidir. Çoğu kez erimiş hurda metal bir elektrottan ayrıldığı zaman, ark sönecektir ve akım geçmeyecektir. Ergime işlemi süresince, iki veya üç fazlı kısa devreler ya da bir fazın açık devre olması gibi durumların sonucunda akımda rastgele değişimler meydana gelecektir. Kısa devre ile açık devre arasında sürekli bir şekilde devam eden bu salınımlar, fırının plakasında yazılı anma değerinden birkaç kat daha büyük şiddetli akım dalgalanmaları üretebilmektedir. Bu ise, genel bağlantı noktasında büyük gerilim değişimlerine neden olacaktır. Fırından kaynaklanan dalgalı yük akımı, şekil 5.3'de gösterildiği gibi genel bağlantı noktasından (point of common coupling-PCC) beslenen diğer müşterilerde dalgalanmalara yol açacaktır.

Ark fırınlarının ürettikleri harmonik akımlarının mertebelerinin ve etkin değerlerinin matematiksel olarak hesaplanmaları imkansızdır. Arkın meydana gelişi o andaki bir çok iç ve dış fiziksel etkiye bağlıdır. Ark fırındaki harmonikler konusunda bilgi edinebilmek için çekilen akım osilogramla kaydedilir ve analizör yardımıyla harmonikler tespit edilir (Bayram, 1984).



Şekil 5.3 Genel bağlantı noktası

5.3 Motorlar

Motorların besleme şebekesine bağlanmasının sonucunda üç temel problem meydana gelir. Birincisi, motorun kalkış durumunda anma hızına ulaşip ulaşmayacağıdır. İkincisi, motorun durma konumundan kalkışa geçtiği sırada meydana gelen gerilim darbesinin diğer tüketicilerde yol açtığı etkilerdir. Üçüncüsü ise, şebekedeki bir arıza nedeni ile besleme geriliminin aniden düşmesinden dolayı motorların şebekeye enerji vermesi durumudur.

5.3.1 Kalkış Akımları

Şebeke kısa devre hata akımının yaklaşık %0.25'inden daha büyük güç çeken herhangi bir yükün anahtarlanması, şebekeye bağlı diğer yüklerde bozucu etkilere neden olabilir. Karışma derecesi yalnızca akımın genliğine bağlı değildir; aynı zamanda referans sistem gerilimine göre faz açısına ve akım değişiminin hızlı veya yavaş olup olmasına ve hangi sıklıkta meydana geldiğine bağlıdır. Ayrıca, sık sık meydana gelen değişimler diğer tüketicilerde daha fazla olumsuz etkilere yol açabilmektedir.

Motorun durma konumundan direk olarak kalkışa geçtiği durumda, motor kalkış akımı tam yükteki motor akımından birkaç kat daha yüksektir. Bu durumda, güç faktörü anma değerine göre düşük ve genellikle değeri 0.3'ün altındadır. Kalkış akımı yalnızca motorun iç empedansı ve sistem empedansı ile sınırlanır. Motor anma hızına çıkarken, ürettiği zıt EMK nedeniyle akım düşecek ve güç faktörü artacaktır. Kafesli bir asenkron motora direk yol verildiğinde kalkış akımı tam yükteki değerinin 5-8 katına ulaşır. Özel çift kafesli asenkron motor kullanıldığında bile kalkış akımı tam yükteki değerinin 3.5 - 5 katı olmaktadır. Kalkış akımını sınırlandırmak için kullanılan yıldız/üçgen bağlantısı ile kalkış anma değerinin 2.5-3.5 katına kadar düşürülebilir. Ototransformatör kullanıldığında kalkış akımı anma değerinin 1.5 - 3.5 katı olmaktadır. Tristör kontrollü yumuşak kalkış gittikçe daha çok tercih edilmektedir. Bu devrelerle kalkış akımının otomatik olarak sabit kalması sağlanmaktadır. Daha pahalı olan rotoru sargılı motorlarda kullanılan kalkış direnciyle kalkış akımı tam yükteki değerinin 1.5 - 2.5 katına kadar düşer (Lakervi ve Holmes, 1989).

5.3.2 Gerilim Değişimleri

Motorun kalkışta neden olduğu gerilim değişim yüzdesi

$$\%V = (\sqrt{3} \cdot I) \cdot (R \cos \phi + X \sin \phi) \cdot 100 \quad (5.4)$$

ile hesaplanır. Burada;

I: motor kalkış akımı

R ve X: sistem empedansının rezistif ve endüktif bileşenleri

V: sistemin fazlar arası gerilimi

dir.

Tek fazlı motorlarda gerilim değişiminin hesaplanmasında R ve X'in uygun değerlerinin seçilmesine dikkat edilmelidir. Yapılan incelemeler sık kalkış yapan motorların neden olduğu ani gerilim değişimlerinin, aynı genel bağlantı noktasından beslenen diğer müşteri cihazlarını

etkilememesi için gerilim değişiminin anma gerilim değerinin %1'inden daha küçük olması gerektiğini göstermiştir (Lakervi ve Holmes, 1989).



6. GÜÇ KALİTESİ PROBLEMLERİNİN NEDEN OLDUĞU SORUNLAR

Enerji sistemi ve tüketici cihazlarında güç kalitesi ile ilgili problemler geniş kapsamlıdır. Bu problemler birçok devre tarafından üretilir ve hem tüketiciyi hemde enerji sistemini etkiler.

Güç kalitesi problemleri topraklama, radyo parazitleri, geçici olaylar, kesintiler, harmonikler gibi konulardan oluşur. En sık görülen güç bozucu etkileri arasında bilgisayarlarda donanım hasarı, sistem çöküntüleri ve yöntem hataları gibi problemler sayılabilir (Domijan ve Santander, 1992).

Bu bölümde, güç kalitesi sorunları ve bu sorunların tüketici yüklerindeki etkileri incelenecektir.

6.1 Güç Kalitesi Etkenleri

Güç kalitesi problemlerine pek çok faktör etki eder. Bu faktörler aşağıda kısaca ele alınmıştır.

6.1.1 Gerilime Bağlı Etkenler

Güç yarı iletken devrelerin gelişmesi ile alt periyot geçici gerilim olaylarına olan duyarlılık önemli bir sorun olmuştur. Aynı zamanda harmonik üreten nolineer yükler hızla çoğalmaktadır. Düşük gerilimde ve yüksek frekans seviyesinde çalışan veri işleyen mikroişlemci esaslı devrelerin ortaya çıkmasıyla, bu cihazların alt periyot gerilim geçici olaylarına olan duyarlılığı daha da artmıştır. Aynı zamanda kısa süreli kesintiler bellekli kontrol sistemlerine çok ciddi zararlar verir. Gerilim sapmaları geçici ve sürekli olmak üzere iki sınıfa ayrılabilir. Gerilim flikeri ise geçici ve sürekli sapmanın bileşiminden oluşmaktadır.

6.1.2 Akıma Bağlı Etkenler

Sırasıyla akıma bağlı etkenler aşağıda verilmiştir:

- i. Yüksek harmonik bileşenli akımlar temel akıma göre amper başına daha fazla kayıp üretir.
- ii. Güç sistemi endüktansı ile güç faktörü düzeltici kondansatör veya kablo kapasitesi arasında meydana gelen rezonans, nolineer yükler tarafından üretilen akımı kuvvetlendirir.
- iii. Dört telli sistemlerdeki üç fazlı harmonikler, nötr iletkeninde aritmetiksel olarak birbirleriyle toplanma eğilimi göstermektedir. Bu ise aşırı akım devresi bulunmayan nötr iletkenini yangın tehlikesiyle karşı karşıya getirmektedir.
- iv. Özellikle elektrik motorları gibi cihazlar yüzünden meydana gelen temel frekanstaki aşırı akımlar, işletme geriliminin anma geriliminden daha küçük olmasına neden olmaktadır (Domijan ve Santander, 1992).

6.1.3 Topraklama Etkenleri

750 V'dan daha düşük işletme gerilimlerinde, bir kimsenin erişebileceği yerdeki iki metal cisim arasındaki öldürücü gerilimlerden insanları korumak ve düşük empedanslı bir hata akımı devresi elde etmek amacıyla topraklama sistemleri kullanılmaktadır. Bu düşük empedanslı devre, bir toprak hatasında aşırı akım korumasının daha hızlı çalışmasını sağlayacaktır. Bazı cihaz tasarımcıları, veri iletimi için güvenlik topraklamasından ayrı olarak değişik sinyaller yerine güvenlik topraklamasına ilişkin tek uçlu sinyaller kullanmayı tercih etmektedirler. Şasi yerine güvenlik topraklama sisteminin kullanılması daha etkili bir yöntemdir (Domijan ve Santander, 1992).

6.2 Harmonikler

Harmoniklerin neden olduğu güç kalitesi problemleri aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

- i. Dielektrik arızası veya reaktif gücün aşırı yüklenmesinden dolayı meydana gelen kondansatörlerde oluşan arızalar,
- ii. Uzaktan kumanda, yük kontrolü ve ölçme yapan sistemlerin enerji taşıma hattı sistemlerine ait dalga kontrolü (ripple control) ile karışması,

- iii. Asenkron ve senkron makinelerin ısınmasına neden olan aşırı kayıplar,
- iv. Şebeke üzerindeki rezonans sonucunda meydana gelen harmonik gerilim ve akımlardan dolayı sistem üzerindeki aşırı gerilim ve akımlar,
- v. Harmonik aşırı gerilimlerin sonucunda yalıtkan kablolarda meydana gelen dielektrik arızaları,
- vi. Haberleşme sistemleriyle endüktif karışma,
- vii. Ölçüm okumadaki hatalar,
- viii. Özellikle katı hal ve mikroişlemci kontrollü sistemlerde sinyal karışması ve hatalı röle çalışması,
- ix. Büyük motor kontrolörleri ve santral uyarma sistemlerinin karışması,
- x. Asenkron ve senkron makinelerde meydana gelen mekanik salınımlar,
- xi. Ateşleme anları gerilimin sifira göre ayarlanmış devrelerde kararsız çalışma,
- xii. Transformator çekirdeğine bağlı olan frekanslardan dolayı transformatorlerin aşırı ısınması,
- xiii. Harmoniklerin tepe gerilimini etkilemesi sonucu TV resim boyutu ve parlaklığındaki değişimler,
- xiv. Bilgisayar ve bilgisayar otomasyonlu üretimdeki etkiler.

6.2.1 Kondansatör Grupları

Elektrik tesislerinde, reaktif güç kompanzasyonu amacıyla tüketicilerin bulunduğu baraya paralel kondansatörler bağlanır. Eğer bu baraya transformator, ark fırınları gibi harmonik üreten tesislerde bağlı ise kondansatörler harmonik gerilimlerden beslenir. Kondansatörlerin aşırı akım çekmesinin nedeni budur. Gerilimdeki harmoniklerden dolayı kondansatörün gücü artar. Harmoniklerin neden olduğu gerilimlerden dolayı akımın %10 artması, bir kondansatör grubunun çalışma sıcaklığını yaklaşık %7 artırır. Bunun sonucu da kondansatör grubunun ömrü %30'a kadar düşer. Filtrelerin yerleştirilmesi bu tür problemleri önleyebilir. Şebeke işletmesinde sadece temel harmoniğe ait güç önem taşır. Buna karşılık kondansatörün dielektrik kayıpları, yani termik zorlanma bakımından toplam kondansatör gücü dikkate alınır. Toplam gücü tam olarak bulabilmek için gerilim ve akımın temel ve harmonik değerleri ayrı ayrı hesaplandıktan sonra ayrı ayrı temel ve harmonik güçleri hesaplanır. TS 804'e göre kondansatörlerin sürekli olarak anma güçlerinin %135'i ile yüklenmesine izin verilir.

Sinüsoidal bir V faz gerilim ile beslenen bir kondansatörün çektiği akım;

$$I = \omega \cdot C \cdot V \quad (6.1)$$

ve faz başına gücü;

$$Q = \omega \cdot C \cdot V^2 \quad (6.2)$$

dir. Eğer gerilim sinüsoidal değilse, n. harmoniğin V_n gerilimi altında kondansatör akımı;

$$I_n = n \cdot \omega_1 \cdot C \cdot V_n \quad (6.3)$$

ve gücü;

$$Q_n = n \cdot \omega_1 \cdot C \cdot V_n^2 \quad (6.4)$$

olacaktır. Burada, ω_1 temel harmoniğin açısal frekansıdır.

n. harmonik için kondansatör gücü

$$Q_n = I_n \cdot V_n = n \cdot \omega \cdot C \cdot V_n^2 = Q_n = I_n^2 / (n \cdot \omega \cdot C) \quad (6.5)$$

bağıntısı ile hesaplanır. Kondansatörün Q_c gücü akım ve gerilimin etkin değerlerinin çarpımıyla hesaplanamaz. Kondansatör gücü;

$$Q_c = \sum Q_n = \omega_1 \cdot C \cdot \sum n \cdot V_n^2 \quad (6.6)$$

bağıntısı ile hesaplanır.

Sinüsoidal olmayan bir gerilimin veya akımın etkin değeri, harmonik bileşenlerinin karesel ortalamasına eşittir. Buna göre gerilimin etkin değeri;

$$V = [\sum V_n^2]^{1/2} \quad (6.7)$$

olacaktır. (6.7) denkleminde;

$$V_1^2 = V_c^2 - \sum V_n^2 \quad (6.8)$$

yazılabilir. (6.6) denklemini, (6.8)'de yerine yazılırsa;

$$Q_c = w_1 \cdot C \cdot V_c^2 \cdot [1 + \sum (n-1) V_n^2 / V_c^2] \quad (6.9)$$

elde edilir.

V_c ile aynı etkin değerde olan w_1 açısal frekanslı gerilim altında kondansatörün gücü, bu gücün değerinden;

$$Q_c / Q_{\infty} = 1 + \sum (n-1) \cdot V_n^2 / V_c^2 \quad (6.10)$$

oranı kadar büyüktür.

Harmonikli gerilim altında kondansatörün çektiği gerçek güç, akımın ve gerilimin ölçülen etkin değerlerinin çarpımı ile bulunan güçten daha küçüktür.

Temel harmonikten başka, sadece bir tane n gibi bir harmonik varsa, toplam kondansatör gücü;

$$Q_c = n / (n+1) w_1 \cdot C \cdot V_c^2 + [1 / (n+1) \cdot (I_c^2 / (w_1 \cdot C))] \quad (6.11)$$

ile hesaplanabilir.

Burada I_c^2 ;

$$I_c^2 = w_1^2 \cdot C^2 \cdot V_c^2 \cdot [1 + \sum (n^2-1) V_n^2 / V_c^2] \quad (6.12)$$

dir.

Harmonikler nedeniyle kondansatörlerde;

$$C = \sum C (\tan\delta) \omega_n \cdot V_n^2 a \quad (6.13)$$

ile ifade edilen ilave güç kayıpları meydana gelecektir. Burada; $\tan\delta = R / (1/\omega \cdot C)$ kayıp faktörü, $\omega_n = 2\pi fn$ ve V_n n. Harmoniğin efektif gerilimidir (Arrilaga vd., 1985).

6.2.2 Senkron ve Asenkron Makinelerde Harmoniklerin Etkisi

Harmonik gerilimleri veya akımları, stator sargıları, rotor devreleri, stator saçları ve rotor saçlarında ilave kayıplara yol açar. Girdap akımları ve deri etkisi nedeniyle, stator ve rotor iletkenlerindeki kayıplar, doğru akım dirençlerinden kaynaklanan kayıplardan daha fazladır. Stator ve rotor uç-sargılarındaki harmonik akımların oluşturduğu kaçak alanlar ilave kayıplar üretir.

Eğik rotorlu asenkron motorlarda, hem stator ve rotor ve hem de yüksek frekansdaki akı değişimleri büyük demir kayıpları üretebilmektedir. Bu kayıpların genliği eğrilik derecesine ve saçların demir kayıp eğrisine bağlıdır. Senkron makinelerin rotorundaki harmonik ısı kayıpları dikkate alındığı zaman, çift stator harmoniklerine ait frekansların rotor frekansı ile aynı olduğu görülür. Örneğin 5. ve 7. Harmonikler $6f_1$ frekansında endüklenen akım verir. Bu akımların görünümü, rotor çevresinde ters yönde $6\omega_1$ hızında dönen söndürüm çubuk akımlarının sinüsoidal uzay dağılım eğrisiyle aynıdır. Böylece lineer bir sistem için, rotor çevresindeki ortalama rotor yüzey akımı yoğunluğu (I_5^2 / I_7^2) ile orantılı olacaktır. Bununla birlikte, bu akımlar ters yönde döndükleri için, rotor çevresindeki bazı noktalarda kısmi yüzey kaybı yoğunluğu (I_5^2 / I_7^2) ile orantılı olacaktır (Arrilaga vd., 1985).

6.2.3 Rezonans

Enerji tesislerinde hatlar, transformatörler ve motorlar gibi işletme cihazlarının çektikleri reaktif güç kompanze etmek için veya başka amaçlarla kondansatörler kullanılır. Şebekelerdeki cihazlar tek başına ele alınabildiği halde kondansatörler hiçbir zaman yalnız olarak incelenmez. Bu cihazlar incelenirken şebekeye bağlı diğer endüktif cihazlarında

dikkate alınması gereklidir. Çünkü, kondansatörler endüktif cihazlarla birlikte rezonans olaylarına neden olabilirler.

6.2.4 Bilgisayarlar

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

Enerji sistemleri, kaliteli bir elektrik enerjisi sağlamak üzere dizayn edilir. Bununla birlikte, bilgisayarların tam olarak problemsiz bir şekilde çalışması elektrik kurumu açısından mümkün değildir. Bilgisayar arızalarına yol açan problemlerin yapısı, şiddeti ve etki oranı bölgeden bölgeye farklılık gösterir.

Bununla birlikte, zayıf kaliteli güç bilgisayar arızalarının birçok nedenlerinden yalnızca bir tanesidir. Donanım problemleri, yazılım problemleri ve operatör hataları da aynı zamanda bilgisayar arızalarının nedenleri arasında sayılabilir (Martzloff ve Thomas, 1988).

6.3 Fliker

Bir güç kalitesi sorunu olan fliker, diğer güç kalitesi sorunlarından frekans, genlik gibi özellikleri ile ayrılabilir. Ancak flikeri ilginç kılan insan ile ilişkisidir.

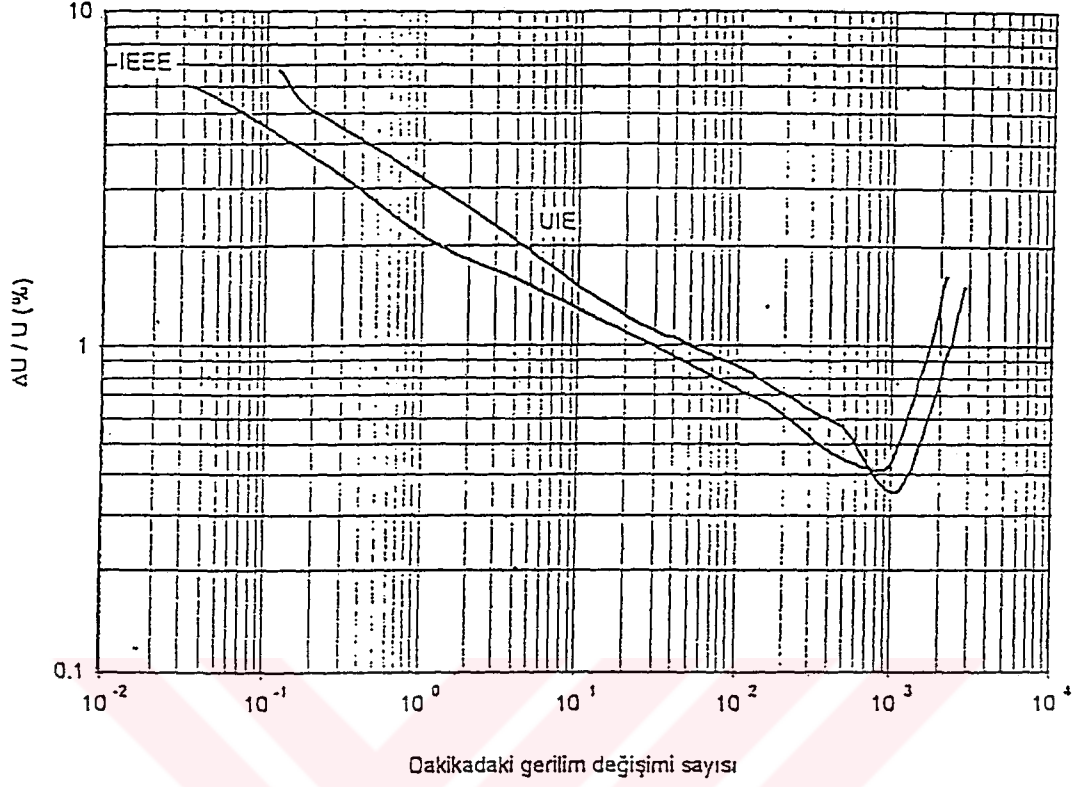
Genel olarak güç kalitesi sorunları enerji sistemine bağlı cihazlar ile ilgilidir. Yüksek miktarda güç kalitesi bozulması cihazın istenildiği gibi çalışmasını engeller. Örneğin bir güç sisteminde ani gerilim yükselmesi durumunda o anda sistemden enerji çeken cihaz zarar görür. Gerilimin yükselme miktarına göre cihazın osilasyonu zayıflayabilir veya tamamen bozulabilir. Ancak fliker için bu durum farklıdır. Bir enerji sisteminde flikerin var olması durumunda o enerji sistemine bağlı aydınlatma aygıtlarının kullanıldığı ortamlarda bulunan insanlar da etkilenir. Bu etkilenme flikerin dozuna göre yalnız hissetme düzeyinde olabileceği gibi rahatsız olma düzeyine de çıkabilir.

Flikerin insan üzerindeki etkisi birçok parametreye bağlıdır. Bu parametrelere göre rahatsızlık miktarı artabilir veya azabilir. Flikerin insan üzerindeki etkisi flikerden etkilenen insanlara, bu insanların buldukları ortama veya yaptıkları işlere göre değişir. Örneğin, sürekli gözle kontrole dayanan bir işi yapan insanın flikerden etkilenme miktarı beden gücüne dayanan bir işi yapan insanın etkilenme miktarından fazladır.

Flikerin insan üzerinde yaptığı etkinin sonuçları da değişkendir. Evlerde veya ofislerde fliker etkisi sonucu performans düşüklüğü oluşurken tehlikeli işlerin yapıldığı sanayi kuruluşlarında önemli kazaların oluşmasına neden olacak dikkat dağılımları gözlenebilir.

Flikeri ilginç kılan sadece güç kalitesi sorunları içerisindeki farklı yeri veya insan faktörü ile doğrudan ilişkisi sonucu etkisinin değişkenliği değildir. Bunlarla birlikte fliker değerlendirme yöntemleri de diğer güç kalitesi sorunlarından farklıdır. Örneğin, ani gerilim yükselmesi yükselme zamanı, tepe değeri ve yarı değer süresi ile karakterize edilir. Bu karakteristik değerlere göre ani gerilim yükselmesinin kabul edilebilir sınırlar içinde olup olmayacağı değerlendirilir ve bu değerlendirme sonucuna göre gerekli önlemler alınır. Ancak fliker için genel kabul görmüş bir yöntem yoktur. Farklı ülkelerde farklı yöntemler kullanılır.

Genellikle fliker için temel değerlendirme değişkeni olarak kısa dönem fliker şiddet faktörü, P_{st} kullanılır. Ancak P_{st} değerinin nasıl elde edileceği konusunda farklı yöntemler geliştirilmiştir. Kısa dönem fliker şiddet faktörünün elde edilmesinde kullanılan temel yöntem $P_{st} = 1$ eğrisidir. Ancak bu eğride farklı kurumlar tarafından farklı verilmiştir. Aşağıdaki eğride IEEE ve UTE $P_{st} = 1$ eğrileri gösterilmiştir.



şekil 6.1 IEEE ve UIE $P_{st} = 1$ eğrileri

Bu eğrilerden görüleceği gibi yaklaşım benzer olmakla birlikte farklılıklar vardır.

Kısa dönem şiddet faktörünün bilinmesi bütün sorunları zmez. Hangi P_{st} değerlerinin kabul edilebilir olup olmadığı da bilinmelidir. Bu da fliker sınır değerlerinin belirlenmesi gerekliliğini doğurur.

7. BOZUCU ETKİ MONİTÖRLERİ

Bir enerji hattının düzeltilmesi gerektiğinde her şeyden önce, bu hattaki bozucu etkilerin tespit edilmesi gerekir. Enerji hattındaki bozucu etkilerin tespit edilmesi için bazı sınırlandırmalar yapılır. Örneğin, şiddetli bozucu etkiler. Seyrek olarak ya da belirli mevsim dönemlerinde ortaya çıkar. Bu nedenle herhangi bir bölgede güç bozucu etkisinin tam bir profilini elde etmek için söz konusu bölgenin en az bir yıl izlenmesi gerekir.

Bu bölümde, bozucu etkiyi tespit eden cihazlar ve özellikleri ele alınacaktır.

7.1 Bozucu Etki Monitörlerinin Gelişmesi

Tarihsel olarak ilk monitörler doğal olarak mevcut güncel yüklerdi. Ancak daha sonra nedeni bilinmeyen arızalar ve yanlış çalışmalarla karşılaşıldığı için kullanıcılar, güç kalitesini izlemeye başladılar. Temel frekansta güç kalitesinin izlenmesi elektrik kurumu tarafından uzun zamandır gerçekleştirilmekteydi. Fakat, 1960'ların başlarında mikro saniye süreli büyük dalgaların tam olarak karakterize edilmesi için özel osiloskoplara ihtiyaç duyuldu. Gelecek 15 yıl süresince aşırı gerilimi tespit etmek için, birleştirilmiş osiloskoplar ya da basit değeri kaydeden osiloskoplar kullanıldı. 1970'lerde ticari amaçla üretilen sayısallaştırıcılar ortaya çıktı ve teknolojinin ilerlemesiyle birlikte hızlı sayısallaştırıcı devreler geliştirildi.

İlk saha çalışmaları genel olarak normal moddaki gerilim ölçmeleri ile sınırlanmıştı. Bu sınırlandırmanın nedeni ise hatta bağlı hassas elektronik cihazlarda meydana gelebileceği düşünülen zararlardı. Kullanımı gittikçe yaygınlaşan zener diyotlar ya da metal oksit varistörler gibi kaskı koruma devrelerinde sapmaya uğrayan büyük dalgalar nedeniyle, uygun devre seçimi çok önemli bir konu haline gelmiştir.

Çok kanallı sayısallaştırıcı cihazların gelişmesi ile birlikte yakın bir gelecekte normal moddaki gerilim ve akımın genel moddaki kadar iyi bir şekilde izlenmesi mümkün olacaktır.

Yeni izleme cihazları, genel mod bozucu etkilerinin bir türünü oluşturan nötr ve toprak iletkenleri arasındaki potansiyel farkları kaydetme olanağı sağlamaktır (Martzloff ve Thomas, 1988).

7.2 Monitörlerin Türleri

Bozucu etki parametrelerinin elde edilmesinde ilk olarak kullanılan cihazlar voltmetrelerdi. Bu cihazlar, gerilimin tepe değerini veya önceden belirlenmiş bir eşik geriliminin üzerindeki gerilim değeri gibi bir tek parametreyi kaydetmekteydi. Bozucu etkilerin değerlendirilebilmesi için gerilimin yanına zamanın da kaydedilmesi gerekir. Genel incelemelerde kullanılan cihazlar kaydetme işlevine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

Eşik sayıcıları: Bu cihaz önceden belirlenen bir eşik değerinin aşıldığı anlarda bir sayıcının tetiklenmesi prensibine göre çalışmaktadır. Bu cihazların ilk tipleri analogdu. Fakat günümüzde çoğu dijitaldir.

Sayısal tepe kaydedicileri: Meydana gelen büyük dalganın daha sonra printerden çıktısını alabilmek veya tekrar izleyebilmek için söz konusu dalga-tampon bellekte sayısal değerlere dönüştürülür. İlk kaydediciler yalnızca gerilim tepe değerini kaydetmekteydi. Daha sonra gelişmiş dalga kaydedicilerinin ortaya çıkmasıyla büyük dalganın süresi de kaydedildi.

Kameralı osiloskop: Bu tür bir osiloskopta otomatik film sarmalı ve objektif kapağı olmayan bir fotoğraf makinesi bulunur. Büyük dalga meydana geldiği anda osiloskobun CRT (katod ışıklı tüp) ünitesi tetiklenir ve bu suretle dalganın fotoğrafı çekilerek kaydedilir.

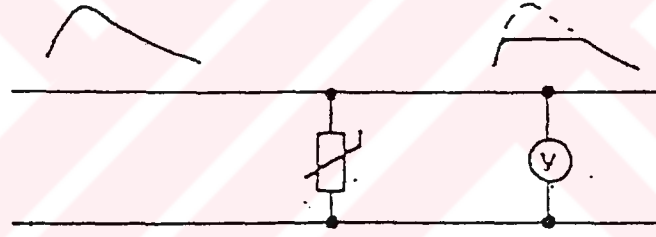
Ekran saklama osiloskobu: Büyük dalga katod ışıklı tüpte izlenir ve aynı zamanda kaydedilir.

Sayısal saklama osiloskobu: Büyük dalga sayısallaştırılır ve önceden belirlenen eşik değeri aşıldığı anların daha sonra tekrar izlenmesi ve görüntülenmesi için bir kayan saklayıcıda depolanır. Bu osiloskop önemli bir diğer özelliği ise büyük dalganın başlangıcından önceki olayları da görüntüleyebilmesidir.

Sayısal dalga şekli kaydedici: Büyük dalga sayısallaştırılır ve sayısal saklama osiloskobuna benzer tarzda saklanır. Bu cihazların sayısal saklama osiloskobundan farkı zamana bağlı olarak gerilimle ilgili çok çeşitli bozucu etki parametrelerini de kaydedilmesini de kaydedebilmesidir.

7.3 Bozucu Etkilerin İzlenmesi

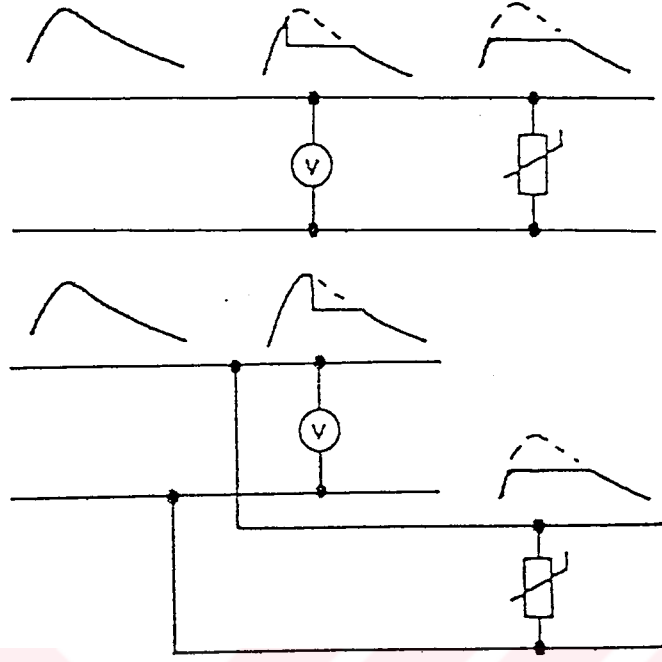
Bozucu etkilerin izlenmesiyle ilgili saha çalışmaları uzun süreli bir inceleme yapılmasını gerektirir. Ancak bu inceleme süresince şebekede yapılan düzenleme ve değişikliklerin dikkate alınması gerekir. Özellikle gittikçe daha fazla sayıda kullanılan büyük dalga devreleri, ölçülen etkilerin dalga şeklini ve genliğini değiştirdiği için uzun süreli incelemelerde bu durum dikkate alınması gerekir.



Şekil 7.1 Monitörün varistörün ters tarafına bağlanması

Şekil 7.1, ve 7.2’de görüldüğü gibi büyük dalga koruma devreleri, izlenen gerilimin hem genliği ve hem de dalga şeklini değiştirir. Şekil 7.1’den de görülebileceği gibi, büyük dalganın meydana geldiği yer ile kaynak arasına yerleştirilen kaydedici cihaz ile varistörün kaskı gerilimi kaydedilecektir. Gerçek büyük dalgaya göre kaydedilen büyük dalganın genliği daha küçük fakat süresi daha uzun olacaktır.

Eğer kaydedici cihaz büyük dalganın meydana geldiği yer ile bir varistör arasına yerleştirilirse, kaydedici cihaz sivri uçlu bir dalga şekli kaydedecektir. Bu durum şekil 7.2’de görülmektedir.



Şekil 7.2 Monitörün varistör doğrultusunda bağlantısı.

8. GÜÇ KALİTESİ PROBLEMLERİNİN AZALTILMASI

Güç kalitesini düzeltmek için değişik yöntemler kullanılır. Bu yöntemler istenilen amaca ve maliyete bağlı olarak çok büyük farklılıklar gösterir. Başka bir deyimle, güç sistemi problemlerinin çözümü için en az etkili ve en ucuz cihazlardan biri olan impuls bastırıcısından (impuls suppressor) en etkili ve de en pahalı kesintisiz güç kaynağına kadar çok çeşitli cihazlar kullanılır (Aspnes vd., 1985).

Endüstriyel ve ticari kuruluşlar, güç kalitesini düzeltmek için kesintisiz güç kaynağı sistemleri, büyük dalga bastırıcıları ve yalıtım transformatörleri gibi cihazları kullanır. Bununla birlikte, güç kalitesinin çok iyi olması için atılacak ilk adım genellikle özel koşullara bağlıdır. Bir bina içinde aynı hatta bağlı değişik elektriksel yükler arasında meydana gelen harmonik karışması gibi bazı problemler çok defa müşteri binasında son derece kolay bir şekilde çözümlenir. Yıldırım düşmesinin neden olduğu geçici enerji kesilmeleri veya dağıtım merkezlerindeki bağlama işlemleri gibi problemlerin enerji kurumu tarafından düzeltilmesi ekonomik açıdan daha uygun bir çözümdür. Bu nedenle güç kalitesi problemlerinin çözülmesinde ekonomik koşullar da dikkate alınarak optimum çözüm sağlanmalıdır.

Güç kalitesi sorunları çözümlenirken aşağıdaki hususlarda dikkate alınmalıdır:

- i) Güç kalitesi problemleri konusunda daha fazla bilgi elde etmek,
- ii) Müşterilerini uyarmak üzere elektrik kurumlarının yeni analitik aletleri geliştirmesi.

Elektrik donanımının güvenilirliğine, yeterliliğine ve arızaların şiddetine bağlı olarak değişik hat düzeltme yöntemlerinden yararlanılabilir. Bu amaçla filtreli veya filtresiz aşırı akım kesicisi, yalıtım transformatörü, gerilim transformatörü, manyetik sentezleyici, motor generatör grubu veya kesintisiz güç kaynağı gibi cihazlar kullanılabilir.

Güç kalitesi problemleri esas olarak radyo parazitleri, geçici olaylar, kesintiler, harmonik gibi konulardan oluşmaktadır. En sık görülen güç bozucu etkileri arasında bilgisayarlarda

donanım hasarı, sistem çöküntüleri ve yöntem hataları gibi problemler sayılabilir (Martzloff ve Thomas, 1988).

Bu bölümde, güç kalitesi sorunlarının düzeltilmesi için kullanılan cihazlar ve yöntemler konusunda bilgi verilecektir.

8.1 Önlemler

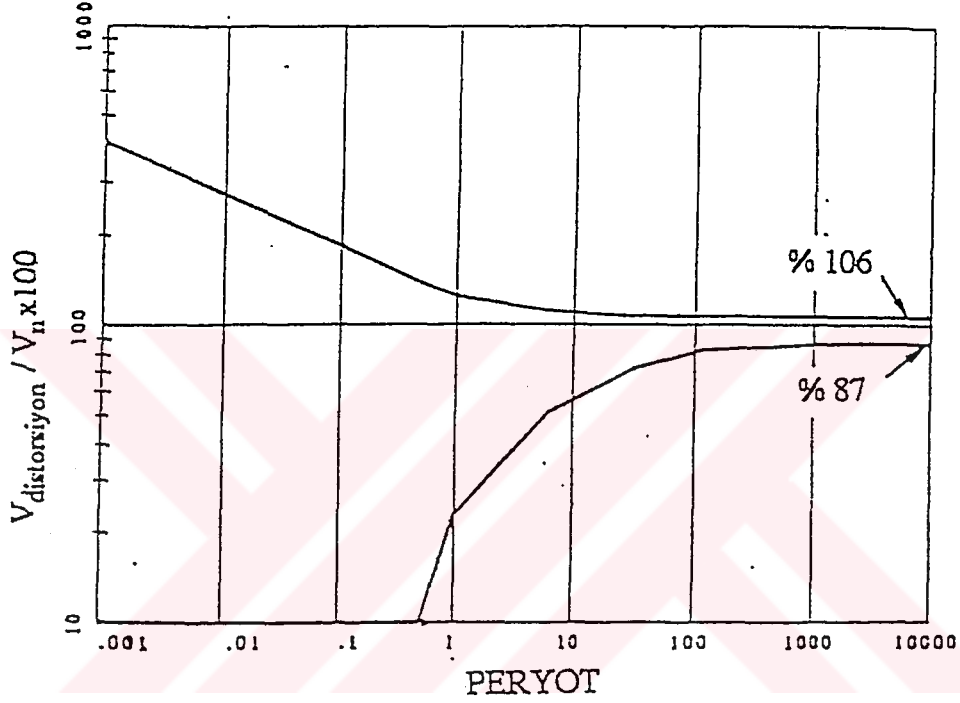
Güç kalitesi problemleri genel olarak meydana geldiği saha açısından iki gruba ayrılabilir. Birinci grup genellikle müşterilerin binalarında meydana gelen ve en uygun bir şekilde yine buralarda çözümlenebilen dalga şekli distorsiyonları içermektedir. İkinci grup, dağıtım sistemlerinden kaynaklanan gerilim çöküntülerini ve enerji kesintilerini içermektedir. Bölüm 4, çizelge 4.1'de bozucu etkilerin nedenleri ve söz konusu bozucu etkiyi önlemek için şebeke ve müşteri tarafındaki çözümler gösterilmektedir.

Güç sistemi ile cihazların özellikleri arasındaki uygunluğa bağlı olarak güç kalitesi sorunlarının önlenmesi ile ilgili etkenler aşağıda üç madde halinde verilmiştir.

8.1.1 Bozucu Etki Geriliminin Düzenlenmesi

Bozucu etki tolerans eğrisi (Disturbance Tolerance Envelope- DTE), en çok kullanılan gerilim düzenleme eğrisidir. Şekil 8.1, DTE'ye ait bir örnek verilmiştir. Şekil 8.1'de cihazların uygun çalışması için maksimum ve minimum gerilim / zaman kesiti gösterilmiştir. DTE'nin altında kalan ve güç sistemi bozucu etkilerine ait olan alanda, cihazların arıza yapması ya da hatalı çalışması gibi durumlar söz konusudur. Bozucu etkilerin nedenleri, etkileri ve düzeltilmesi açısından gerilim bozucu etkileri en uygun biçimde kısmi periyot düzlemi ve tam periyot düzlemi olmak üzere iki ayrı grupta değerlendirilebilir. Şekil 8.2'deki DTE eğrisinde, kısmi periyot bölgesine ilişkin güç bozucu etkilerin nedenleri, etkileri ve düzeltilmesine ait eğriler gösterilmiştir. Şekil 8.3'deki DTE eğrisinde ise, tam periyot bölgesine ilişkin bozucu etkilerin nedenleri, etkileri ve düzeltilmesine ilişkin eğriler gösterilmiştir. DTE eğrisinin dışında kalan bölgedeki problemlerin çözümlenmesi her zaman ekonomik değildir. Bununla

birlikte, yıldırım düşmesi veya saatlerce süren kesintileri önlemek amacıyla, bir işletmenin maliyeti çok yüksek olabilen koruma cihazlarını kullanması söz konusu olabilir. Bir endüstriyel veya ticari kuruluş yöneticisi ya bu problemi olduğu gibi kabul edip bu doğrultuda çözüm geliştirir ya da yıldırım gibi olaylara karşı daha iyi bir koruma ve yüksek bir besleme güvenilirliği sağlamak üzere elektrik kurumu ile görüşerek bu sorunları en aza indirmeye çalışır (Domijan ve Santander, 1992).



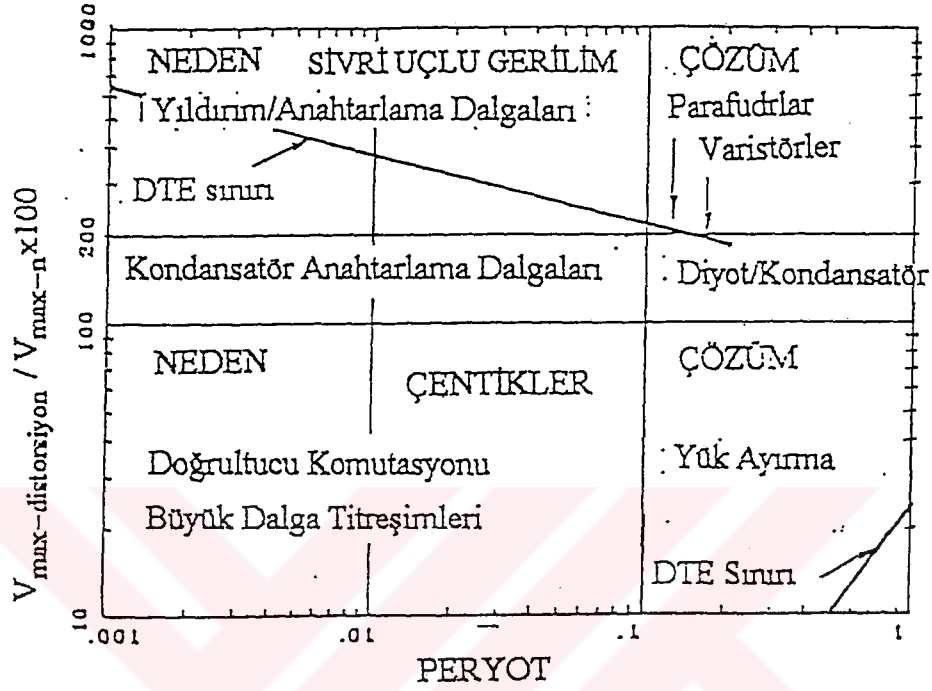
Şekil 8.1 Bilgisayar ve elektronik cihazların tasarlanmasındaki kriter

8.1.2 Akıma Bağlı Etkenler

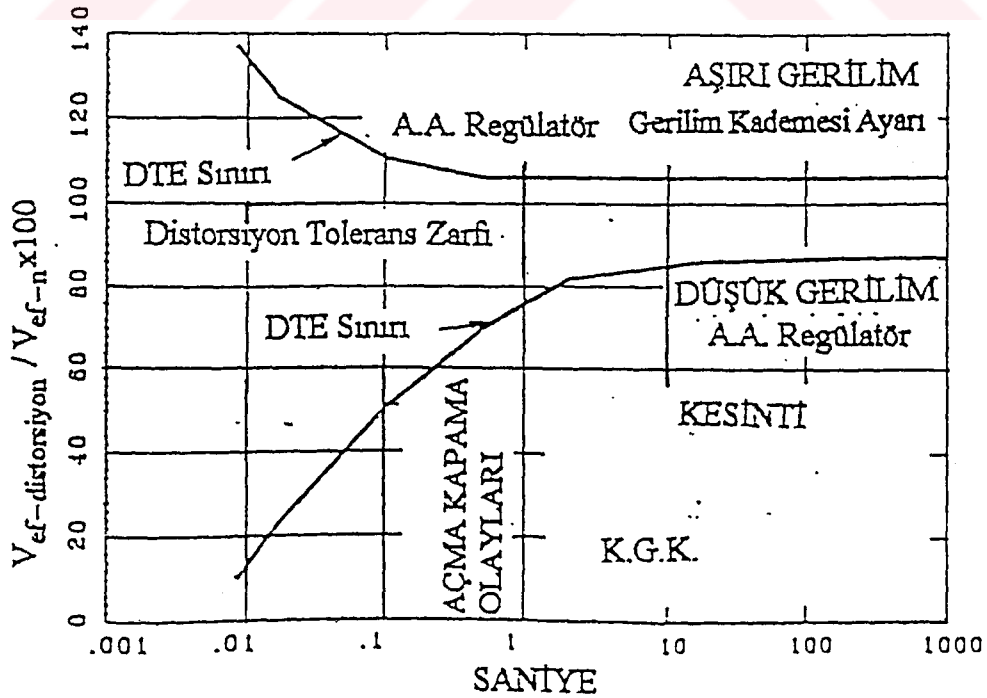
Aşağıdaki maddeler uygulanarak akıma bağlı etkenler önlenebilir:

- i. Transformatör ve iletkenlerin belirli bir sınır değerini üzerinde sürekli distorsiyonlu akım taşımamasını önlemek.
- ii. Güç faktörü düzeltimi için daima ayarlı bobin kullanmak. Başlangıçta, belli bir baradaki harmonik üreten cihazlar için ilave bir masraf yapılması zorunlu olmasa bile, ilerde harmonik üreten yüklerin çoğalması ayarlama özelliği olmayan kondansatörlerde problemlere neden olabilecektir.

iii. Çok sayıda kişisel bilgisayarı ya da floresan lambaları besleyen üç fazlı dört telli sistemlerde, nötr iletkeni her üç harmoniğin bileşkesine göre boyutlandırılmalıdır. İlave bir tedbir olarak, efektif akıma duyarlı bir nötr aşırı akım tertibatı kullanılabilir.



Şekil 8.2 Kısmi periyot durumunda distorsiyon nedenleri ve eğrileri



Şekil 8.3 Tam periyot durumunda distorsiyon nedenleri ve eğrileri

8.1.3 Topraklamaya Bağlı Etkenler

Aşağıdaki tedbirlerle topraklama problemleri önlenebilir:

- i. Tüm topraklamayı iyi bir şekilde tesis etmek ve bununla ilgili tüm yönetmelik ve kurallara uymak,
- ii. Birkaç metrenin üzerindeki iletişim sinyallerinde sinyal referansı olarak enerji sistemi güvenlik topraklamasını kullanmak,
- iii. Mümkünse, bölgesel nötr topraklaması sağlamak amacıyla elektronik cihaz gruplarını bir yalıtım transformatöründen beslemek,
- iv. Özellikle binalar arasında birkaç metrenin üzerindeki sinyallerde optik yalıtım kullanmak.

8.2 Güç Kalitesini Geliştirmek İçin Kullanılan Elemanlar

Harmonik distorsiyonlar, gerilim çöküntüleri, geçici aşırı gerilimler gibi farklı problemleri önlemek için değişik cihazlar kullanılır. Şebekeden kaynaklanan problemlerin genellikle elektrik kurumu tarafından, tüketiciden kaynaklanan harmonik distorsiyonları gibi problemlerin ise tüketici tarafından çözümlenmesi gerekir. Bu alt başlıkta bu amaçla kullanılan cihazlar anlatılacaktır.

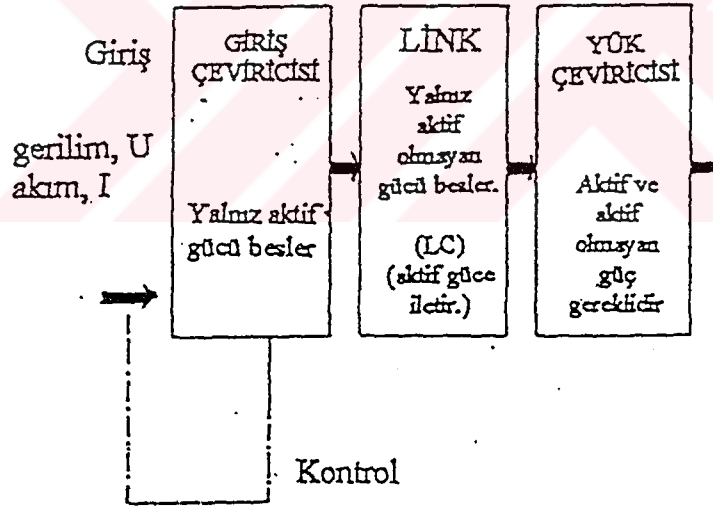
8.2.1 Dinamik Giriş Filtreleri

Yükün ihtiyaç duyduğu aktif olmayan gücü link içindeki (Şekil 8.4) kapasitif ve endüktif empedanslar veya yükün kendisi sağladığı için, giriş konverterleri yalnızca şebekeden çekilen aktif gücü kontrol eder. Bu temel kural, en küçük güçteki switç mod kaynaklarından, asansör hız denetim sürücülerinde kullanılan orta güçlü 3 fazlı konverterlere ve büyük güçlü lokomotiflere kadar değişik güç seviyelerindeki cihazlara doğru bir biçimde uygulanmalıdır. Küçük güçlerde maliyet ve devrenin kompleks oluşu kontrol ve konverterle ilgili problemleri ön plana çıkarırken, büyük güçlerde anahtarlama frekansının sınırlandırılması gibi problemler ön plana çıkmaktadır. Distorsiyonun yok edilmesi için kullanılan bu teknik genellikle yük ve

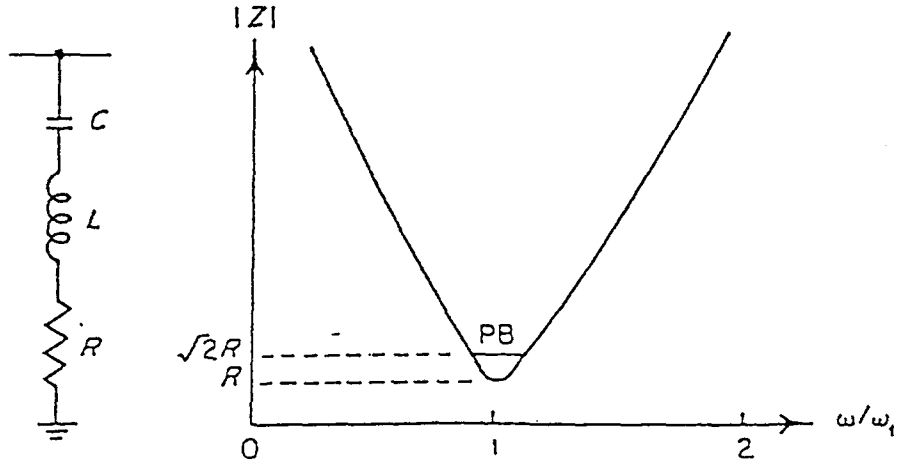
uygulama amacıyla benimsendiği için, cihazın seçimi sistemin geliştirilmesi ve tasarımı sırasında yapılır. Mevcut kötü güç kalitesini düzeltmek için, elektrik kurumunun böyle bir sistemi kurması zorunlu değildir (Wyk, 1993).

8.2.2 Akortlu Empedans Filtreleri

Büyük güçteki harmonik üreten yüklerin bulunduğu sistemlerde güç faktörünü düzeltmek için kullanılan paralel kondansatörler nedeniyle rezonans olayları meydana gelir çözüm olarak genellikle ayarlanabilme özelliği olan bir reaktörün kondansatöre seri olarak bağlanmasıyla oluşan filtre sistemi kullanılır. Şekil 8.5'de, bir tek frekansa ayarlanan ve ayarlandığı frekansta çok yüksek admitansa sahip olan basit bir filtre devresi verilmiştir (Arrilaga vd., 1985).



Şekil 8.4 Güç şebekesindeki distorsiyonu yok eden giriş konverterinin prensip şeması



Şekil 8.5 Şönt filtre devresi ve filtre empedansının frekansa göre değişimi

8.2.2.1 Ayarlı Filtreler

Sistemde yok edilmesi istenen her bir harmonik frekansı için ayrı bir filtre devresi kullanılır. Her bir filtre ayarlandığı frekansta kısa devre göstererek harmonikleri yok eder. Filtrelerde küçük endüktanslı reaktörler ve yüksek kapasiteli kondansatörler kullanıldığı için bu devreler aynı zamanda kompanzasyonda görevini üstlenir. Reaktörler nedeniyle harmonik akımlarının tümü kondansatör üzerinden geçemeyeceğinden şebekenin gerilim dalga şekli bir miktar bozulur. Ancak bozulma büyük çapta olmadığından sistemdeki diğer cihazları pek etkilemez. Bu tip filtrelerin diğer bir sakıncası da şebeke üzerinden alçak frekanslı kontrol ve kumanda sistemlerinde söz konusu sinyallerin genliklerini önemli ölçüde etkilemesidir. Daha çok toplam yükünün %20'sinden fazlası doğrultuculardan oluşan işyerlerinde bu tip filtrelerin kullanılması uygundur (Wyk, 1993).

Rezonans frekansında empedansı $\sqrt{2}R$ 'ye eşit şekil 8.5'deki RLC filtre devresinin empedansı;

$$Z_f = R + j[\omega.L - (1/\omega.C)] \quad (8.1)$$

olacaktır. R, L ve C elemanlarının seçiminde iki parametre dikkate alınır. Bu iki parametre kalite faktörü Q ve bağıl frekans sapması δ 'dır. Filtre empedansını Q ve δ 'ya göre ifade etmek için,

$$w = w_n.(1 + \delta) \quad (8.2)$$

$$w_n = (1 / \sqrt{L.C}) \quad (8.3)$$

$$X_0 = w_n.L = 1 / (w_n.C) = \sqrt{L/C} \quad (8.4)$$

$$Q = X_0 / R \quad (8.5)$$

$$C = 1 / (w_n . X_0) = 1 / (w_n.R.Q) \quad (8.6)$$

$$L = X_0 / w_n = R.Q / w_n \quad (8.7)$$

Denklemleri kullanılır. (8.2), (8.6), (8.7) denklemleri (8.1)'de yerine konur;

$$Z_f = R . [1 + j.Q.\delta.(2+ \delta) / (1+ \delta)] \quad (8.8)$$

Bağıl frekans sapması δ , 1'in yanında ihmal edilebilecek kadar küçük olduğu için denklem daha basit hale gelir.

$$Z_f \approx R . (1 + j.2.\delta.Q) = X_0 (Q^{-1} + j.2. \delta) \quad (8.9)$$

$$Z_f \approx R . (1 + j.4.\delta^2.Q^2)^{1/2} = X_0 \sqrt{(Q^{-2} + 4.\delta^2)} \quad (8.10)$$

Pratikte filtre tasarımında empedanslar yerine admitansları kullanmak daha çok tercih edilir.

Filtre değerleri admitansa göre ifade edilirse;

$$Y_f \approx 1 / [R.(1+j.2.\delta.Q)] = G_f + j.B_f \quad (8.11)$$

$$Y_f \approx Q / [X_0.(1+4.\delta^2.Q^2)] \quad (8.12)$$

$$B_f \approx 2.8.Q^2 / [X_0.(1+4.\delta^2.Q^2)] \quad (8.13)$$

Filtrenin uçlarındaki gerilim;

$$V_n = I_n / (Y_{nf} + Y_{sf}) = I_n / Y_n \quad (8.14)$$

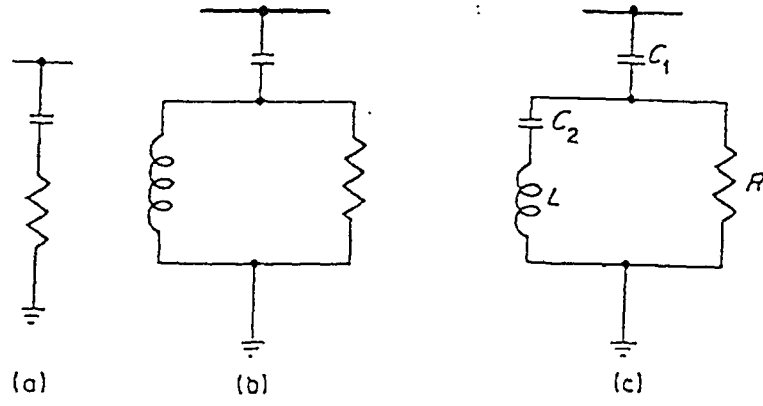
dir. (8.14) denkleminde de görüldüğü gibi gerilim distorsiyonunun minimum olması için enerji sistemine paralel bağlı filtrenin admitansının artırılması gereklidir. Kesin değerleri bilinmeyen değişkenler için en kötü durumdaki değerler seçilerek maksimum V_n belirlenir.

8.2.2.2 Sönümlü Filtreler

Sönümlü filtrelerin ayarlı filtrelere göre bazı üstünlükleri vardır. Bunlar sırasıyla;

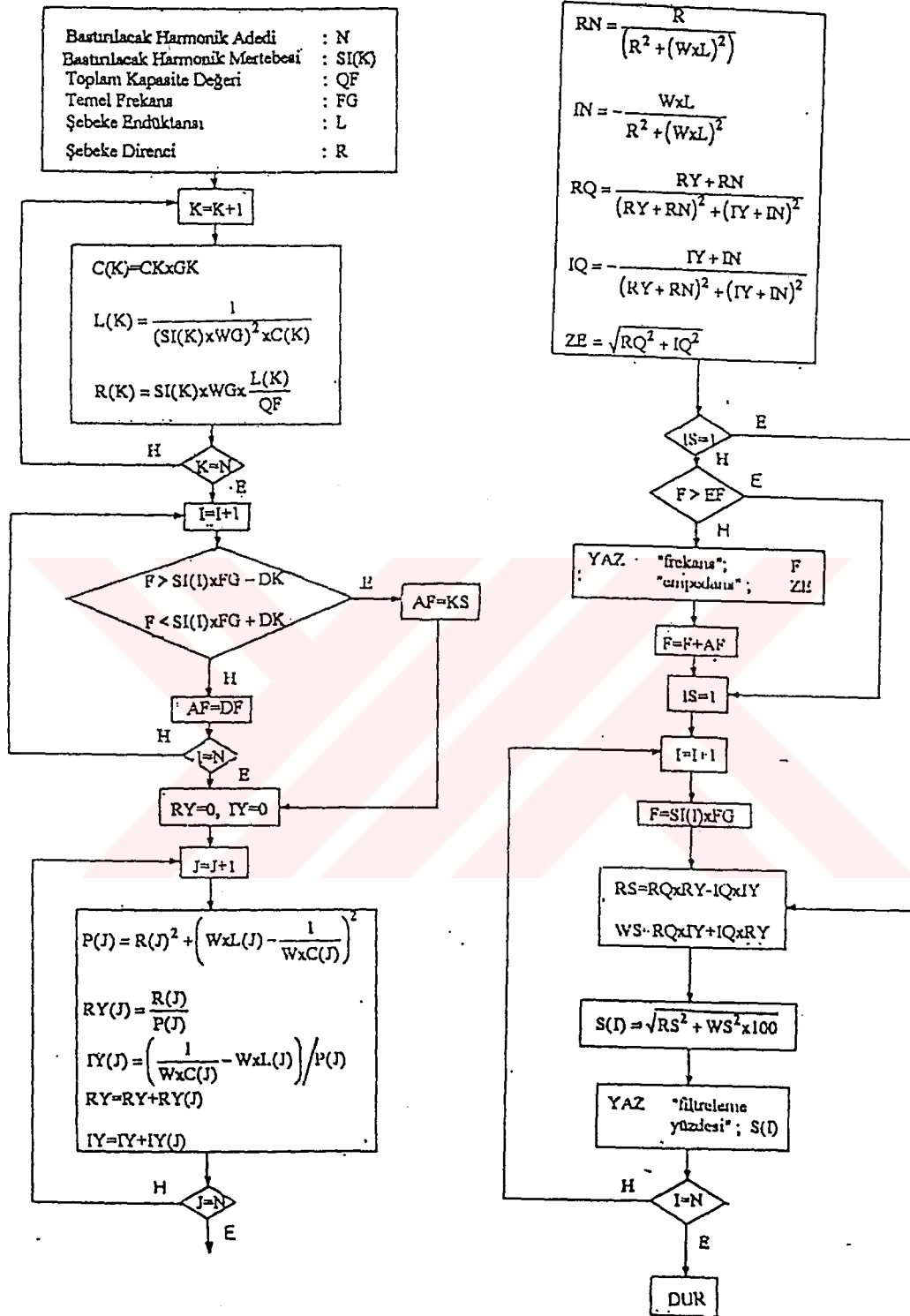
- i. Sıcaklık değişimi, frekans sapması, filtre elemanlarının toleransları ve kondansatörlerdeki kayıplardan daha az etkilenirler.
- ii. Geniş bir harmonik frekansında düşük empedans gösterdiği için daha iyi filtreleme sağlarlar.
- iii. Genellikle düşük frekansa ayarlı filtrelerde, ayarlanan frekansın altındaki değerlerde hatalar meydana gelir.

Şekil 8.6'da değişik sönümlü filtre tipleri gösterilmiştir.



Şekil 8.6 Yüksek geçirgen sönümlü filtreler

- a. Birinci dereceden geçiren filtre
- b. İkinci dereceden geçiren filtre
- c. C tipi filtre



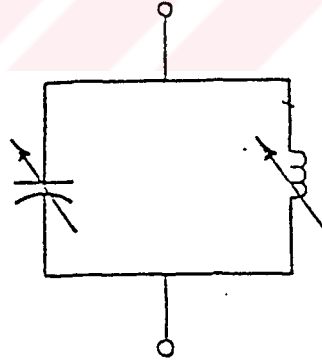
Şekil 8.8 Harmonik yok eden filtrenin akış şeması

8.2.3 Dinamik Filtre

Dinamik filtreler subcycle ve intracycle distorsiyonların neden olduğu kötü güç kalitesini düzeltme olanağı sağlayan devrelerdir.

8.2.3.1 Statik VAR Kompanzasyonu

Çok değişik tipte statik VAR kompanzatörleri mevcuttur. İdeal bir kompanzatör, sürekli reaktif güç ayarlaması yapabilen, yanıt gecikmesi olmayan ve sonsuz bir aralıkta çalışabilen bir cihaz olarak düşünülebilir. Şekil 8.9'da ideal bir kompanzatör görülmektedir. Bu kompanzatör ayarlanabilen reaktör ve kondansatörden meydana gelir. Bir statik VAR sistemi, kompanzatörlü ve aynı zamanda mekanik anahtarlama paralel kondansatör grubundan oluşur. Statik VAR kompanzatörleri mekanik anahtarlama şönt kondansatörler ve reaktörlere göre yüksek yanıt hızı nedeniyle daha çok tercih edilmektedir. Statik VAR kompanzatörünün prensip şeması Şekil 8.10'da verilmiştir.



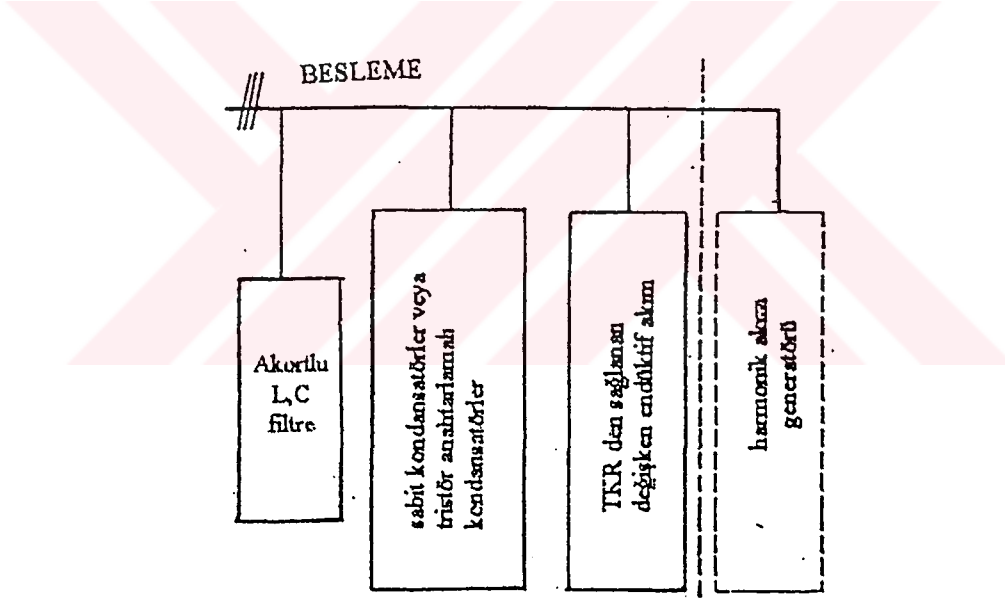
Şekil 8.9 İdeal statik güç kompanzatörü

Bu sistemin hızlı ve sınırsız gerilim ayarı, geniş bir bölgede geçici olaylardan bağımsız olması gibi üstünlükleri vardır. Fakat bu cihazlar subcycle gibi kısa sürelerde reaktif güç ihtiyacını pasif bir kaynak gibi karşılayarak gerilim regülasyonunu sağlamaktadır. Gerilim eğik bir karakteristikle ayarlanır. Eğik karakteristik sürekli hal kazancına olanak sağlar ve kontrol alanı genellikle %1-5 arasındadır. En üst sınırdaki statik VAR kompanzatörü paralel bir

kondansatör grubu olarak çalışır. Statik VAR kompanzatorlerinin en önemli özelliği güç sistemindeki reaktif güç ihtiyacını sürekli karşılayarak uç gerilimini sürekli sabit tutmasıdır. İkinci önemli özelliği ise yanıt hızıdır. Kompanzatorün reaktif gücü, uç gerilimindeki küçük bir değişikliğe hızlı yanıt verecek şekilde değişmelidir.

Başlıca statik VAR sistemleri şunlardır:

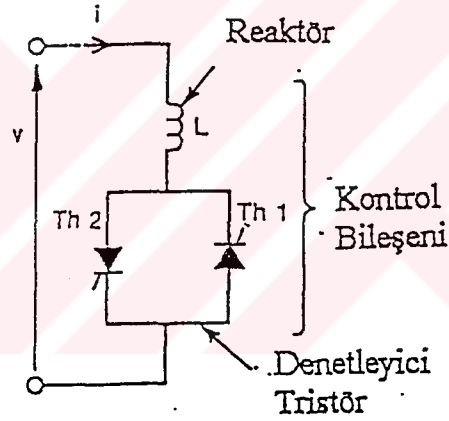
- i. Tristör kontrollü reaktör (TKR)
- ii. Tristör anahtarlama kondansatör (TAK)
- iii. Tristör anahtarlama kondansatör ve tristör kontrollü reaktör (TKR-TAK)
- iv. Tristör kontrollü reaktör ve sabit kondansatör (TKR-SK)



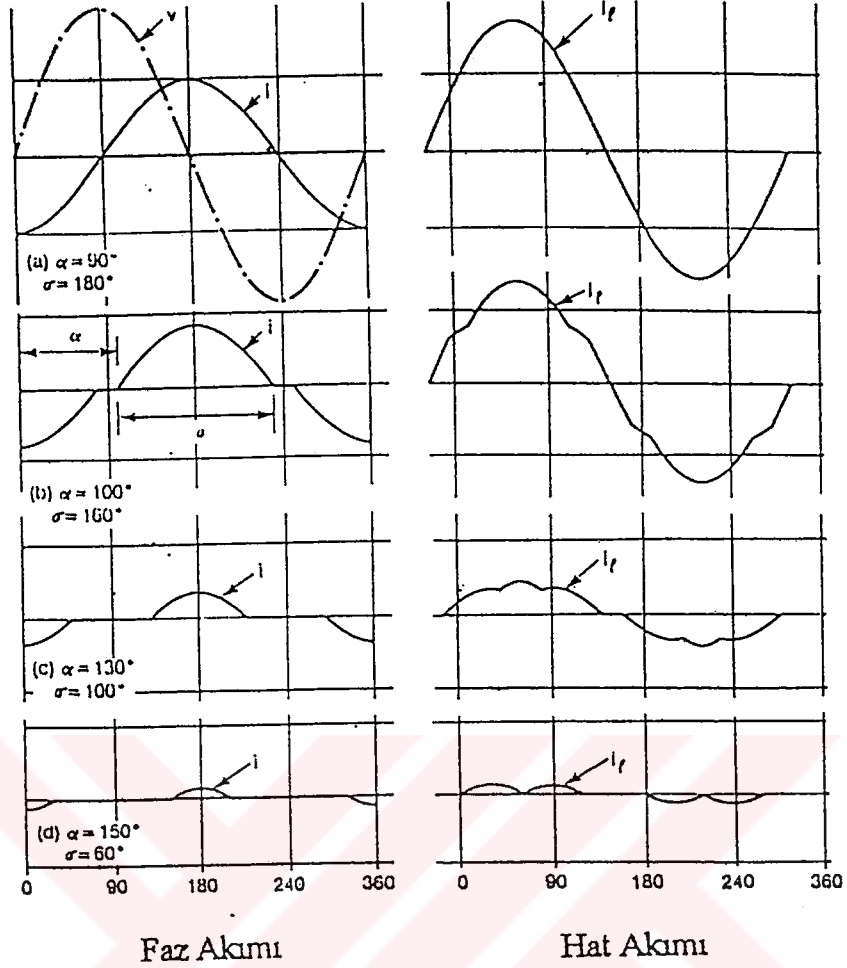
Şekil 8.10 Statik VAR kompanzatorünün prensip şeması

Tristör Kontrollü Reaktör

Tristör kontrollü reaktörün prensip şeması Şekil 8.11'de verilmiştir. Şekilden görülebileceği gibi tristörler birbirlerinin ters yönde yerleştirildiği için her bir tristör besleme geriliminin yarım periyodunda iletimde kalır. Eğer tristörler gerilimin maksimum olduğu noktada tetiklenirse, reaktörler sürekli iletimde kalacaktır. Bu özel durumda akım dalga şekli, tristörler kısa devre edildiği durumla aynıdır. Akım temel olarak reaktiftir ve gerilimden yaklaşık 90 derece geridedir. Tetikleme açılarına göre akım dalga şekilleri Şekil 8.12'de gösterilmiştir. Ateşleme açısı 90 derece olduğu zaman tristörler tam iletimde bulunur. Tetikleme açısının artmasıyla akımın temel harmonik bileşeni azalır.



Şekil 8.11 Tristör kontrollü reaktör



Şekil 8.12 Üçgen bağlı TKR'de akım dalga şekilleri ve faz açısı

i akımının ani değeri;

$$i = [(\sqrt{2} V) / X_L] (\cos \alpha - \cos \omega t) \quad \alpha < \omega t < \alpha + \sigma \quad (8.15)$$

$$i = 0 \quad \alpha + \sigma < \omega t < \alpha + \pi \quad (8.16)$$

dir. Burada V , efektif gerilim; $X_L = \omega L$ ohm olarak reaktörün temel frekanstaki reaktansın tetikleme açısıdır. Akımın temel bileşeni Fourier analiziyle hesaplanır. Fourier analizi ile;

$$I_1 = [(\sigma - \sin \sigma) / \pi X_L] V \quad (A) \quad (8.17)$$

elde edilir. Burada σ iletim açısıdır. α ile σ arasında;

$$\alpha + (\sigma / 2) = \pi \quad (8.18)$$

bağıntısı vardır.

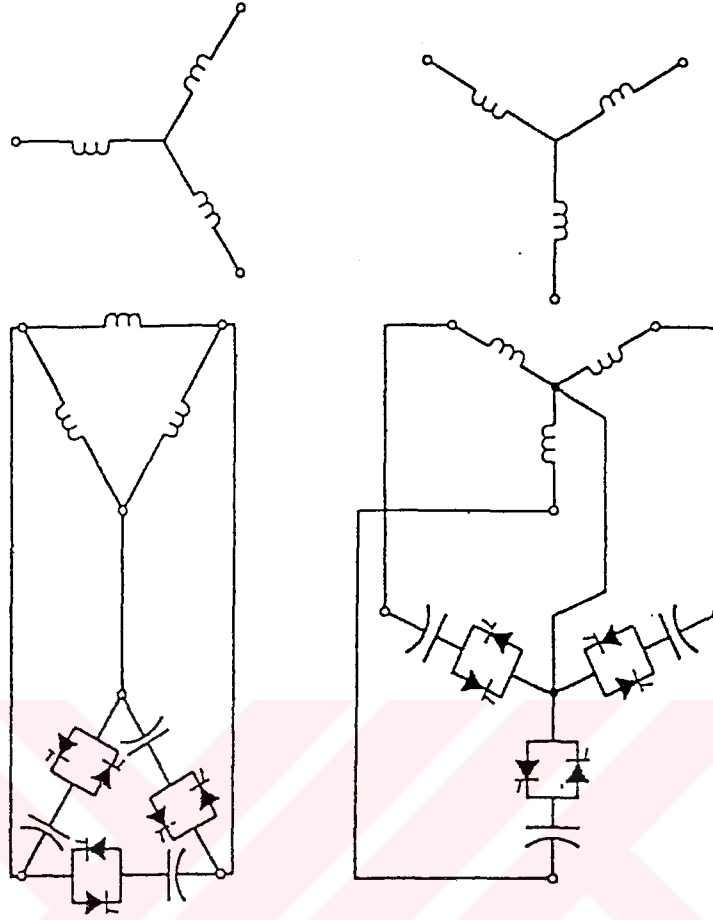
Tristör Anahtarlama Kondansatör

Tristör anahtarlama kondansatörünün temel prensip şeması Şekil 8.13'de gösterilmiştir. Pratikte yüksek di/dt 'yi önlemek için tristöre seri bir endüktans bağlanır. Devrenin direnci çok küçük olduğundan, gerilimin ve akımın tepe değerine önemli bir etkisi olmadığı için genellikle hesaplamalarda ihmal edilir. Endüktans ve kapasitansın varlığı geçici osilasyonlar oluşturur.

Tristör anahtarlama kondansatör devresi için;

$$V = L (di / dt) + (1 / C) \int i dt \quad (8.19)$$

denklemini yazılabilir.



Şekil 8.13 Değişik tristör anahtarlamaalı kondansatörler

Laplas transformu ile gerilim denklemi;

$$V(s) = [Ls + 1 / Cs] I_s + V_{c0} / s \quad (8.20)$$

olur. Laplas transformu çözüldüğünde;

$$i = V \omega C [\omega_0^2 / \omega_0^2 (\cos\omega t - \cos\omega_0 t)] + I_0 \cos\omega_0 t \quad (8.21)$$

bulunur. Burada $\omega_0 = 1 / \sqrt{LC}$ doğal frekanstır.

Akımın kararlı ifadesi ise;

$$i = V_m (n^2 / n^2 - 1) \omega C \cos\omega t \quad (8.22)$$

olarak verilebilir. Bu denklemde; $n = (\sqrt{X_c / X_L}) = 1 / (\sqrt{\omega^2 L C})$ 'dir.

8.2.3.2 PWM

Modern güç yarı iletken teknolojisi ile yapılabilen darbe genişlik modüleri güç elektroniği konverterleri, güç sistemlerindeki distorsiyon kompanzasyonuna yeni bir boyut getirmektedir. Şekil 8.14.a, şebekeye seri bağlı ve gerilim kaynağı olarak davranan dinamik filtreyi göstermektedir. Şekil 8.14.b ise şebekeye paralel bağlı ve akım kaynağı olarak davranan dinamik filtreyi göstermektedir.

PWM tekniği ile bir i_c akım kaynağı oluşturmak ve genel bağlantı noktasına (PCC) bu akıma iletmek mümkündür (Şekil 8.14.a).

$$i_s = i_c + i_L \quad (8.23)$$

ve kontrol yasası ile;

$$i_s = i_a \quad (8.24)$$

Eğer i_a aktif akım ise ve şebeke gerilimi U_s sinüzoidal ise, U_{pcc} geriliminin sinüzoidal dalga şeklinde kontrol edilebilir.

Eğer besleme geriliminin efektif değeri U_s ile ve akımların efektif değerleri I_c ve I_L ile verilirse PF' nin anma değeri;

$$S_{pf} \approx U_s I_c \quad (8.25)$$

Distorsiyonun intra-cycle kompanzasyonu durumunda;

$$I_c \ll I_L \quad (8.26)$$

$$S_{PF} \ll S_L \quad (8.27)$$

olarak ifade edilebilir.

Diğer yandan, bir U_c gerilim kaynağı uygun bir PWM devresi ile birleştirildiği zaman ve U_{pcc} 'nin sinüzoidal olduğu kontrol yasasıyla;

$$U_{pcc} = U_C + U_L \quad (8.28)$$

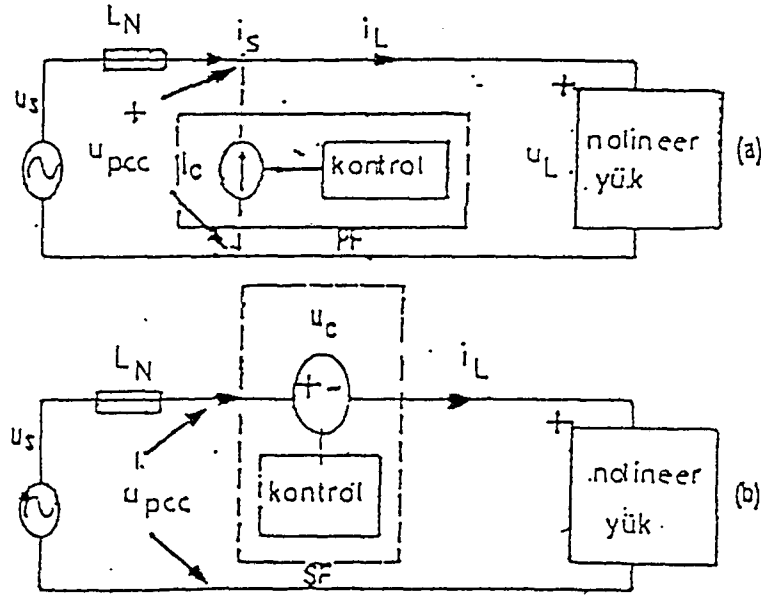
olduğundan yine;

$$i_s = i_s \quad (8.29)$$

bulunacaktır. Daha önceki anma değerlerine göre $S_{PF} \ll S_L$ ve $U_c \ll U_s$ olması için;

$$S_{SF} \ll U_C I_L \quad (8.30)$$

olacaktır.



Şekil 8.14 PWM konverterler kullanarak gerçekleştirilen dinamik filtreler

- paralel filtre (PF) şeması
- seri filtre (SF) şeması

İntra-cycle distorsiyon kompanzasyonunda PF ve SF'in anma değeri, yükün görünür gücünden çok daha küçük olacaktır. Paralel filtre durumunda, gerilim şebeke gerilimine eşittir, fakat akım değeri şebekeden çekilen akımdan çok küçüktür. Seri dinamik filtre durumunda ise, filtrenin anma yük akımı geçtiği halde filtre üzerindeki gerilim düşümü çok küçük olur. Bu nedenle temel anma değerleri açısından, dinamik filtreler giriş çeviricileri yöntemine göre daha kullanışlıdır. Bu bakımda, dinamik filtreler hem başlangıç ve hem de işletme yatırımı açısından dinamik giriş çeviricilerine göre daha avantajlıdır (Wyk, 1993).

8.2.3.3 Karma Kompanzasyon

Güç kalitesini geliştirmek amacıyla değişik temel düşüncelerin bir araya getirilmesiyle Şekil 8.15 'te gösterilen temel karma kompanzasyon kavramı ortaya çıkmaktadır.

Bu yasada aşağıda verilen birçok durumun dikkate alınması gereklidir.

i. İnter-cycle ve sub-cycle distorsiyonlar genellikle şebekede eş zamanlı olarak meydana gelir.

ii. Q reaktör gücü dikkate alındığında, statik VAR kompanzatorlarının ve PWM filtrelerinin kVAR başına maliyeti farklıdır.

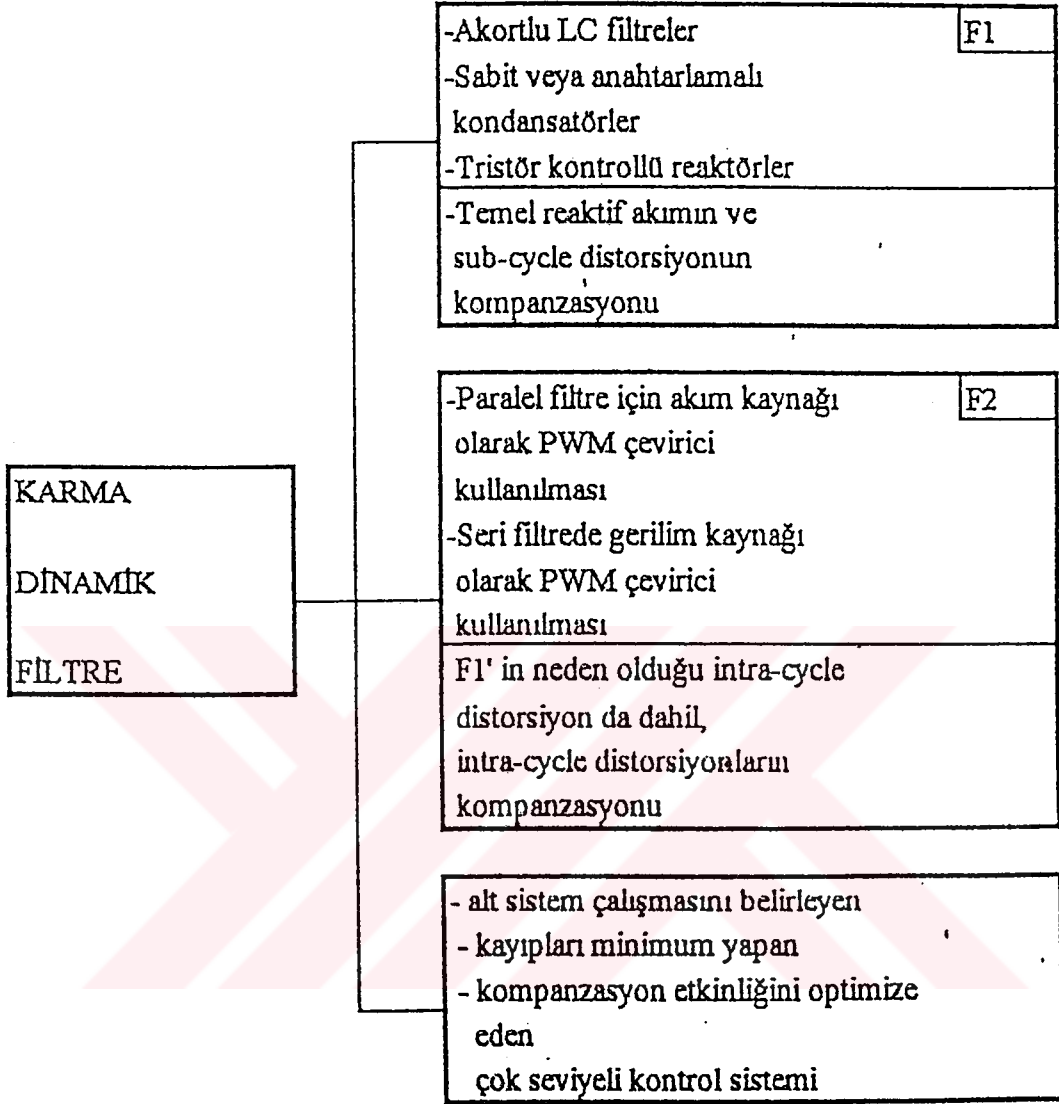
iii. Her iki tip aygıtın farklı yanıt zamanları, dinamik yanıt kontrol optimizasyonuna olanak sağlamaktadır.

iv. Genellikle şebekelerde, hali hazırda statik VAR kompanzatorları mevcuttur. Fakat intra-cycle distorsiyonu kompanze edecek yüksek hızlı yanıt verecek tedbirlerin alınması gereklidir.

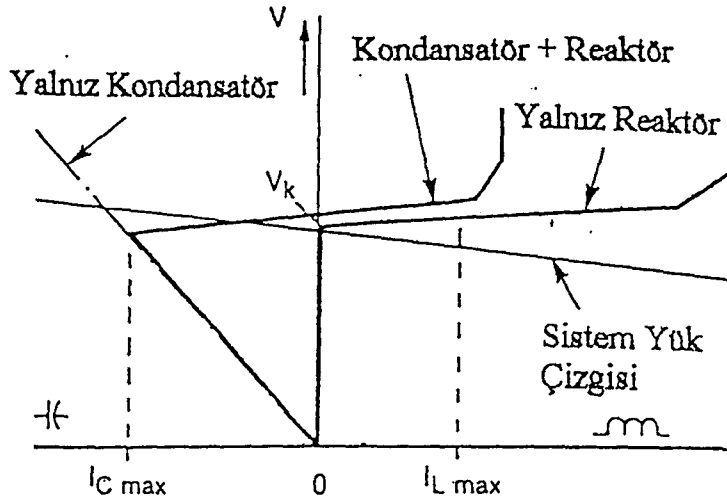
v. Hibrid filtre kompanzasyonu, minimum kompanzasyon durumunda gereğinden fazla bazı gereksinimleri de karşılamaktadır (Wyk, 1993).

Paralel Kondansatörlü TKR

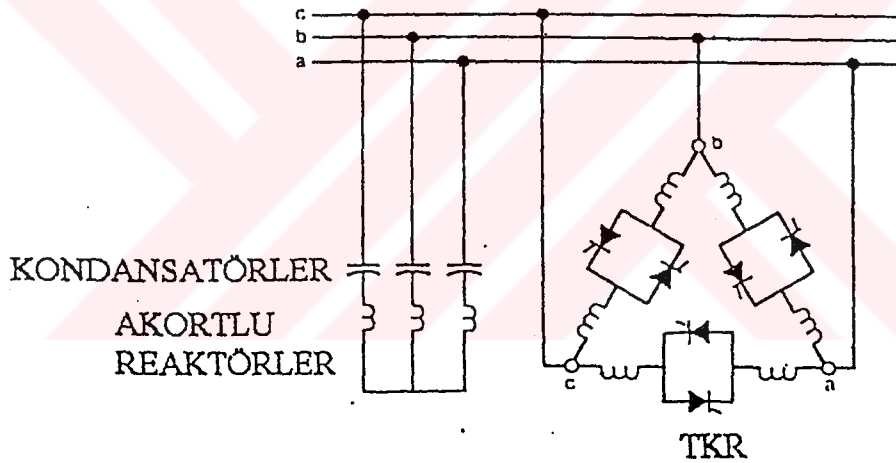
TKR'nin akımı 0 ve maksimum değer arasında basamaksız ve sürekli olarak ayarlanabilir. Sürekli reaktif güç çekildiği için akım daima geridedir. Şekil 8.16'dan da görülebileceği gibi, TKR'ye kondansatör eklendiği zaman akım endüktif veya kapasitif olabilir. Üç fazlı sistemde Şekil 8.17'deki yıldız bağlı kondansatörlerle oluşturulan düzenli uygulamalarda tercih edilmektedir. Şekil 8.16'daki temel pozitif akım yarım dalga bileşenini göstermektedir.



Şekil 8.15 Distorsiyon kompanzasyonu için hibrid dinamik filtre tekniği ile oluşturulan alt sistemler



Şekil 8.16 TKR'nin gerilim /akım karakteristiği



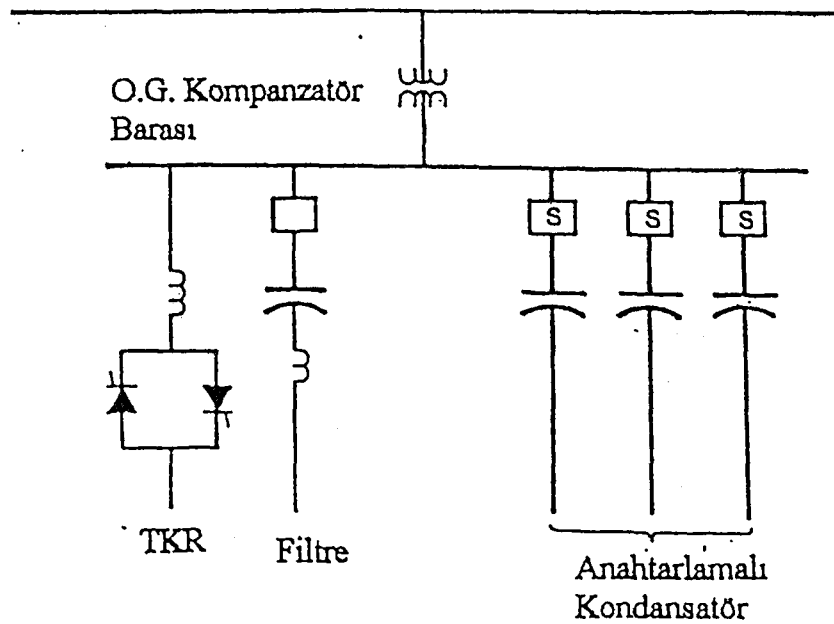
Şekil 8.17 Paralel kondansatörlü ve 3 fazlı TKR. Her bir fazda iki ayrı reaktörün kullanımı reaktör hatalarından kaynaklanan durumlarda tristörlere ilave bir koruma sağlar.

Genellikle 3 fazlı paralel kondansatörlü sistemlerde, her fazda kesiciyle bağımsız olarak anahtarlanan birden fazla kondansatör bulunur. TKR'nin ürettiği harmonikleri filtrelemek ve dış sistemlere geçmesini önlemek için her faza küçük seri reaktöre yerleştirilerek kondansatör grupları temel frekanslara ayarlanabilir. Diğer bir seçenek 5. ve 7. harmoniklere ayarlı yüksek geçiren filtrelerin kullanılmasıdır. Filtre ile düzenlenen kondansatörlerin bağlantı noktasında rezonans meydana getirmemesine dikkat edilmelidir.

TKR'nin reaktif gücü kondansatörün gücünü geçmedikçe sabit kondansatörlü bir TKR'de akım faz olarak ileridedir. Reaktif güç küçük yada geride ise, TKR ve kondansatörler arasında büyük reaktif akımlar dolaşacaktır. Bu nedenle, gerilim ve akım karakteristiğindeki kapasitif eğilime uygun olarak basamaklı anahtarlama için kondansatörlerin gruplar halinde anahtarlanması tasarlanır. Böyle bir tasarımda küçük güçlü kondansatörlerden oluşan TKR sistemi kullanılır. Örnek olarak, Şekil 8.17'de üç ayrı paralel kondansatör grubundan oluşan bir devre gösterilmiştir. TKR bağlı kondansatörlerin sayısını gösteren bir sinyal elemanı ile donatılır ve sürekli gerilim/akım karakteristiği sağlayacak şekilde tasarlanır. Bir kondansatör grubu on-off anahtarlandığında, kapasitif reaktif gücü arttırmak yada azaltmak sureti ile TKR'nin reaktif gücündeki değişimin dengelenmesi için, diğer referans sinyallerle birlikte iletim açısı da ayarlanır. Daha sonra diğer bir kondansatör anahtarlanıncaya kadar iletim açısı sistem koşullarına bağlı olarak sürekli değişir.

Paralel kondansatör anahtarlama ve TKR'den oluşan bir karma devrenin performansı büyük ölçüde kondansatörlerin anahtarlama şekline ve prensibine bağlıdır. Kondansatörlerin anahtarlanması için kullanılan en ucuz yöntem kesici devreleridir. Çalışma noktasının gerilim/akım karakteristiği sürekli olarak değişmesi kısa süre içerisinde çok fazla anahtarlama işlemine neden olacağından kesicilerde bakım problemleri oluşabilir.

Y.G. Kompanzator Barası



Şekil 8.18 TKR ve anahtarlama kondansatörlerinden oluşan bir karma kompanzator.

S anahtarları mekanik olarak veya tristörlerle anahtarlanabilir.

Bu sakıncaları gidermek amacı ile mekanik anahtar yerine tristörler kullanılır. Şekil 8.18'de tristör anahtarlamalı kondansatörlerden oluşan bir TKR devresi görülmektedir (Miller, 1982).

8.2.4 Aktif Güç Hattı Düzelticisi

Güç bozucu etkilerinin düzeltilmesi için geliştirilen devrelerden biri de aktif güç hattı düzelticisidir. (Active Power Line Correction-APLC). Bu devre, aktif harmonik filtre, hat gerilim regülatörü ve bir adet geçici aşırı gerilim regülatöründen oluşmaktadır.

Bir hattaki yalnızca belirli harmonikleri temizleyen klasik pasif filtre devrelerini yerine kullanılan APLC güç elektroniği devreleri, harmonik spektrumundaki değişikliklere otomatik olarak adapte olmaktadır ve aktif olarak bozucu etkilere engel olmak amacıyla enerji hattına sinyaller göndermektedir. Bu yaklaşımla, yükteki değişimlere bağlı olarak filtrelerin ayarlanması için gerekli harmonik akımlarının hesaplanması da ortadan kalkmaktadır.

Buna ilave olarak, APLC elektrik hattındaki gerilim çöküntülerini ve büyük dalgaları kompanze ederek giriş gerilimini düzenlemektedir. 5 kVA'lık bir APLC yaklaşık bir kişisel bilgisayar boyutlarında olduğu için ve ağırlığı yalnızca 56.7 kg olduğu için, çok kolay bir şekilde hassas yüklerin yanına yerleştirilebilir. APLC'ler aynı zamanda, şiddetli yıldırım ve fırtınalar esnasında sistemin güç kalitesini korumaktadır.

APLC'ler birkaç çeşit güç kalitesi probleminde düşük maliyetli çözümler sağlamaktadır. Aynı zamanda, hassas yüklerin çalışmasının etkilenmemesi için APLC'ye enerji depolayan bir eleman ilave edilebilir (Douglas, 1994).

8.2.5 Katı Hal Kesici ve Statik Kondansatör

Güç kalitesini düzeltmek için geliştirilen ve henüz tasarım aşamasında olan yöntemlerden biri de müşteri yükünün bir katı hal kesici (solid state breaker-SSB) ve bir statik kondansatör

(static condenser-STATCOM) üzerinden iki ayrı enerji iletim hattından beslenmesidir. Bir enerji iletim hattında elektrik kesintisi meydana geldiğinde, bir katı hal kesicisi devreye girerek diğer enerji iletim hattını anahtarlar.

Bu anahtarlama bir periyottan daha küçük olduğu için enerji kesilme süresi de kısaldır. Aynı zamanda diğer enerji iletim hattının anahtarlanması sırasında müşteri yükünün etkilenmemesi için statik kondansatör kullanılır. Buradaki statik kondansatör her gerilimi sabit tutar ve hem de geçici enerji sağlar. Bu sistemde kapıdan söndürmeli tristörler kullanılır.

Katı hal kesicilerinin günümüzde yaygın olarak kullanılan mekanik kesicilere göre bazı üstünlükleri vardır. Katı hal kesiciler mekanik benzerlerine göre daha çok hızlı çalışma yeteneğini kaybetmeksizin defalarca kullanılabilir. Oysa klasik bir kesicinin kullanıldıktan sonra tekrar ilk konumuna getirilmesi gereklidir. Her katı hal kesicide normal yük akımını ileten ve aşırı hata akımlarını kesen tristörler bulunur. Anahtarlama tristörlerine paralel bir parafudr arıza esnasında büyüyen geçici aşırı gerilimlere karşı korumayı sağlar.

Bir statik kondansatör dağıtım hattı ile toprak arasına paralel olarak bağlanır. Statik kondansatör, bir periyot gibi kısa sürelerde meydana gelen enerji dalgalanmalarını azaltır. Statik kondansatörde bulunan ve tristörlerden oluşan bir çevirici, hattın alternatif enerjisinin bir kısmını doğru gerilime dönüştürür. Bu doğru gerilim ile büyük sığalı bir kondansatör şarj edilir ve daha sonra ihtiyaç duyulduğu zaman doğru gerilim tekrar alternatif gerilime çevrilerek enerji hattı beslenir. Her iki durumda da kondansatör sabit gerilim kaynağı olarak çalışır. Böylece, gerilim çöküntüsü veya enerji kesintisi meydana geldiğinde birçok periyotluk bir süreyle enerji hattı beslenir (Douglas, 1994).

9. GÜÇ KALİTESİNİN GÜÇ ELEKTRONİĞİ ELEMANLARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ ve İLETİM VE DAĞITIM KATI HAL KONTROLÜRLERİ

Tristörlerin, GTO'ların ve diğer elektronik şalterlerin başarılı gelişmişliği, güç elektriği kuruluşlarının dağıtım ve iletim sektörlerindeki güç akışı kontrollerinde büyük çaplı değişiklikler yapılmasına teşvik etmiştir.

Devre kırıncıları, kademe değiştirici transformatörleri ve statik-var kompanzatörlerini istisna kabul edersek, iletim ve dağıtım sistemleri nispeten parazitik elemanları kapsarlar. Bir başka deyişle, iletim ve dağıtım hatlarının birçoğu, güç akışının hangi miktar ve doğrultuda oluşacağını göstermesini daima daha zor kılar. Ayrıca bu, iletim sistemlerinin karmaşıklığı, emniyetin hangi sınırlar içersinde olması gerektiğini gerekli kılar, böylece ekipman arızası, anahtarlama sok dalgaları ve ani yük şedleriyle oluşan kararsızlıklar, bizim kontrolümüz dışında dengeli problemler oluşturmaz.

Elektrik kuruluşlarının başlıca problemi, daha çok iletim ve dağıtım devresini kurmak için doğru yolu bulmak gittikçe daha zor bir hale gelmişken, elektrik gücünün büyümesini devamlı kılmaktır.

Bu ve diğer nedenlerden dolayı elektrik kuruluşları, kararlılık ve emniyeti göz ardı etmeden mevcut kendi hatlarının güç sınırlarını arttırmak için yeni yollar arıyorlar. Kararsızlığın çok çabuk oluşması ve bütün sisteme baştan başa saniyeler içinde yayılması en önemli problemdir. Böylece, devre kesicileri cihazların ve yüklerin bağlantısını kesmek için devreye girer, aksi halde olumsuz bir durum oluşabilir.

Ticari güç elektroniği temel cihazları, tüketicilerin ve kuruluşların güç kalitelerini düzeltmek için yardım ederler. 80'lerin başında başlayan en umut verici olanlar, aktif filtreler ve reaktif kompanze (STATCOM elemanları) idi. Yeni teknolojik buluşlar, gerilim sapmaları, mikro kesintiler gibi problemlerin çözümünè imkan vermiştir. Gerçek gücün bazı değerler ile gereken ani kaynaktan yüke doğru önceki problemlerin düzeltilmesine çalışıldığına bu artan problemler, bazı çeşit elektrik enerji depolaması gerektiğini ifade eder. Bazı depolama, kinetik enerji (serbest geçiş), manyetik enerji (süper iletken magnetik enerji depolaması, SMES) veya elektrik alan enerjisinin (kondansatörler) oluşmasından elde edilebilir. Bu enerji

depolama elemanları “Dynamic Voltage Restorers” (DVR) olarak adlandırılan şebekeyle karşılıklı olarak etkilenir.

Mekanik cihazlar mukayese edildiğinde akım kesilmesi veya transferinden elde edilebilen diğer önemli sonuç, yüksek hızdan dolayı meydana gelen güç kalitesi alanındaki güç elektroniğinin kullanılmasıdır. Bahsedilen amaçlar için dizayn edilen bu teçhizatlar “Solid State Breakers” (SSB) veya “Solid State Transfer Switches” (SSTS) olarak bilinir (Wildi, 2000).

İletim sisteminin güç akış kontrolörlerinin başlıcaları şunlardır;

- a) Tristör kontrollü seri kondansatör (TCSC)
- b) Statik senkron kompanzatör (STATCOM)
- c) Birleştirilmiş güç akış kontrolörü (UPFC)
- d) Statik frekans konverter
- e) Dinamik gerilim düzenleyicileri (DVR)
- f) Katı Hal Kesicisi (SSB)
- g) Premium Power Park (PPP)
- h) Flexible Reliable and Intelligent Electrical Energy Delivery System (Friends)
- i) Statik senkron seri kontrolör (SSSC)

9.1 Tristör Kontrollü Seri Kondansatör (TCSC)

Üç fazlı iletim hattının güç kapasitesini, her bir faza seri olarak sabit bir kondansatör bağlayarak arttırabiliriz. Bu durum, efektif seri reaktansı indirger, böylece iletim hattının gücü artmış olur. Gücün formülünün;

$$P = (E^2 / X) \sin\delta \quad (9.1)$$

Burada;

P= Gönderilen aktif güç (MW)

E= Her bir hat sonundaki hattın hata gerilim (kV)

X = Her bir hat sonundaki indüktif reaktans (Ω)

δ = Her bir hat sonundaki gerilimler arasındaki faz açısı ($^\circ$)

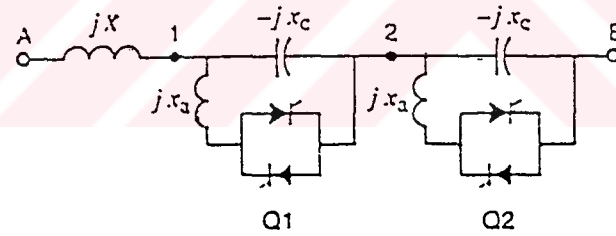
Birçok durumda her hat sonundaki E_s , E_r gerilimleri eşit değilse, güç formülü;

$$P = [(E_s E_r) / X] \sin \delta \quad (9.2)$$

şeklini alır.

Yeni TCSC yaklaşımı, anlık ihtiyaçlara da uygun olarak iletim hattı güç kapasitesini değiştirmiştir.

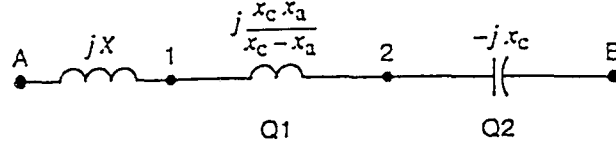
Örneğin, şekil 9.1'de her fazın indüktif reaktansı x olan bir iletim hattı olan reaktansları X_c olan iki kondansatör seri olarak bağlanmıştır. Her bir kondansatör Q olarak isimlendirilen tristör valfleri ile indüktif reaktans X_a 'ya bağlanmıştır. X_a reaktansı X_c 'den daha küçüktür.



Şekil 9.1-a 1 fazlı seri kompanzatör hattı

Q_1 ve Q_2 valfleri bloke edildiğinde, yalnızca kondansatörler devrededir ve böylece hattın efektif reaktansı $(X - 2X_c)$ olur. Diğer yandan, eğer Q_1 valfi tetiklenmişse, kesintili iletim meydana gelir, X_a X_c ile paralel konuma gelir. 1 ve 2 noktaları arasındaki empedans şekil 9-b'deki gibi $jX_c X_a / (X_c - X_a)$ değerini olur. Hattın efektif reaktansı X_{eff} , bütün empedansların toplamı olur.

$$X_{eff} = X + (X_c X_a / X_c - X_a) - X_c \quad (9.3)$$



Şekil 9.1-b Hat kısmen dengede iken mevcut empedans

Q_1 ve Q_2 tristör valfleri bağımsız olarak açık ve kapalı olarak anahtarlanabilir. Sonuç olarak A ve B noktaları arasında verilmiş bir faz açısı için taşınmış aktif güç ihtiyacı olduğu kadar değiştirilebilmiştir. Anahtarlama bir periyotta yapılmıştır, bu da demektir ki güç akışı çok çabuk kontrol edilebilmiştir (Wildi, 2000).

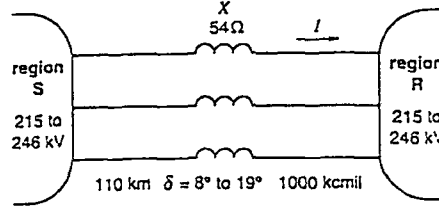
Aşağıdaki örnek anahtarlama işlemini açıklayacak ve gerekli olan sonuçları elde etmemizi sağlayacaktır.

Örnek 9-1: A 230 kV, 3 fazlı, 60 Hz, S ve R bölgelerine bağlanmış olan iletim hattı her faz başına 54 Ω 'luk bir empedansa sahiptir (Şekil 9.2). Hat, 110km uzunluğundadır ve karşılıklı bölgelerin uzunluğu 1000kcmil olan 3 ACSR iletken mevcuttur. İletken termik limiti 1050 A'dır.

Bütün bölgelerdeki gerilimin 215kV ile 246kV arasında değişmektedir. Ayrıca, 2 bölge arasındaki faz açısı da 8 derece ile 17 derece arasında rasgele değişmektedir. S bölgesinden R bölgesine devamlı iletim olmaktadır. Buda demektir ki, S bölgesinden R bölgesine devamlı aktif güç boşaltması olmaktadır.

İlave olarak, iki bölge arasında dengeleyici her link alanı oluştuğunda bütün teşebbüsler iletkenlerin termik limitleri dahilinde taşıyabilecekleri en çok gücü taşırlar.

İletim hattı, her bir 12Ω 'luk empedansa sahip seri halde 4 kondansatörle donatılmıştır. Şekil 9.3'te gösterildiği üzere indüktif reaktansı $1,71 \Omega$ olan her bir kondansatör paralel olarak bağlanmıştır.



Şekil 9.2 S ve R bölgelerine bağlı iletim hattı

S (verici) ve R (alıcı) bölgelerine bağlı iletim hattı pratikte , aşırı gerilim koruması için, ayrıca metal oksit gerilim bağımlı dirençleri (MOV) ve bir devre kesicisi kapsamış olmalıydı. Fakat şekilde görülmemektedirler.

Amacımız aşağıdakileri tespit etmektir;

- Tristörler tamamen iletimdeyken bir tek kondansatörün efektif empedansı
- İletim hattının taşıyabileceği maksimum nominal güç
- S bölgesinin gerilimi 218 kV, R bölgesinin gerilimi 237 kV ve bunlar arasındaki faz açısı 15 derece olduğu zamanki seri dengeleme devresinin görünümü.

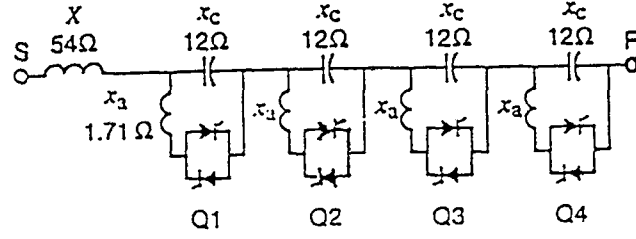
Çözüm:

- İndüktansla paralel olan kapasitörün indüktif empedansı X_p ;

$$X_p = (X_c X_a) / (X_c - X_a) = (12 \cdot 1,71) / (12 - 1,71) = 2 \Omega' \text{ dur.} \quad (9.4)$$

- İletim hattının nominal akım ve nominal geriliminden elde edilmiş olan nominal güç;

$$P_{\text{nominal}} = E I 3^{1/2} = 230,000 \times 1050 \times 3^{1/2} = 418 \text{ MW}$$



Şekil 9.3 4 adet seri tristör kontrollü seri kondansatörlü iletim hattı

c) İstenen nominal güç değeri 418 MW, $E_s = 218$ kV, $E_r = 237$ kV ve $\delta = 15^\circ$ verilmiştir. Efektif hat empedansı X_{eff} aşağıdaki formül uygulanarak bulunabilir.

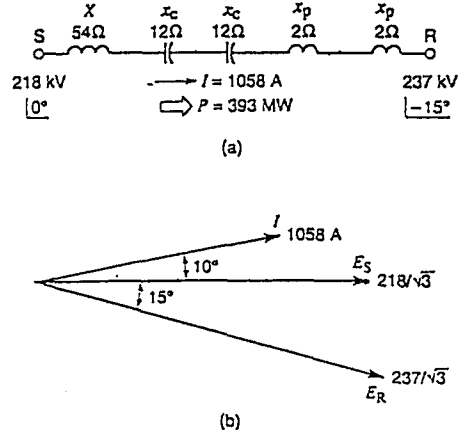
$$P = (E_s E_r / X_{eff}) \sin \delta \quad (9.5)$$

$$418 = [(218 \times 237) / X_{eff}] \sin 15^\circ$$

$$X_{eff} = 32 \Omega$$

Şekil 9.4-a'da görüldüğü üzere Q_3 ve Q_4 tristörleri, diğer tristörler bağlı değilken bağlanırlar. Böylece hattın sonuç olarak net reaktansı $54 - 24 + 4 = 34 \Omega$ oluyor. Gönderilen gerçek güç böylece;

$$P = [(E_s E_r) / X_{eff}] \sin \delta = [(218 \times 237) / 34] \sin 15^\circ = 393 \text{ MW}$$



Şekil 9-4 Verici / Alıcı durumları için devre şekli

393 MW, max. nominal güç olan 418 MW'a son derece yakındır. Bu duruma ait fazör diyagramı şekil 29-b 'de gösterilmiştir.

Örnek gösteriyor ki, tristör kontrollü seri kondansatörler, iletim hattının termal kabiliyetiyle ihtiyaç duyulan herhangi bir güç için devreyi açıp kapayabilirler (Wildi, 2000).

9.1.1 Verniyer Kontrolü

Tristörlerin iletim periyodunu azaltmak bazı uygulamalarda yararlıdır, böylece indüktörlerin efektif reaktansı X_a , kendi gerçek değerinden daha büyük olur. Verniyer kontrolü, iletim hattının efektif empedansını geniş bir değer aralığında değiştirmek için TCSC kontrolörüne imkan verir.

9.1'deki örneğe geri döndüğümüzde, iletim periyodunun daha kısa olduğunu farz edersek, indüktörün efektif reaktansının değeri $1,71 \Omega$ yerine 4Ω olur. Bunun sonucunda da 12Ω 'luk kondansatör ile 4Ω 'luk reaktansın paralel kombinasyonundan indüktif reaktans 6Ω olur.

Şöyle ki;

$$X_p = [(X_c X_a) / (X_c - X_a)] = [(12 \times 4) / (12 - 4)] = + 6 \Omega \text{ (indüktif)}$$

Bir başka açıdan, eğer iletim periyodu daha kısa ise, efektif empedans 36Ω 'a çıkabilmiştir. Bu koşullar altında, LC paralel kombinasyonu 18Ω 'luk kapasitif reaktans sonucunu ortaya çıkarıyor.

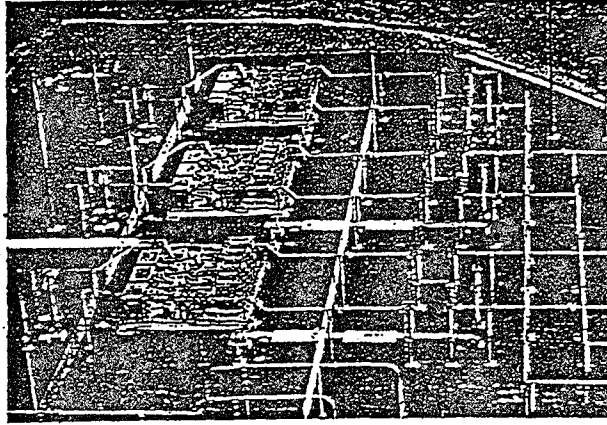
Şöyleki;

$$X_p = [(X_c X_a) / (X_c - X_a)] = [(12 \times 36) / (12 - 36)] = -18 \Omega \text{ (kapasitif)}$$

Böylece, TCSC verniyer tekniği, geleneksel bir seri dengeleme düzeninin karşılaştırmasına benzer, ilave bir avantaj ortaya çıkarır.

Verniyer kontrolü, özellikle iki bölge arasında kararlı (dengeli) problemler oluştuğunda avantajlıdır. Düşük frekanslı güç osilasyonları, iletim hattında güç akışı modülasyonu ile sönümlü hale getirilebilmiştir. Tristörlerin ani hareketleri, geri besleme sinyalleri ve bilgisayar algoritmaları tarafından desteklenmiştir (Wildi, 2000).

Şekil 9.5, Bonneville Güç İdaresinin Kuzey Oregon'da kurulmuş olduğu, 500 kV 'lık, 3 fazlı, 60 Hz 'li iletim sistemine sahip TCSC sistemini göstermektedir. Bu sistem metal oxide gerilime bağlı değişken dirençleri tarafından direkt olarak korunan 6 adet aynı TCSC modülünden meydana gelmiştir. Tristör kontrollü seri kondansatör ünitesi aşağıdaki nominal değerlerden ve parçalardan oluşmaktadır.



Şekil 9.5 Kuzey Oregonda bulunan C.J. Statt Trafo merkezinden bir görünüş. Bağlantı kesici devreler sağda, bypass şalterleri soldadır. Kondansatörler, reaktörler ve tristör valfleri, topraktan izole edilmesini sağlayan 3 platform üzerine monte edilmiştir. Her bir platformda, kapasitörler sağda, reaktörler ortada ve tristörler soldadır. TCSC, Flexible AC iletim sistemi (FACTS) programının bir parçasıdır.

1. Nominal sistem gerilimi (hattan hata): 500 kV
2. Nominal hat akımı: 2900A
3. Nominal 3 fazlı dengleme: 20102 MVA_r
4. Her fazdaki (indüktanslar devrede değilken) nominal kapasitif reaktör: 8 Ω
5. Her fazdaki maksimum efektif kapasitif reaktans: 24 Ω (indüktörler, geciktirilmiş iletim modundayken)
6. Her fazdaki efektif indüktif reaktans (indüktörler tamamen iletim modundayken): 1,22 Ω
7. TCSC, aşağıdaki aşırı yük koşullarına karşı koymak için tasarlanmıştır:

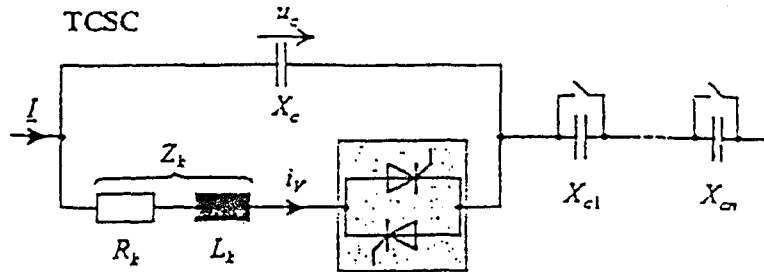
- 30 dakikada aşırı yük akımı: 4350 A
- 1 saniyede aşırı yük akımı: 5800 A
- maksimum arıza akımı: 20,3 kA
- Tristör valfindeki maksimum tepe arıza akımı: 60 kA

9.1.2 Tristör Kontrollü Seri Kompanzasyon (TSCS) İçeren Güç Sistemlerinin Analitik Özel Tarifinin Gelişimi

Güç elektroniği cihazları içeren sistemlerin sürekli hal davranışları için bir çok hesaplama metotları, yüksek dereceli harmoniklerin grafikte gösterilişi için sabit akım kaynakları kullanılır. Birçok durumda bu, sonsuz bir bara sistemi anlamına gelir. Bu nedenle, tüm ac sistemin ve akım konverterinin veya flexible ac transmission system (FACTS) karşılıklı etkilenmeleri ihmal edilmiştir. Özellikle, modern FACTS cihazları için bu teknik yararlı değildir, çünkü güç elektroniği cihazlarının ve çevre ağlarının karşılıklı etkilenmesiyle harmoniklere sebep olur.

Geliştirilmiş metotlar, anahtarlama işlemlerinin periyodik sıralaması gibi güç elektroniği cihazlarını içeren sistemlerin sürekli hal işlemlerini yorumlar. Şebeke davranışı, anahtarlama işlemlerinin dinamik sistem karakteristikleri ve periyodik darbeleriyle fiziksel tabakada açıklar.

Tristör kontrollü seri kondansatörler temel olarak, sabit kompanzasyon kondansatörü X_c , tristör anahtarlama kondansatörleri $X_{c1} \dots X_{cn}$ ve tristör kontrollü reaktans Z_k 'yi içerir (Şekil 9.6). Hat akımı (I) veya uzak ağ düğümleri arasındaki faz açısı, tüm TCSC cihazının hat direnci ve indüktansı ve özelliklede gerçek efektif kompanzasyon faktörüyle kuvvetlice etkilenir. Kompanzasyon faktörü veya TCSC'de üretilmiş reaktif güç doğrudan hesaplanamaz, çünkü anahtarlama ve kontrollü seri ve paralel süsteptanslarda üretilir.

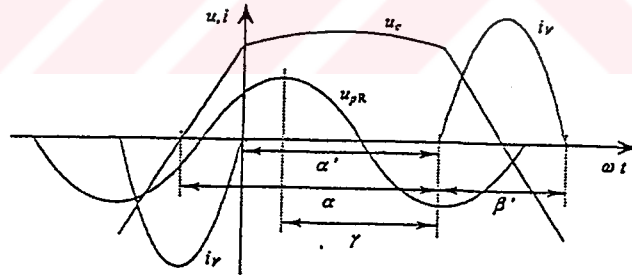


Şekil 9.6 Bir TCSC'nin tek hat diyagramı

Bu güç akış görünüşüne ek olarak, özellikle tüm ağıın harmonik davranışı, Z_k kısmındaki faz kontrollü anahtarlama işlemiyle kuvvetli şekilde etkilenir. $X_{cl}...X_{cn}$ kondansatörlerinin anahtarlama işlemleri, harmonik kararlığında darbe veya ikincil darbe yoktur, çünkü anahtarlama, faz kontrollü değildir fakat kondansatörlerle senkronize edilmiştir. Bu nedenle $X_{cl}...X_{cn}$ 'nin kapasitesi kararlı halde özetlenebilir. Sabit çalışma durumunda TCSC, 6 darbeli bir anahtarlama cihazı gibi yorumlanmalıdır. Bir TCSC'nin sürekli hal çalışması, bir periyot uzunluğunda $\tau[1]$ elde edilmiştir.

AC ağıdaki akımların ve gerilimlerin bütün fazörlerinin periyodik davranışı sistem analizini, 3 fazlı sistem beslemesinin sistem analizini 1/6 periyoda sınırlaması için bir defa daha kullanılabilir.

Tristör valflerinin gerçek ateşleme açısı α ve iletim açısı β 'ya bağlı olarak, bir tristör kontrollü kompanzasyon teçhizatının farklı durumlardaki çalışması şekil 9.7'de oluşturulmuştur (Weindl ve Herold, 2000).

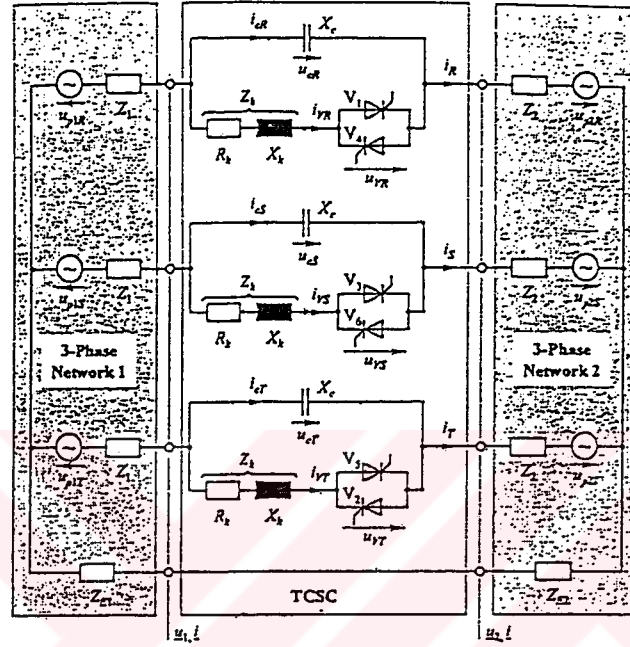


Şekil 9.7 Ateşleme açısı α , iletim açısı β , referans gerilimi u_c ve valf gerilimi i_v

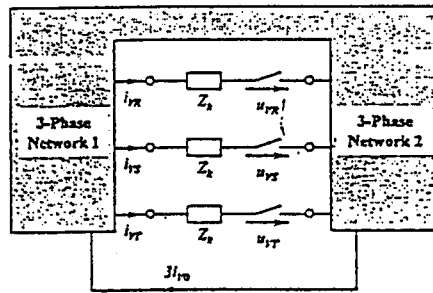
9.1.2.1 Eşdeğer Devreler

Eşdeğer devrelerin gelişimi, empedanstan bağımsız bir anahtarlama cihazı üzerine temellendirilmiştir. Valf empedansları, kontrollü reaktansların ve ilave simetrik empedansların direnci R_k ve indüktansı X_k 'ya dağıtılmıştır. Şekil 9.8'de gösterilen temel TCSC devresi, şekil 9.9'da gösterilmiş şebekeye indirilebilir. Kontrollü reaktanslar, eşdeğer

anahtarlamalı işlemci Z_k tarafından gösterildiğinde, tüm besleme sistemleri, transformatörler, filtreler basitleştirilmiş bir çevre ağ yapısı içine konulmuştur. Mümkün olan üç işlem modu, şekil 9.9'da gösterilmiş olan dört eşdeğer devre üzerine temellendirilmiştir.



Şekil 9.8 İlave kondansatörleri içeren iki besleme sistemli bir TCSC sisteminin temel yapısı



Şekil 9.9 Bir TCSC sisteminin basitleştirilmiş eşdeğer devresi

Burada sunulan metot, kompleks şebeke yapılarında TCSC' nin sabit çalışmasında analitik bir tarif yapmaktadır. Dinamik sistem karakteristikleri üzerine temellendirilmiş anahtarlamalı cihazların periyodik darbeleri, zaman domeninde simülasyonlarda kaçınmaya yardım eder.

Burada açıklanan metot eşdeğer devre elemanlı devreler üzerine temellendirilmiş bir analitik sistem tasvirini elde etmek için izlenecek yolu gösterir. Algoritmanın tamamı, tüm önemli sistem parametrelerinin direk optimizasyonuna izin verecektir. Ayrıca standart sinyal işlemi, akımların ve gerilimlerin harmonik analizleri için iletindedir.

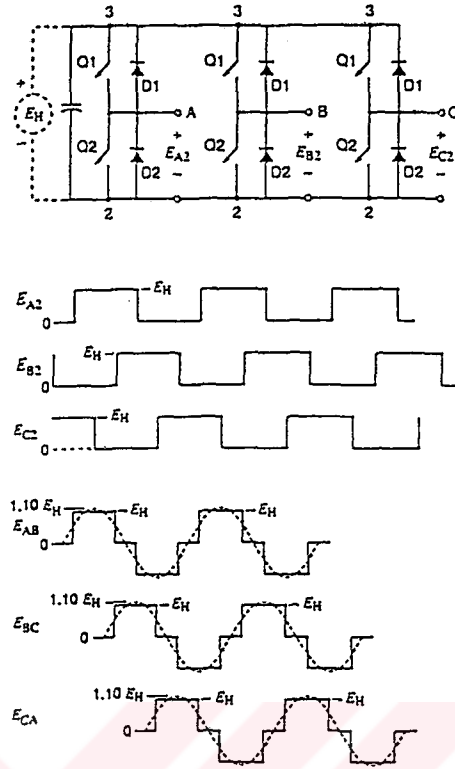
Uygulanan metot simetrik ve non-simetrik 6 ve 12 darbeleri akım dönüştürücüleri ve statik VAR kompanzatorları olan sistemler için başarıyla uygulanmıştır. Ayrıca, PWM darbeleri konverterleri analitik olarak açıklamak için uygulanan metodu genişletmek mümkündür. İlave olarak, dinamik sistem hesaplamaları için ileriye sürülen yaklaşımı genelleştirmek için bir fırsattır (Weindl ve Herold, 2000).

9.2 Statik Senkron Kompanzator (STATCOM)

Bilindiği üzere, iletim hattının gerilimi, hattın sonundaki alıcıya yerleştirilen bir kompanzator tarafından kontrol edilebilir. Geleneksel olarak bu kompanzatorlar, büyük kapasitörlere ve indüktanslara ihtiyaç olunan makineleri veya statik var kompanzatorlarını döndürür.

Bugün, bu makine ve cihazların, bir anahtarlama konverter ile dc kapasitör ve bir transformator grubuyla tekrar devreye girmesi mümkündür. Bu statik senkron dengeleyici diğer adıyla STATCOM, önceki dengeleyicilere nazaran pek çok avantaja sahiptir. İlk olarak, daha hızlı tepki verir ve gerilim dalgalanmasına bir periyotluk sürede cevap verebilir. İkinci olarak, sistem gerilimi düşük olduğundan anlık olarak daha fazla gerilim çökmesini önlemek için yüksek oranda reaktif güç gerektiğinde daha çok reaktif güç üretirler. Bununla beraber, şuan kullandığımız konverterler yüksek frekanslı PWM tekniklerinde kullanışlı değildiler, çünkü, megawatt güçlerinde GTO' ların kullanılmasını gerektirmektedir. Bu nedenden dolayı, konverter açıp / kapama anahtarlama 60Hzlik hat frekansında yapılan dikdörtgen dalgayla işlem yapar.

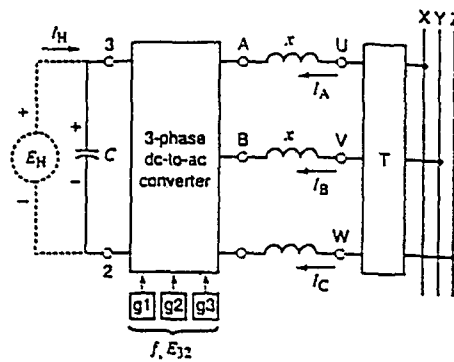
Temel STATCOM konverteri, kendi ürettiği dikdörtgen dalgalarla şekil 9.9'da gösterilmiştir. Dikdörtgen hat gerilimleri, tepe değeri $1,10 E_H$ 'a eşit olan temel bir parça içerir. Buradaki E_H , dc gerilimdir. Efektif hatlar arası gerilim $1,10 E_H / 2^{1/2} = 0,78 E_H$ bulunur ve efektif hat-nötr gerilimi de $0,78 E_H / 3^{1/2} = 0,45 E_H$ bulunur (Wildi, 2000).



Şekil 9.9 Statik var kompanzatoru için dalga şekilleri ve konverter şeması

Hat gerilimleri dikdörtgendir ve temel 60 HZ frekansının 5. , 7. ve daha yüksek tek çarpanlı harmonikleri içerir. 3.'ün katı harmonikler yoktur.

Şekil 9.10 bir konverter tesisatının bağlantı şemasını göstermektedir. Bu bağlantı şeması, 3 fazlı gerilim iletim hattı x,y,z 3 fazlı gerilim düşürücü bir transformatör T; her biri X olan 3 reaktans; 3 fazlı bir dönüştürücü; kondansatör C ve bir de gerilim kaynağı E_H içerir.



Şekil 9.10 Statik senkron kompanzatorün çalışma prensibi

E_H ayarlı değişkeni tarafından kontrol edilen A,B,C terminalleri arasındaki ac gerilimin genliği ve GTO kapısının uygun zamanlamasıyla kontrol edilen faz açısı, g_1, g_2, g_3 'ü tetikler. Böylece konverter geriliminin faz açısı, transformatörün ikinci tarafındaki U,V,W iletim hattı gerilimleriyle 0 ile 360° arasındaki herhangi bir değere oturabilir.

Devrede ne olduğuna anlamak için, 3 fazlı sistemin bir fazını düşünelim. E_{An} ve E_{Un} diye isimlendirilen A ve U terminalleri için hat-nötr gerilimini seçelim. Çünkü, bu bir var (voltamper reaktif) kompanzatördür ve biz sadece reaktif gücün üretilmesiyle ilgileniyoruz. Sonuç olarak, hat akımı I_A , hat-nötr gerilimlerini 90° ile geciktirmeli veya ilettime sokmalıdır. Bu sonucu elde etmek için konverter gerilimi E_{An} 'in faz açısı düzenlenmiştir, böylece uygun iletim hat gerilimi E_{Un} ile birlikte E_{An} fazdadır. Aşağıdaki 3 durumu ele alacağız:

1. Eğer $E_{An} = E_{Un}$ ise, x reaktansından akım akmayacaktır ve böylece dengeleme sıfır olur.

(Şekil 9.11-a)

2. Eğer E_{An}, E_{Un} 'den küçükse 90derece gecikmesi olarak bir I_A akımı akacaktır.

(Şekil9.11-b)

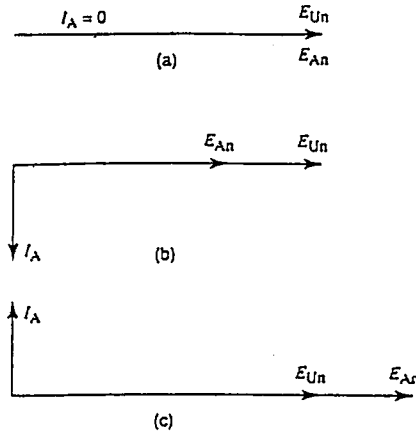
Genliği aşağıdaki şekilde verilmiştir;

$$I_A = (E_{Un} - E_{An}) / X \quad (9.6)$$

Bunun sonucu kompanzatör, iletim hattından reaktif güç çeker. Dengeleyici bobinlerin olmadığı magnetik alanın üretilmediği büyük bir indüktans gibi davranır.

3. Eğer E_{An}, E_{Un} 'dan büyükse, I_A akımı 90° 'lik açıyla ilettime girecektir. I_A 'nın genliği 9.6'daki formülle aynıdır, sadece eksidir. Bunun sonucu, konverter, iletim hattına reaktif güç boşaltır. Konverter, elektrostatik anodların ve elektrik olanlarının olmadığı büyük bir kondansatör gibi davranır.

(Şekil 9.11-c)



Şekil 9.11 E_{An} 'in değerine bağlı olan E_{Un} 'in fazör diyagramları.

Dc güç beslemesi E_H ve birleştirilmiş kondansatör C 'yi ele alalım. Konverter, gücü bütün yönlerde yani dc taraftan ac tarafa veya tam tersi yönde transfer edebilir.

Konverterin, faz açısının geciktirildiğini farz edelim. Bu durumda konverter iletim hattından aktif güç alır ve gücün dc güç kaynağı tarafından emilmesi gerekir. Başka bir açıdan eğer konverter geriliminin faz açısı iletim hattı gerilimini iletime sokmak için düzenlenmişse, aktif güç konverterden iletim hattına doğru dağıtılabilecektir.

Faz kontrolün ayarlanmasıyla güç kaynağından elde edilen I_H akımı sıfır değerine ayarlanabilir. Bütün bunlar, A,B,C konverter gerilimlerinin faz açılarının ayarlanmasını gerektirmektedir. Güç kaynağı E_H , gerekli olan dc gerilimi muhafaza etmek için sadece C kondansatöründen ayrılarak tümüyle dağıtılmıştır. Kondansatöre göre gerilim küçük faz açılarının sadece ilerletilmesi ve geciktirilmesiyle artırılabilmiştir veya azaltılabilmiştir.

Bu yolla kondansatör, dc bir gerilim seviyesi E_H 'a yüklenmiştir. Böylece A,B,C terminallerine göre ac gerilimin sonucu, gereken var dengelemesini üretmek için gerekli olan değeri sağlar (Wildi, 2000).

Örnek 9.2: Tesis edilen konverter, her bir fazın efektif akımı 2000A olan değer aralığını 4 kV'a çıkaran bir ana hat gerilimi üretmek için kurulmuştur.

230 kV'lık iletim hattı gerilimi bir transformatör vasıtasıyla kademeli olarak 4.8 kV'da indirilmiştir. Sekonder tarafta bulunan transformatörün kaçak x reaktansı 0,2 Ω değerindedir. Konverterin dc tarafındaki kondansatör bataryası, 500MF'lik bir değere sahiptir.

- a) 6,4 Mvar'ın tümünü iletim hattına ulaştırmak için gerekli olan konverter hat gerilimi E_{AB} 'nin hesaplanması.
- b) Aşağıdaki koşullar altında kondansatör bataryasına göre dc gerilimin hesaplanması.

Çözüm:

- a) 6,4 Mvar'ı üretmek için gerekli olan akım;

$$I = Q / (E_{UV} 3^{1/2}) = 6\,400\,000 / (4800 \times 3^{1/2}) = 770 \text{ A}$$

Reaktansa göre gerilim düşümü;

$$E_X = I \cdot x = 770 \times 0,2 = 154 \text{ V}$$

Transformatörün sekonder tarafından indüklenmiş hat-nötr gerilimi;

$$E_{Un} = 4800 / 3^{1/2} = 2771 \text{ V}$$

Konverterin hat-nötr gerilimi E_{An} , E_{An} 'e 154V ilave edilerek bulunur;

$$E_{An} = 2771 + 154 = 2925 \text{ V}$$

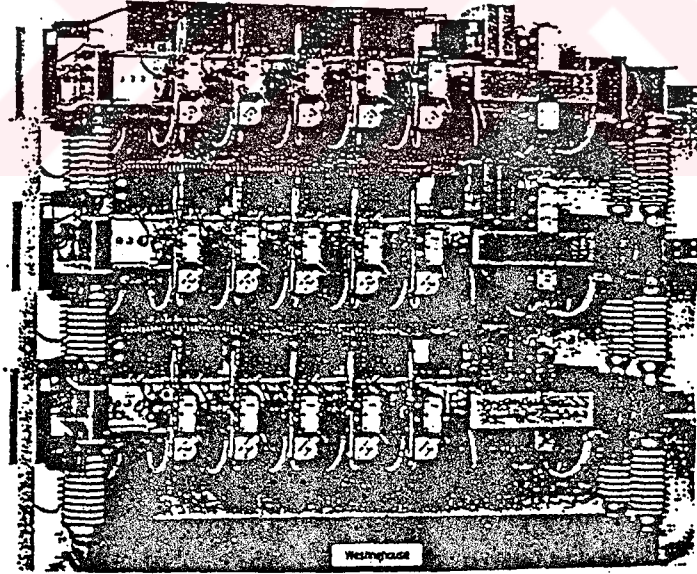
Konverterin hat-hat gerilimi; $E_{AB} = 2925 \times 3^{1/2} = 5066 \text{ V}$

- b) Kondansatörün dc gerilimi; $E_H = 2925 / 0,45 = 6500 \text{ V}$

9.2.1 Harmoniklerin Elimine Edilmesi

Şekil 9.10'da gösterildiği gibi basit bir üç fazlı konverter tarafından üretilen dikdörtgen dalgalar, müsamaha edilemeyecek bir durum olarak iletim hatlarında büyük akım harmonikleri üretebilirler. Bu sebeple bir konverter yerine bir çok konverter kullanılır.

Her bir konverter bir dikdörtgen çıkış gerilimi üretir, fakat ilgili gerilimler birbirinden belli açılar tarafından ayrılır. Bu faz kaymalı gerilimler birbirinden izole edilir ve böylece alçak gerilim transformatör bobinlerine münferit olarak uygulanabilmiştir. Ana 60 Hz'lik devre elemanlarının başarıyla üzerine eklenmesi sırasında, yüksek gerilim tarafındaki bobinler biri birine harmoniklerin büyük bölümünü (5. , 7. vs) önleyecek şekilde seri olarak bağlanmıştır. Sonuç, ana ve yüksek frekans harmoniklerini içeren bir kompozit sinüzoidal gerilimdir. Transformatörlerin kaçak reaktansları tarafından oluşan yüksek empedans karşılıklı olarak düşük harmonik akımları oluşturur (Wildi, 2000).



Şekil 9.12 Şekil TVA Sullivan Transformatör Merkezinde 161 kV iletim hattının reaktif gücünü kontrol için kullanılan 8 konverterden birini göstermektedir.

Konverter, 12,5 Mvar nominal değere sahiptir ve 7600 V'luk nominal bir dc baradan işletilmektedir. 3 fazlı, 60 Hz'li çıkış gerilimi 5,1 kV nominal değere sahiptir. Tüm konverter istasyonu 48 feet genişliğinde ve 90 feet uzunluğunda bir alanı kapsamaktadır.

9.2.2 STATCOM Uygulamaları

Aktif filtreleme, reaktif güç depolaması ve fliker düzeltme gibi yeteneği olan STATCOM cihazların kullanımı, tüketiciler ve dağıtıcılar için oldukça caziptir. Kısmen, çünkü, direkt olarak şebekeye bağlanır; tamamen, çünkü aynı güç elektroniği konfigürasyonu kullanılabilir, böylece farklı servisleri teçhiz etmek için kontrol binasında değişiklik yapılır.

STATCOM, güç faktörü düzeltimi ve gerçek-zaman gerilim desteğiyle iletim transferi limitlerini %50'den fazla artırır, böylece uzak enerji kullanıcıları için termik aşırı yük durumları azaltılmış olur ve güç kalitesi düzeltimi yapılır (Song vd., 2000).

Yaklaşık olarak bir STATCOM sistemi için toplam maliyet 200\$ K/M Var'dır.

Özgül bir uygulamada herhangi birinin uygun olduğunu bulmak için teçhizatlar arasında yapılan bir karşılaştırmada birkaç önemli parametre düşünülmüştür:

- Nominal güç değerleri (kVA)
- Nominal reaktif güç değerleri (kVAr)
- Nominal gerilim (orta veya alçak gerilim)
- Frekans (dalgalı akım değiştirici)
- Nominal inverter akım
- Max. harmonikler
- Aynı anda dengeleme yapabilen harmoniklerin max. sayısı
- Yük akımı değişiklikleri için cevap süreleri
- Verim (%)
- Filtre verimi (%) = $(THD 1) / (THD 2) \times 100$

Burada;

THD1 = Fitrenin toplam harmonik distorsiyonu

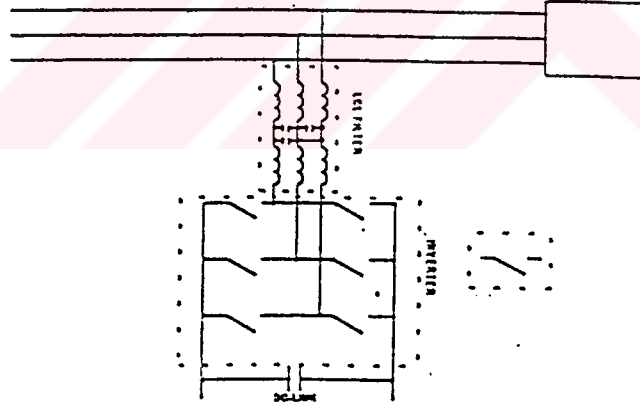
THD2 = Yüknün toplam harmonik distorsiyonu

Bu karşılaştırma, 2 alçak gerilim ticari ürünü için aşağıda gösterilmiştir:

- Asea Brown Boverly (ABB) tarafından yapılan PQF (power quality filter)
- SIEMENS AG tarafından yapılan SIPCON P veya DSTATCOM

Konfigürasyon, şekil 9.13'de gösterilen ticari teçhizatlarla düzenlenmiştir.

Bu konfigürasyon, bir bağlama transformatörünün ilave edilmesiyle orta-gerilim veya yüksek gerilim uygulamalarında kullanılabilir (Song vd., 2000).



Şekil 9.13 Temel APF-STATCOM görünümü

9.2.2.1 ABB, Güç Kalite Filtresi (PQF)

ABB'nin 4 tane geçerli APF modeli bulunmaktadır; PQFL, PQFA, PQFB ve PQFC.

Bütün bu modeller aşağıdaki özellikleri kapsar:

- PQF modelleri, PWM teknolojisiyle kontrol edilen IGBT inverter köprüsüyle yapılmıştır.
- Filtreleme verimi %97'dir.
- Aynı anda 20 harmonik devre elemanı kompanze edebilir.
- Reaktif güç dengelemesi mümkündür fakat temel öncelik 50 Hz'lik şebekelerde değildir, öncelik olan harmonik filtrelemesidir.
- PQF'nin nötr bağlantısı yoktur ve sıfır harmonik terimi filtrelemez.
- Yük değişikliklerinin cevap süreleri 40 ms'den azdır.

600V'un üzerindeki gerilimler için kullanılan PQF modeli, şebekeye bağlanmış gerilim kapasitesini arttırmak için kondansatör bağlanan PQFA'dan ibarettir. PQFB modeli, reaktif gücü kompanze edemez, bunun yanında kontrol edilemeyen sabit bir reaktif güç devre elemanı üretir.

PQFL, nominal gücü 340 kVA'ya ulaşan 4 güç modülü içerir. PQFA modeli 50 Hz'lik şebekede nominal gücü 1,2 MVA'ya ulaşan 8 güç modülü içerir (Song vd., 2000).

9.2.2.2 Siemens Power Combitioner Parallel (Sipcon P/dSTATCOM)

Siemens tarafından geliştirilen APF, reaktif gücü, yük akımı dengesini, harmonik filtrelemesini ve fliker kompanzasyonunu kompanze eder.

SIPCON P modelleri, bağlama transformatörleri vasıtasıyla Orta Gerilim ve Yüksek Gerilim Şebekelere bağlanmıştır. Tek bir SIPCON P ile mevcut max. nominal güç değerleri 925 kVA'dır, birkaç SIPCON P'yi paralel bağlayarak 4 MVA elde edilmiştir.

SIPCON P'nin temel olarak iki kontrol modu vardır.

- Standart Mod: SIPCON P, harmonik filtrelemesi ve yük dengesi için tüm gücü veya yarı gücü tedarik eder, eğer bu uygulamalar tüm mevcut güçler için gerekli değilse reaktif güç kompanzasyonu yapılabilir.

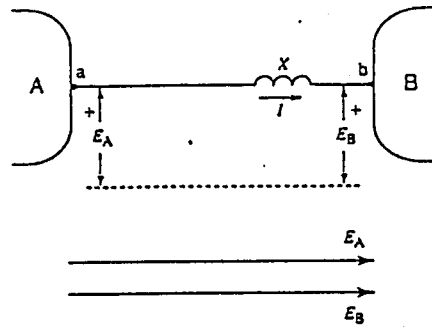
- Flicker Mod: Bütün teçhizat güçlerinin toplamı, flicker kompanzasyonu için tedarik edilmiştir. Bu kompanzasyon 2-10 ms'lik sürede gerçekleştirilir.

Diğer karakteristikler aşağıda listelenmiştir;

- PWM teknolojisiyle kontrol edilen SIPCON P modelleri, IGBT inverter köprüsüyle yapılır.
- Aynı anda 4 harmonik akımı devre elemanı aktif filtrelenir.
- Kompanzasyon için en yüksek harmonik devre elemanı, 13. devre elemanıdır. (650Hz, 50Hz'lik şebekelerde)
- Harmoniklerin akım değişikliklerinin cevap süreleri 20ms'den azdır (Song vd., 2000).

9.3 Birleştirilmiş Güç Akış Kontrolörü (UPFC)

Gerilimleri gerekli olan genlik ve fazda sabitlenmiş, tek başlarına çok güçlü olan iki elektrik kuruluş alanı A ve B'yi düşünelim. Daha sonra hat-nötr gerilimleri E_A ve E_B 'nin eşit ve fazda olduğunu varsayalım (Şekil 9.14).



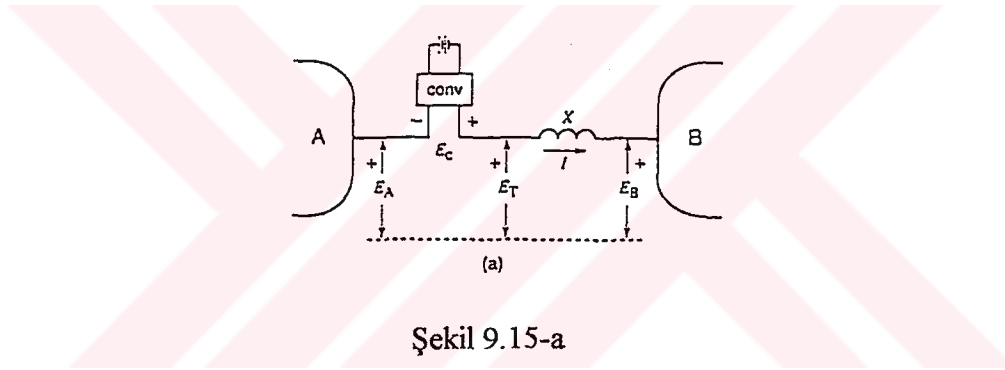
Şekil 9-14 Hat-nötr gerilimleri E_A ve E_B 'nin eşit ve fazda olduğu şekil

Bu şartlar altında, eğer bir X empedansına sahip olarak, bölgeler bir iletim hattıyla birbirine bağlıysa aralarında aktif yada reaktif güç değişiminden söz edilemez, çünkü hat akımı I sıfır olmalıdır.

Hat'a seri olarak kondansatör eklenmesinin bir yardımı olamayacaktır, çünkü hattın iki son ucu arasındaki sürme gerilimi bulunmamaktadır.

Bu bir talihsizliktir, zira bölgelerden komşu bölgeler tarafından kullanılabilir aşırı üretim kapasitesine sahip olabilir. Bölgelerden birinde oluşabilecek ani bir parazit dengenin kurulması için ekstra aktif ve reaktif güce ihtiyaç duymayı gerektirebilir. Bu şekildeki acil durumlarda hız çok önemlidir ve böylece iletim hattındaki aktif ve reaktif güç akış kontrolü hızlı ve seçici olmalıdır.

Farz edelim ki, genliği ve fazı ayarlanabilen ac gerilim kaynağı E_C seri olarak hat'a bağlanmış olsun. Hattın yanına A bölgesine bir dc/ac şalteri konverter kullanmaktır (Şekil 9.15-a).



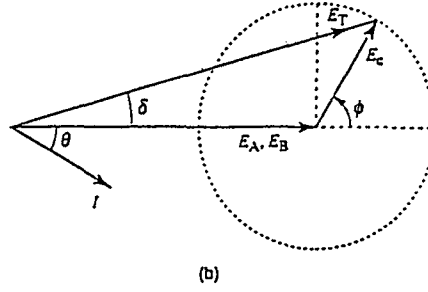
Şekil 9.15-a

Hat reaktansının ilersindeki sonuç gerilimi E_T , fazör olarak E_A ve E_C nin toplamıdır. Eğer, E_T ve E_B arasındaki faz açısı δ ise, aktif güç hat üzerinden iletilebilir.

Şöyle ki;

$$P = [(E_T E_B) / X] \sin \delta \quad (9.7)$$

Şekil 9.15-b'de ki fazör diyagramı gösteriyor ki, E_C 'yi sabit tuttuğumuzda eğer E_C 'nin faz açısı değiştirildiğinde E_T 'nin ucu daire üzerinde kesiştirilir.

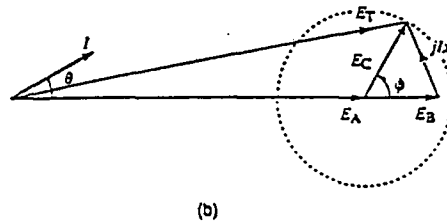
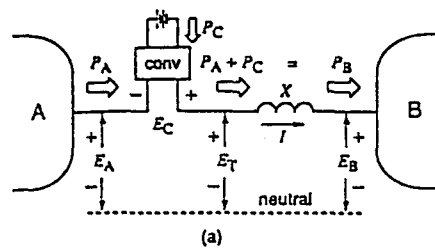


Şekil 9.15-b

Sonuç olarak, δ açısı max. bir pozitif değerden, maksimum bir negatif değere doğru ilerleyerek değişecektir. Böylece, hatta taşınan aktif güç her iki yönde de akabilir. Bundan başka, genliği de ayarlanabilir.

Sonuç olarak, konverter tarafından gerçek bir güç boşalması veya güç emilmesi olmamıştır. Her ne kadar konverterde $Q_C = E_C I \sin \phi$ var'a eşit reaktif güç boşalması olur. Ayrıca eğer E_C 'nin fazı ayarlıysa $\phi = 90^\circ$ 'dir.

Farz edelim ki, E_A ve E_B fazdadır fakat farklı değerlere sahipler, E_A , E_B 'den daha küçük bir değere sahip (Şekil 9.16).

Şekil 9.16 E_A ve E_B 'nin fazör şekilleri

Daha önceki gibi, E_C 'nin faz açısı, E_A fazörünün bitiş noktası etrafında dönerek çember üzerinde ayarlanabilir. Hat empedansı üzerine düşen gerilim düşümü $E_T - E_B$ 'dir ve I akımı 90° geriden uzanır.

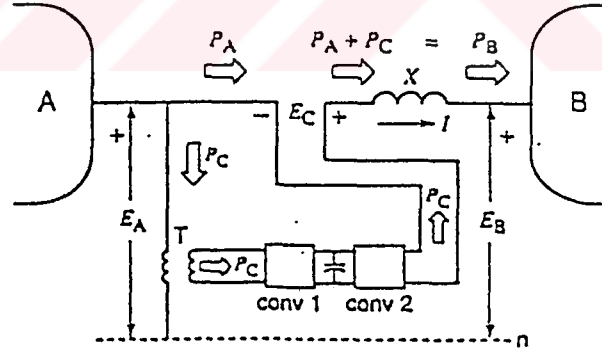
$$\text{A bölgesindeki aktif güç } P_A; \quad P_A = E_A I \cos Y \quad (9.8)$$

$$\text{B bölgesindeki aktif güç } P_B; \quad P_B = E_B I \cos Y \quad (9.9)$$

$$\text{Konvertedeki aktif güç } P_C; \quad P_C = E_C I \cos (\Phi - Y) \quad (9.10)$$

Böylece A bölgesi aktif güç P_A 'yı besliyor, konverter aktif güç P_C 'yi besliyor ve bu ikisinin toplamı B bölgesi tarafından emilen aktif güç P_B 'ye eşit oluyor. Çünkü, konverter, aktif gücü sisteme veriyor, ayrıca gerçek gücü yavaş yavaş deşarj olan akümülatörden çekiyor. Her ne kadar, akümülatör kullanmak yerine güç, A bölgesinin sonundaki iletim hattından doğrudan alınabilir.

Bu çözüm şekil 9.17'de gösterildiği gibi de bir hat tarafından bağlanmış iki konverter gerektirir.



Şekil 9.17 Birleştirilmiş Güç Akış Kontrolörü (UPFC)

Bütün konverteler, yalıtılmış transformatörler ile donatılmıştır. Bu transformatörler conv 1 ve conv 2 olarak adlandırılan kutuların ac tarafını içermektedirler. Konverter 1, ac gücü nominal gerilim E_A olarak düzeltilir ve dc hata verir, bunun üzerine konverter 2, gücü dc hattan çeker ve E_C gerilimi olarak iletim hattına verir.

Konverterler, güç akışıyla ilgili olarak ters çevrilebilir olmalıdır. Bu ihtiyaç otomatik olarak elde edilmiştir.

Gerçek gücü ilave olarak dc hat yolu ile konverter 2'ye verirken konverter 1, statik var dengeleyicisi gibi A bölgesine verir.

Böylece şekil 9.17'de düzenlenmiş iki konverter çok verimli bir güç kontrolörü meydana getirir ve birleştirilmiş güç akış kontrolörü (UPPC) olarak adlandırılır. Ayrıca faz-kaymalı transformatörler yerinede konulabilirler (Wildi, 2000).

9.4 Statik Frekans Konverteri

Frekans değiştiricileri uzun yıllardan beri kullanılmaktadır, daha çok demiryolu taşıma sistemleri için düşük frekanslı güç tedarik ederler. Düşük frekanslar, güç hatlarındaki reaktansları ve bunun sonucundaki gerilim düşümlerini azaltmak için gereklidir. Ayrıca düşük frekanslar, seri motorların tatmin edici düzeyde komütasyonuna izin verir. Bu frekans konverterleri, döner makineler için her zaman gereklidirler.

Bugün, yüksek güçlü anahtarlama konverterlerin mevcudiyetiyle herhangi bir döner makine kullanmadan frekans dönüştürmeyi mümkün kılmaktadır. Şekil 9.18, 20 MW'lık statik frekans konverterinin devre şemasını göstermektedir. Devre aşağıdaki parçalardan meydana gelmektedir:

1. Gücü, konverter istasyonuna veren 150kV, 50 Hz, 3 fazlı iletim hattı.
2. Her bir konverter köprüsü için 150kV, 50Hz'lik hat gerilimi 1190 V'a indiren iki adet 3 fazlı Δ - Δ ve Y-Y bağlı transformatörler. Bobinler paraleldir ve harmonik filtrelerine bağlanmıştır (3). Filtreler ayrıca konverterler tarafından emilen reaktif gücü üretirler.
3. Güç dönüştürücüler tarafından üretilen harmonik akımları için düşük bir empedans sağlayan seri-ayarlı filtreler (5). Başlıca harmonik frekansları, 550Hz, 650Hz, veya daha yukarı olanlardır.

4. Her bir 6-darbeli konverterin 3-fazlı besleme hattı. 2 konverter birlikte, gerilim ve akım harmoniklerini azaltan 12-darbeli çıkış üretirler.

5. 2 adet ara noktalarında topraklanmış seri olarak bağlanmış, 3 fazlı 6 darbeli ac/dc konverter köprüsü. Konverterler ters çevrilebilir güç akışı için dizayn edilmişlerdir. Güç dönüştürücüleri hat komütasyonludur ve dc hattı 1 ve 2 noktaları arasından beslerler. dc hat 2650 V'luk nominal geriliminde çalışır. Tristörün nominal değeri: tekrarlamalı tepe gerilimi : 4400V; ortalama akımı = 1650 A

6. Bir indüktif filtre (6), dc akımın harmonik dalgalanmasını azaltır.

7. Bir dc devre kesici konverterler inverter (dalgalı akım değiştirici) modunda işlem yaparken komütasyon arızası olduğunda koruma sağlar.

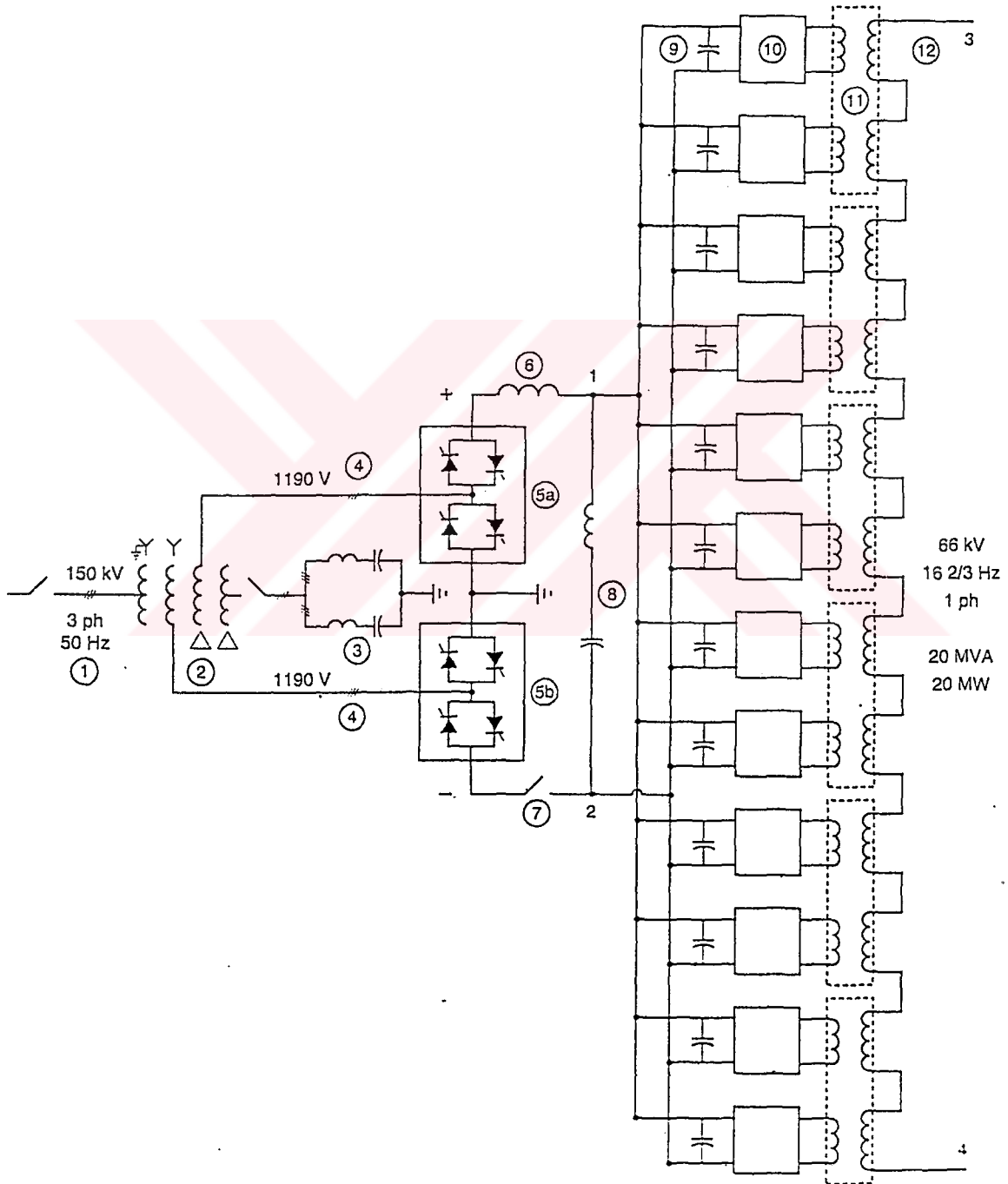
8. Bir harmonik filtre, çıkış frekansı $16 \times 2/3$ Hz'in 2 katı olan $33 \times 1/3$ 'e ayarlanmıştır. Bu harmonik filtre, dc hat geriliminin $33 \times 1/3$ Hz'lik dalgalanmasını azaltır. Konverter istasyonunun tek fazlı güç çıkışı, dc hattı, anahtarlamalı konverterlere darbeli güç vermeyi zorunlu kılar (10).

9. Her bir tek fazlı konverterin girişindeki kondansatör, bir filtre gibi davranır ve konverterlerin gerilim-kaynağı modunda çalışmasını sağlar.

10. $16 \times 2/3$ Hz anahtarlamalı güç konverter modülleri, tek fazlı soğutma suyu üniteleridir. Güç dönüştürücülerindeki GTO'lar, 150 Hz'lik bir taşıyıcı frekansta çalışır. Böylece frekans modülasyon oranı 9 olur. GTO'nun nominal değeri = Yinelemeli tepe gerilimi = 4500V; tepe kesme akımı = 3000 A

12 adet konverterin çıkışları, 6 adet olan transformatorlerin iki primer bobinine bağlanmıştır (11). Sekonder bobinler 66kV, $16 \times 2/3$ Hz tek-fazlı çıkış üretmek için seri olarak bağlanmışlardır (12). Konverterler, sıralı olarak tetiklenmiştir, böylece çıkış gerilemeleri fazın dışındadır. Sonuç olarak, harmoniklerin çoğu elimine edilmişlerdir ve dalga şekli sonucu bir sinüs dalgasına benzemektedir. Tam yük ve birim güç faktörü altında, harmonik distorsiyonu %0,35'ten küçüktür.

Konverter istasyonu, ayrıık veya paralel olarak $16 \times 2/3$ Hz'lik bir şebekenin çalışması için dizayn edilmiştir. Dalga yayılımının çalışma şekli, şebekenin gerilimini dengelemek için tek-fazlı statik var kompanzatorü olarak çalışır. Bu modda konverter istasyonu, 150 kV'lık iletim hattından ayrıdır (Wildi, 2000).



Şekil 9.18 Statik frekans konverter istasyonunun şematik diyagramı

9.5 Dinamik Gerilim Düzenleyicileri (DVR)

DVR'lar ticari açıdan APF'den daha az geliştirilmiştir. Ticari DVR'lar sadece SIEMENS şirketinden bulmak mümkünken, 1999 Martından itibaren ABB, yarı iletken teknolojiyle IGCT üzerine temellendirilen bir DVR testi yapmaya başladı.

DVR, bağlama transformatörü vasıtasıyla kontrollü genlik ve frekansın 3 fazlı gerilimi alternatif akıma enjekte eder. Böylece, DVR, gerilim kalitesi limitlerin dışında iken, yükteki gerilim kalitesini düzeltir. (DVR'ın kapasitesi: Gerilim enjeksiyonu, depolama kapasitesi ve bant aralığı)

Geniş gerilim sapsmaları için, DVR, enerji depolama sisteminden yük için aktif gücün bir kısmını depo edebilir.

DVR'ın temel uygulamaları şunlardır: gerilim sapsması kompanzasyonu, gerilim yükselmesi, aşırı gerilim kompanzasyonu, harmonik gerilim kompanzasyonu ve asimetrik gerilim sistemlerinin değerilanması (Song vd., 2000).

Bir DVR seçimi için en önemli özellikler:

- Güç (kVA) ve gerilim (V) nominal değeri
- Kompanzasyon için gerilim sapsmasının ve yükselmesinin yüzdesi
- Anahtarlama frekansı
- Nominal ve max. akım
- Cevap verme süresi
- Sistem, enerji depolaması, kapasite (kj) ve deşarj zamanı (ms) için kullanılır.
- Verim ve fiyat

Bir DVR'nın maliyeti yaklaşık MVA başına 150-250 bin \$'dır.

9.5.1 DVR Uygulamaları

1 SIEMENS SIPCON S-DVR

SIEMENS tarafından dizayn edilen DVR, enjeksiyon transformatörüne paralel olarak bağlanmış birkaç 2 MVA'lık inverter modülünden meydana gelmektedir. 50 ve 60 Hz'lik şebekeler için nominal gerilimler 400, 525 ve 6901 V'dur. Ayrıca bu donanım, bir bağlama transformatörü vasıtasıyla daha yüksek gerilim seviyelerine bağlanabilir. DVR'ın her bir ünitesinden nominal değeri, her bir ünitenin gerilim enjeksiyonu nominal yük akımıyla belirlenebilir.

SIEMENS'in DVR'ı, gerilim sapsmalarını 2 ve 3 ms. içinde kompanze edebilir ve asimetrik şebeke gerilimini ve harmonik gerilim kompanzasyonu 13.harmoniğe kadar dengeleyebilir.

SIPCON S, bir redresör kullanır, dc hat ve şebeke arasına bir enerji sistemi gibi bağlanır. Bu topoloji ile, SEPCON S, sınırsız gerilim sapsmasını kompanze edebilir. Mamafih, %50'den büyük gerilim sapsmaları kompanze edilemez (Song vd., 2000).

2 ASEAS BROWN BOVERY (ABB)

ABB'nin protatip DVR'ı aşağıdaki özellikleri gösterir:

- Nominal gerilim: 22 kV
- Max. yük: 4MVA
- Bir fazdaki enjeksiyon kapasitesi: Nominal gerilimin % 50'si kadardır.
- Üç fazdaki enjeksiyon kapasitesi: Nominal gerilimin % 38'i kadardır.
- Nominal güç: 1,52 MVA
- Depolama kapasitesi (Kondansatör bataryası dahil): 185 kJ
- Şarj süresi: 150 ms
- Zaman karakteristikleri:

1. Ayarlama süresi: 10 ms
2. Cevap süresi : 1 ms

3. Enjeksiyon süresi: 1/4 periyot
4. Deşarj süresi: 2 dakika

ABB tarafından kullanılan iki seviyenin topolojisi, her bir 6 adet IGCT içeren 2 güç dönüştürücüsünden meydana gelmektedir. Bir IGCT'nin nominal akımı 4 kA'dır ve nominal gerilimi de 4,5 kV'dır. DC-hat gerilimi 2,2 kV'dır ve max. güç 100 MVA'dır (Song vd., 2000).

9.6 Katı Hal Kesicisi (SBB) ve Katı Hal Transfer Anahtarı (SSTS)

GTO veya tristör anahtarlama teknolojisi üzerine temellendirilmiş olan katı-hal kesicileri, güç sistemindeki bir elektrik arızasını temizleme işlemini ani olarak yapabilen, bir alt periyot kesicisidir. Ayrıca diğer güç elektroniği cihazları ile birlikte, gelişmeden dolayı oluşan aşırı arıza akımına engel olarak tüketicilerin güç kalitesi performansını arttırmak için kullanılır. SSB, bir SSTS'de, bir bağlantı şalterinde veya bir düşük seviyeli arıza kesicisinde kullanılabilir. Kesicinin (şalterin) gerilim ve akım nominal değerleri, gerekli olan güç yarı-iletkeninin sayısını ve sonuçta da kesicinin maliyetini ve işletme kayıplarını belirler.

Bir yüksek gerilim katı-hal transfer anahtarı, 2 adet bağımsız güç kaynağı olan kritik dağıtım hizmeti alan tüketiciler için hemen hemen kesintisiz güç temin edebilir. Hızlı hareket eden katı-hal şalterleri mevcuttur.

Bir SSTS, birbirine bağlanmış iki paralel devre parçasından ibarettir: GTO'lardan (Westinghouse) veya tristörlerden (Mitsubishi) meydana gelmiş bir solid state anahtar ve SRC'lerden (Westinghouse) veya mekanik anahtar (Mitsubishi) kullanan bir solid state anahtar (Song vd., 2000).

SSTS donanımının temel özellikleri aşağıdaki gibidir:

- Nominal Akım (kA)
- Max. Akım (kA)
- Kesinti Akımı (kA)
- Nominal Gerilim (kV)

- Transfer süresi (ms)
- Soğutma sistemi özellikleri
- Verim
- Fiderler arasındaki max. faz-açısı farkı

9.7 Premium Power Park (PPP)

Bir endüstri/ticari iş parkıyla yüksek kalitede güç ve hassas yüklerin ihtiyaçlarını karşılamak için tüketicilere teklif edilen güç kalitesi iyileştirilmesi kavramı üzerine kurulan yeni bir tüketici gücünde Premium Power Park'a dikkat edilmesi gerekir.

Çoklu güç kalitesi teknolojilerinin birleştirilmesi ve cihazlar arasındaki iletişim ağından yararlanılmasıyla, bu yeni kavram gerçekten önceki teknolojilerden ayrılmaktadır. Ayrıca böyle bir yaklaşım çalışma stratejilerine müsaade eder.

Tüketicilere elektronik kontrollü, maliyet etkinliği olan, güç kalitesini bozmayan enerji sağlayan "Primer Power Park" ifadesi, dağıtım sistemlerinde kullanılan son teknoloji Güç Kalitesi cihazlarının birleştirilmesiyle sağlanır. Bu enerji, başlıca kesintiler, gerilim yükselmeleri, harmonikler ve diğer parazitler için düzeltilen enerjidir. DVR, DSTSTCOM ve SSB birbirleri ile koordineli olmaları için tesis edilen ve parazitleri azaltmak için güç kaynağını kontrol eden son teknolojik cihazlardır. Bu cihazların en önemli özellikleri, sanayi veya tüketici sitelerinin tüketicilerine yüksek kalitede elektrik hizmetleri tedarik edebilen yeni teknoloji meydana getirmek için birleştirilebilirler. Bu fikir, yeni bir gelişmeye uygulanabileceği gibi mevcut bir özelliğin geliştirilmesi için de uygulanabilir. Premium Power Park, yüksek kalitede elektrik hizmeti geliştirmek ve muhafaza etmek için güç kalitesi kontrolörlerini ve mühendislik hizmetlerini birleştirir.

Premium Power Park'ındaki bir tüketici gelen elektrik gücünün durumunu özel aletlerle yönetebilir ve gelişmiş güç kalitesini deneyebilir. Güç faktörü düzeltimi ve güç durumu fonksiyonları Premium Power Park operatörlerinin sorumluluğu olmakta ve güç kalite kontrolörlerinin uygun uygulamaları tarafından başarılmaktadır. Park işlemleri merkezi, çeşitli dağıtım fiderlerinden güç alınır ve dağıtım kaynakları veya enerji depo siteleri ile birleştirilebilir ve sonra gücü Park içindeki tüketicilere dağıtır. Değişik güç kalite özellikleri

olan elektrik gücü, değişik ihtiyaçlar için tüketicilere tedarik edilebilir. Tüketiciler, hizmet sınıflarının uygunluğu için kendi yük parçalarını birleştirebilirler. Bir tüketicinin yük karakteristiği sonradan değişirse (sistemin kontrolü ile tespit edilen), tüketici değişik bir güç kalite oranına ve uygun hizmet seviyesine geçirilebilir (Song vd., 2000).

9.8 Flexible, Reliable and Intelligent Electrical Energy Delivery System (FRIENDS)

Flexible, Reliable and Intelligent Electrical Energy Delivery System, ayarlı değişen bir güç kaynağı ve bir dağıtım sistemini kompleks tüketicilere esnek ve emniyetli olarak güç tedarik eden 21.yüzyılın yeni nesil güç dağıtım sistemidir. FRIENDS ile bir hata meydana geldiğinde, dağıtım sistemi konfigürasyonunun esnek şekilde değiştirilmesiyle güç kaynağı kesintisi olmaksızın güç sistemleri çalışabilir.

Kalite Kontrol Merkezleri (QCCS) vasıtasıyla bağımsız olarak elektriğin kalitesini seçebilen tüketiciler çeşitli elektrik güç kalitesini tedarik edebilirler. QCCS, daha çok anahtarlamalı tesisatlar için FRIENDS işleminde hayati bir rol oynar (Song vd., 2000).

9.8.1 Tüketicilere Uyarlanmış Güç Endüstrisi Alanında FRIENDS Kavramını Kullanarak Güç Kalitesinin İzlenmesi ve Analizinin Yapılması

Güç kalitesine, kuruluşlar ve kuruluşların ticari ve endüstriyel elektrik güç tüketicilerinden artan bir ilgi olmuştur. Son yıllarda, güç kalitesine hassas sistem yük kontrollerinin sayısında bir artış olmuştur. Bilgisayar, işlem kontrolleri ve iletişim teçhizatlarının yükleri, güç kalitesi değişimlerine geçmişe göre daha hassas hale geldiler. Güç elektroniği cihazlarının kullanılmasının artmasıyla birlikte, güç sisteminin verimliliği ve tesisat kontrolünde iyileştirme olmuştur. Kendi cihazları için yüksek kalitede güce ihtiyacı olan son kullanıcılar, gerilim sapsmaları, gerilim yükselmesi, şok dalgaları, harmonik distorsiyonları, kesintiler, yüksek gerilimler, alçak gerilimler, parazitler, frekans sapsmaları, geçici hallerden daha çok haberdardırlar.

Tüketicilere uyarlanmış güç endüstriyel alanı (CPIA), FRIENDS'in gelişimine dair küçük bir aşama gösterir ve endüstriyel alanda yerleşik tüketicilere, kendi ihtiyaçlarına uygun güç kalitesi seviyesinin seçimine müsaade eder.

FRIENDS'in temel amacı, kuruluşların servisleri için uygun çevre ortamında stratejik bir yol planı sağlamaktır. Tüketicilere uyarlanmış güç endüstriyel alanı, kuruluşların dağıtım sistemi için son teknoloji güç kalitesi cihazlarının entegrasyonunu sağlar. Bu cihazlar, birbirleri arasında koordinasyon sağlamak ve güç kaynağını izlemek için kurulmuştur. Böylece tüketicilerin güç kalitesi iyileştirilir. DVR (Dynamic Voltage Restorer), DSTATCOM (Distribution Static Compensator) ve SSB (Solid State Breakers), parazitlerin azaltılması için kullanılan son teknolojilerdir. DVR, kaynak tarafındaki gerilim saptığında gerilim kalitesini ayarlayarak son kullanıcı olan tüketicilere ulaştırır. Gerilim sapması durumunda, DVR teknolojisi gerilim dalga şeklinde neyin eksik olduğunu belirler böylece tüketicinin hassas yükü için yeniden gerilimler kurulur. DSTATCOM sistemi dinamik non-lineer yüklerin güç sistemine nerede bağlandığını tespit eder ve gerilim parazitlerini azaltır.

FRIENDS ile amaçlanan geleceğin güç iletim sistemi için güvenilir bir yapı oluşturmak, güvenli ve enerji tasarrufu kaynaklı güç sistemi işletim stratejileri geliştirmektir. Elektriksel güç -müşterileri kalite kontrol merkezi (QCC) üzerinden kendileri için kalite seviyesini seçebilirler. QCC önemli bir rolü de QCC ve müşteriler arasında bilgi değişim merkezi olarak oynar.

FRIENDS dağıtımli güç jeneratörleri ve dağıtımli enerji depolama sistemleri (DGS), güç elektroniği teknolojileri, haberleşme teknolojileri ve akıllı uygulamalar vb. kullanarak aşağıda anlatılan fonksiyonlara erişmeyi amaçlayan yeni bir güç iletim kavramıdır.

1. Normal ve bozuk durumda sistemin yeniden ayarlanmasında esneklik.
2. Güç desteğinde yüksek emniyet.
3. Çoklu menü servisi veya müşterilerin kendisi için uygun elektrik kalitesini seçebilmeleri için özelleştirilmiş güç kalitesi servisi.
4. Şarj etme ve enerji depolama.
5. Müşterilerin bilgi servisi miktarını artırma.

FRIENDS sayesinde bir arıza meydana geldiğinde güç kesintisi yapmadan sistem konfigürasyonu güvenli bir şekilde değiştirilebilir. Ayrıca QCC üzerinden her müşteri kendi güç kalitesini seçebilir. Daha özel olarak her müşteri için “özelleştirilmiş güç kalitesi servisleri” denen çoklu güç kalitesi servisleri sağlanabilir. Özelleştirilmiş veya paket haline getirilmemiş güç kalitesi servisleri kavramlarını müşteriler bağımsız bir şekilde kendi ihtiyaçlarına göre güç kalitesini seçebilirler.

Buna ek olarak DGS’ler, FRIENDS’in istemci tarafında bulunduğu sürece enerji depolama ölçümü istemci tarafı yönetimle yapılabilir. FRIENDS’i etkin bir şekilde işletmek için mikro-bilgisayarlar ve müşterilere çok çeşitli veri sağlayan bilgisayarlara bağlı veri iletişim hatları gibi elektronik teknolojiler durağan koruyucu şema olarak önemli rol oynarlar (Wong vd., 2000).

FRIENDS’te, QCC birçok güç hattı üzerindeki birçok şebekeden elektrik gücü sağlayarak güç sağlamada emniyeti artırır. QCC içinde elektrik gücü çoklu menü servisiyle veya olduğu gibi ham bir şekilde veya özelleştirilmiş güç kalitesi servisi gibi seçeneklerle ve belli sayıda açık ve kapalı devre anahtarları sayesinde düşük ve yüksek voltajlı bağlantılarda esnekliği sağlar.

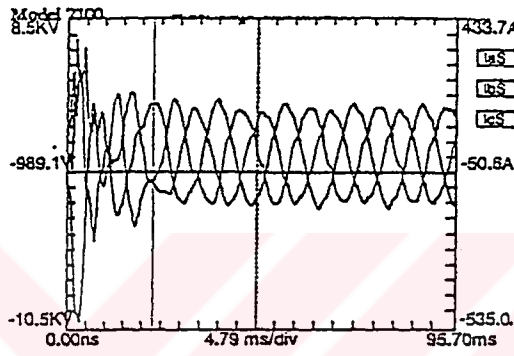
9.8.1.1 Güç Kalitesinin İzlenmesi ve Analizinin Yapılması

Güç kalitesinin analizinde ve gösterilmesinde projenin ilk safhası, tüketici faaliyetleri sırasında parazitlerin sebeplerinin belirlenmesi ve her bir tüketicinin güç kalitesi ihtiyaçlarının belirlenmesidir. Güç kalitesi verileri, dağıtım sisteminde seçilmiş bölgelere kurulmuş güç kalitesi kaydedicileri tarafından toplanır. Daha sonra veri parazitinin tipinin tespit edilmesi için analiz edilir. Simülasyonlar, güç kalitesi problemleri için çözümlerin uygulanabilirliğini ve etkinliğini tespit eder (Wong vd., 2000).

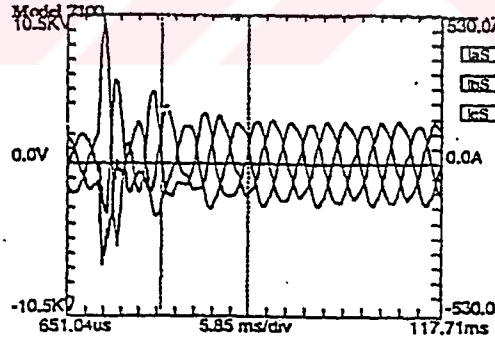
Kritik olaylar, veri kontrolüne dayalı birkaç kategoride sınıflandırılmıştır:

9.8.1.2 Tekrarlamalı Olaylar

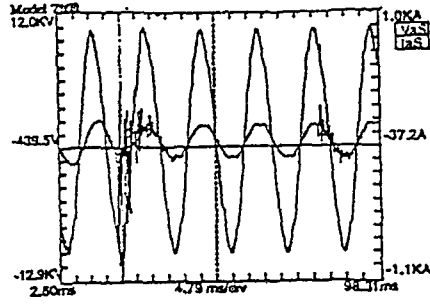
Periyodik darbeli yük anahtarlama ve kondansatör bataryalı anahtarlama işleminden ibaret olan tekrarlamalı olaylar tüm durumlarda kontrol edilir. Ayrıca 3 fazlı akımların dengesiz olduğu bulunmuştur. Akımın maksimum darbesi sık sık kendi değerinin iki katına erişir. Bu durumlardaki gerilimler daha az tesire maruz kalırlar. Tipik dalga şekilleri aşağıda gösterilmiştir (Wong vd., 2000).



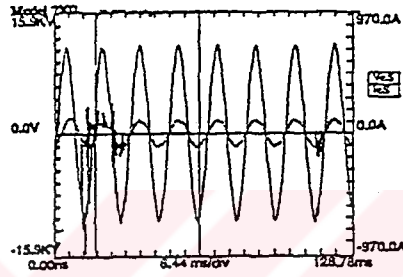
Şekil 9.19 Tekrarlamalı olay Tip-1



Şekil 9.20 Tekrarlamalı olay Tip-2



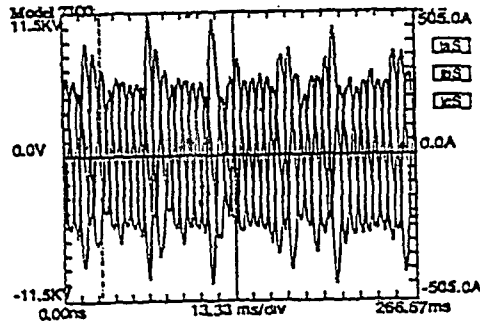
Şekil 9.21 Tekrarlamalı olay Tip-3



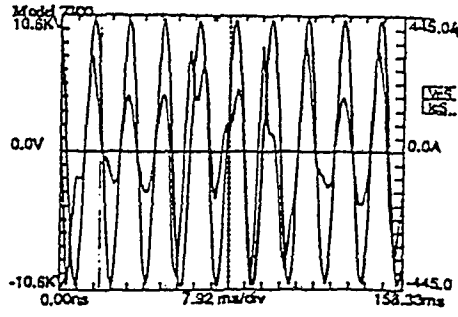
Şekil 9.22 Tekrarlamalı olay Tip-4

9.8.1.3 Akım Parazitleri

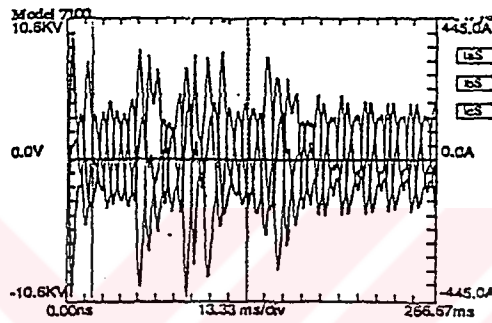
Akım parazitleri test edilen bazı bölgelerde her gün kaydedilmiştir. Bu olayların temel sebepleri ocak yüküdür. Bu koşullar altındaki gerilim dalga şekilleri mükemmele yakındır. Dalga şekilleri aşağıda gösterilmiştir (Wong vd., 2000).



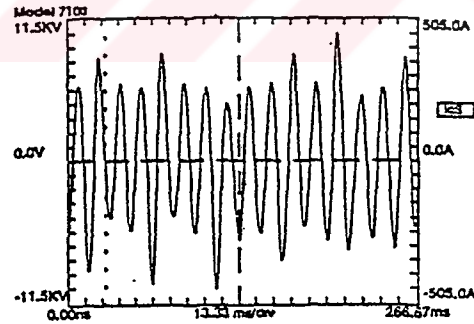
Şekil 9.23 Akım paraziti Tip-1



Şekil 9.24 Akım paraziti Tip-2



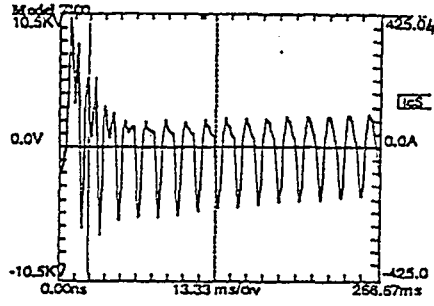
Şekil 9.25 Akım paraziti Tip-3



Şekil 9.26 Akım paraziti Tip-4

9.8.1.4 DC Kaymalı Akım Geçici Hali

DC devre elemanları, Şekil 9.27'de gösterildiği şekilde bazı geçici hallerde tamamen anlaşılır. Olayların sebeplerini açıklamak için ileri derecede bilgiye ihtiyaç vardır (Wong vd., 2000).

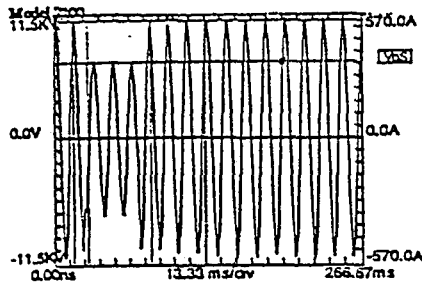


Şekil 9.27 DC Sapma

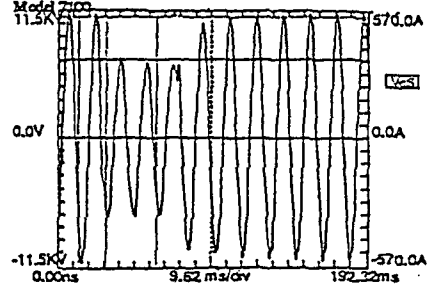
9.8.1.5 Gerilim Sapma Olayları

Tüketici yüklerindeki gerilim sapmalarının darbeleri, diğer parazit olaylarından daha önemlidir. Gerilim sapması olayları için başlıca sebepler; güç sistemindeki hatalar, ağır yük uygulamaları veya geniş yol verme motorlarıdır (Wong vd., 2000).

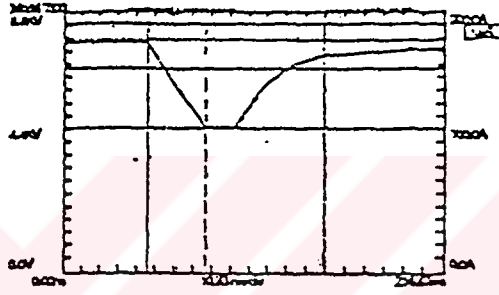
Gerilim sapması sırasında zaman ve fazlardan etkilenen tutma gerilimi büyük bir öneme sahiptir. 16 Şubat 2000 tarihinde bir gerilim sapması olayı gözlenmiştir. 6 bölgeyi besleyen ve bütün bölgelerde aynı zamanda kaydedilen durumun sebebi, 6 bölgeyi besleyen iletim sistemindeki hattan hata veya çift hat toprak arızasıdır. Gerilim dalga şekilleri veya RMS sapma arızaları şekil 28-37'de gösterilmiştir.



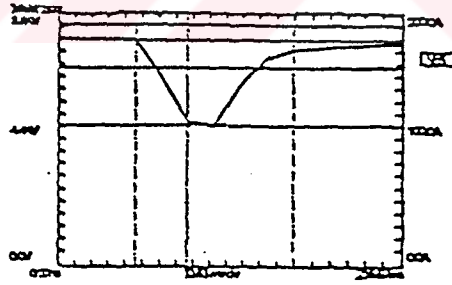
Şekil 9.28 1. Bölgedeki gerilim (B Fazı)



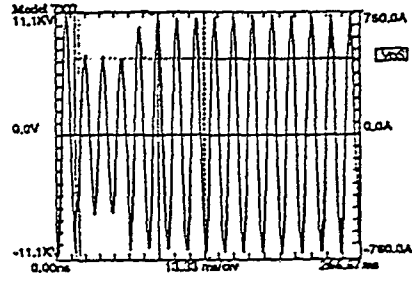
Şekil 9.29 1. Bölgedeki gerilim (C Fazı)



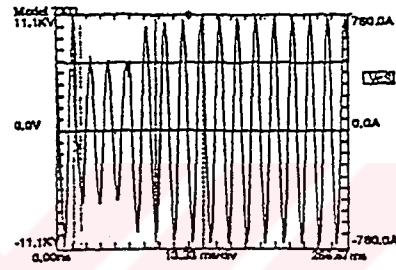
Şekil 9.30 2. Bölgedeki RMS darbe paraziti (B Fazı)



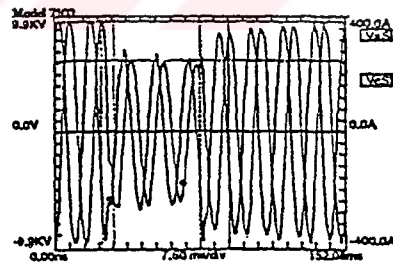
Şekil 9.31 2. Bölgedeki RMS darbe paraziti (C Fazı)



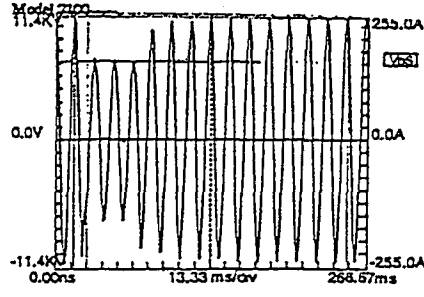
Şekil 9.32 3. Bölgedeki gerilim (B Fazı)



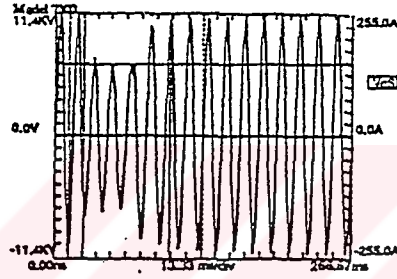
Şekil 9.33 3. Bölgedeki gerilim (C Fazı)



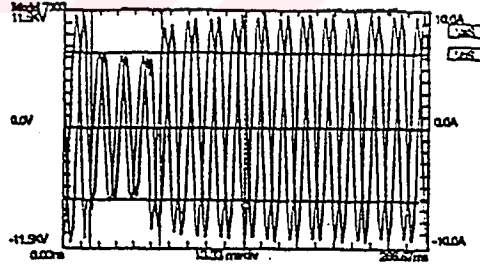
Şekil 9.34 4. Bölgedeki gerilim (A,C Fazı)



Şekil 9.35 5. Bölgedeki gerilim (B Fazı)



Şekil 9.36 5. Bölgedeki gerilim (C Fazı)



Şekil 9.37 6. Bölgedeki gerilim (A,B Fazı)

Sonuç olarak, tüketiciye uyarlanmış güç endüstriyel alan kavramı, tüketicilere yüksek kalitede güç tedarik etmek ve hassas yüklerin ihtiyaçlarını karşılamak için potansiyel özelliklere sahiptir. Bu kavram güç kalitesini iyileştirmek için son teknolojileri birleştirir. Güç kalitesi izlenmesi, projenin ilk safhasında parazitin karakterini ve sebeplerini belirlemek için

iletimdedir. Bu veri, güç kalitesi cihazlarının ihtiyaçlarını belirlemek ve daha sonrada dizayn etmek için kullanılacaktır. Aşağıdaki durumlar çok önemlidir;

i. Bir çok başlıca gerilim sapma olayı meydana geldiğinden beri, DVR veya diğer koşullandırma cihazları olan gerilim kaynağı tesisatları kurulmuş olmalıdır.

ii. Dağıtım fiderlerinde önemli miktarda nonlineer cihazlar (güç konverterleri, ark fırınları gibi) işlemedir. Filtrelerin veya harmonik kontrollü cihazların kurulması ayrıca tavsiye edilir (Wong vd., 2000).

9.8.2 Yeni Nesil Gelişmeler

Yüksek güç yarı iletkenlerinin devam eden gelişmeleri ve ticari kullanılabilirlikleri, ileri teknolojilerin fırsat ve maliyet etkinliklerini daha da arttıracaktır. Yeni sistem kontrol teknolojileri, yakıt hücreleri, mikro türbinler, foto elektrolitikler, bataryalar, serbest geçişler gibi küçük modüler üretim ve depolama teknolojilerini emniyetli olarak entegre edilmesi için gereklidir. Premium Power Park, güç kalitesini iyileştirmek için FRIENDS'in QCCS'ine daha sonra birleşebilen son teknolojileri birleştiren bir kavramdır. Ayrıca güç kalitesi kontrolünde, ölçümünde ve iletişimindeki teknolojik gelişmeler çok sayıdaki farklı kullanmayı desteklemek için ihtiyaç olunacaktır. Teknolojik gelişmelerin yönleri aşağıdaki gibidir:

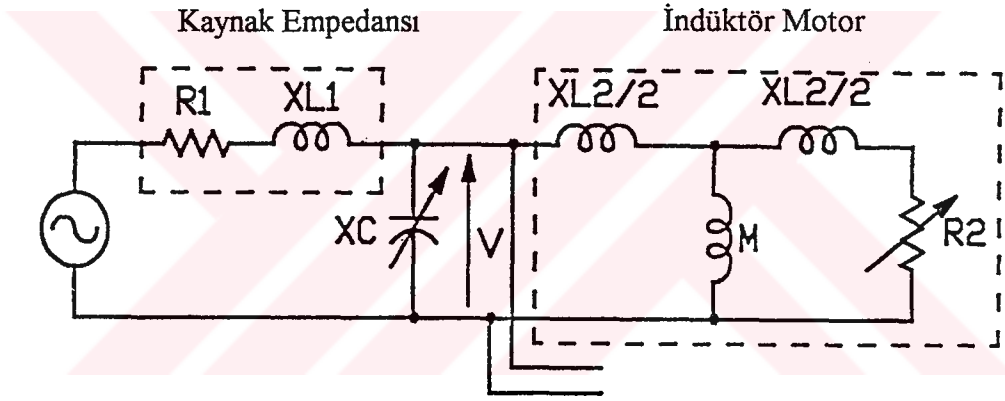
- Yeni nesil dağıtım kuruluşları için FRIENDS, Premium Power Park gibi teknolojik gelişmeler.
- Teknik, mali ve sosyal meseleleri de hesaba katarak şimdiki veya gelecek fiyatı yapılandırması karmaşıklığını içeren model yapım kararındaki gelişmeler.
- Güç pazarındaki dağıtım sistemleri için yeni kontrol teknolojilerindeki gelişmeler.
- Gelir yükseltilmesi, ölçme aletleri sistemi ve gerçek-zaman fiyatlandırması için teknolojiye gelişmeler.
- Enerji besleme sistemlerindeki güç kalitesi servisleri için yeni kuralların gelişimi (Kennedy, 2000).

9.9 Fliker Kompanzasyonu İçin, Bir DSTATCOM'un Kullanımı

Öncelikle Fliker nedir? sorusuna cevap vermemiz gerekiyor. Fliker, mahalli ve ticari aydınlatmaların şiddetinde, göze çarpan değişikliklere sebep olabilen, periyodik veya periyodik olmayan gerilim değişimidir. Flikere sebep olan nedenler ise şunlardır;

- Kendi güç ihtiyaçlarında geniş frekans değişikliklerine sahip herhangi bir yük, potansiyel olarak fliker durumu oluşturur.

- Motor kalkışları
- Ağaç kesme veya kaya kırma makineleri gibi düzensiz motor yükleri
- Ark fırınları



Şekil 9.38 Fliker yük kompanzasyonu

Genel fliker sınır karakteristikleri belirlenirken gerilimdeki düşük veya frekans dışı değişimler dikkate alınmaz buna mukabil yüksek frekanstaki değişimler dikkate alınır. Ayrıca fliker sınırları, deneysel verilere ve müşterilerin sayısı temel alınarak belirlenmiştir (Edwards, 2000).

Fliker kompanzasyon cihazları şunlardır;

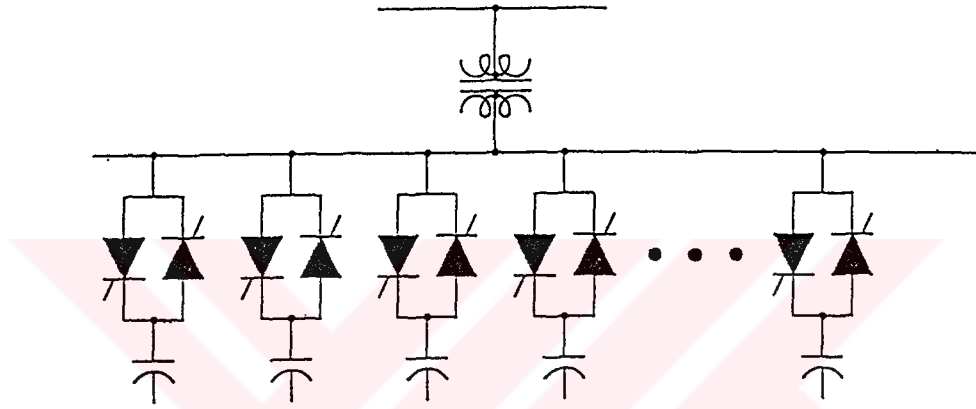
- Yavaş cihazlar genellikle mekaniki olarak anahtarlanmıştır:

- Zaman anahtarlamalı kondansatör bataryası
- Gerilim anahtarlamalı kondansatör bataryası
- Kademe değiştirici gerilim regülatörü

- Hızlı cihazlar elektroniki olarak anahtarlanmıştır:

- i) SCR anahtarlama kondansatörler
- ii) Statik VAR kompanzatorleri
- iii) STATCOM ve DSTATCOM

Ayrıca, yavaş cihazlar genellikle günün sadece az bir süresinde anahtarlanır fakat hızlı cihazlar ise, durumlarını her saniyede birçok kez değiştirirler veya devamlı değışkendirler.



Şekil 9.39 SCR anahtarlama kondansatörler

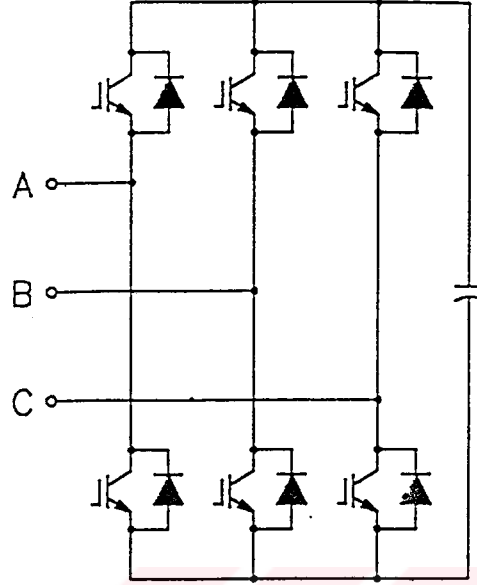
STATCOM ve DSTATCOM, küçük bir bağlantı reaktansına ve/veya transformator kaçığına, kontrollü akım tedarik eden gerilim kaynağı inverterleridir. Çalışma prensipleri ise şöyledir;

- Eğer inverterin temel çıkış gerilimi V_0 , hat geriliminden büyükse, hat akımı iletimdedir.
- Eğer inverterin temel çıkış gerilimi, hat geriliminden küçükse, hat akımı gecikmelidir.
 - i) Bir senkron kondansatörün çalışma prensibine çok benzer,
 - ii) DSTATCOM'un geçici hal cevabı aha iyidir.

- Bağlantı reaktansı ve filtre kondansatörü, istenilmeyen yüksek frekanslı devre elemanlarını ortadan kaldırır. SVC ve DSTATCOM'un karşılaştırılması aşağıdaki gibidir;

- SVC, genellikle birkaç periyotluk zaman süresince cevap verir.
- DSTATCOM, bir veya daha az periyot süresince cevap verir.
- Yüksek kontrol band genişliği, maksimum fliker iptal butonu içindir.

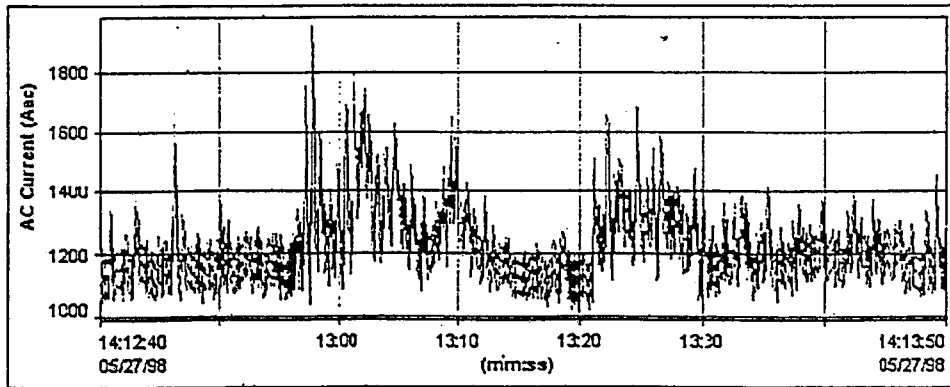
- İnsan gözü ve beyni, yüksek frekanslı fliker için çok hassastır.



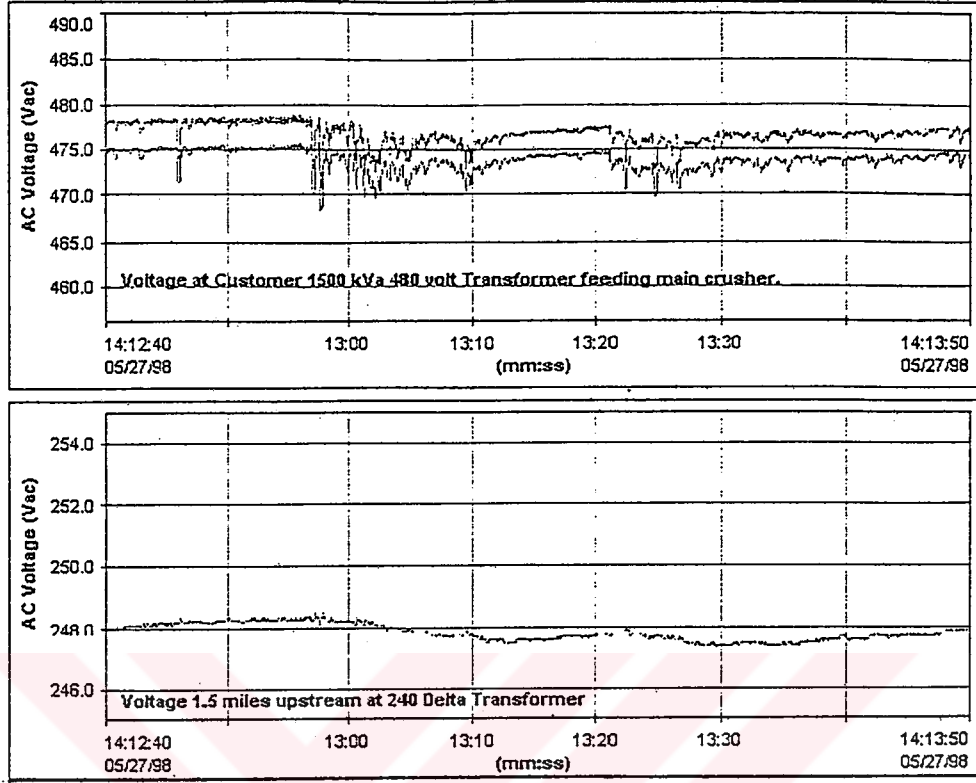
Şekil 9.40 DSTATCOM temel inverter yapısı

Aşağıda DSTATCOM devredeyken ve devre dışındayken, bir kaya kırma makinesinin hat akımı, işletmedeki gerilim ve akış yolu karşılaştırmaları gösterilmektedir:

Hat Akımı

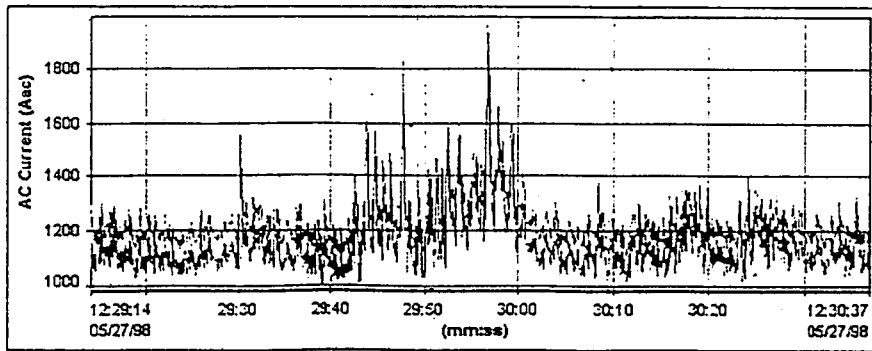


İşletmedeki Gerilim ve Akış Yolu

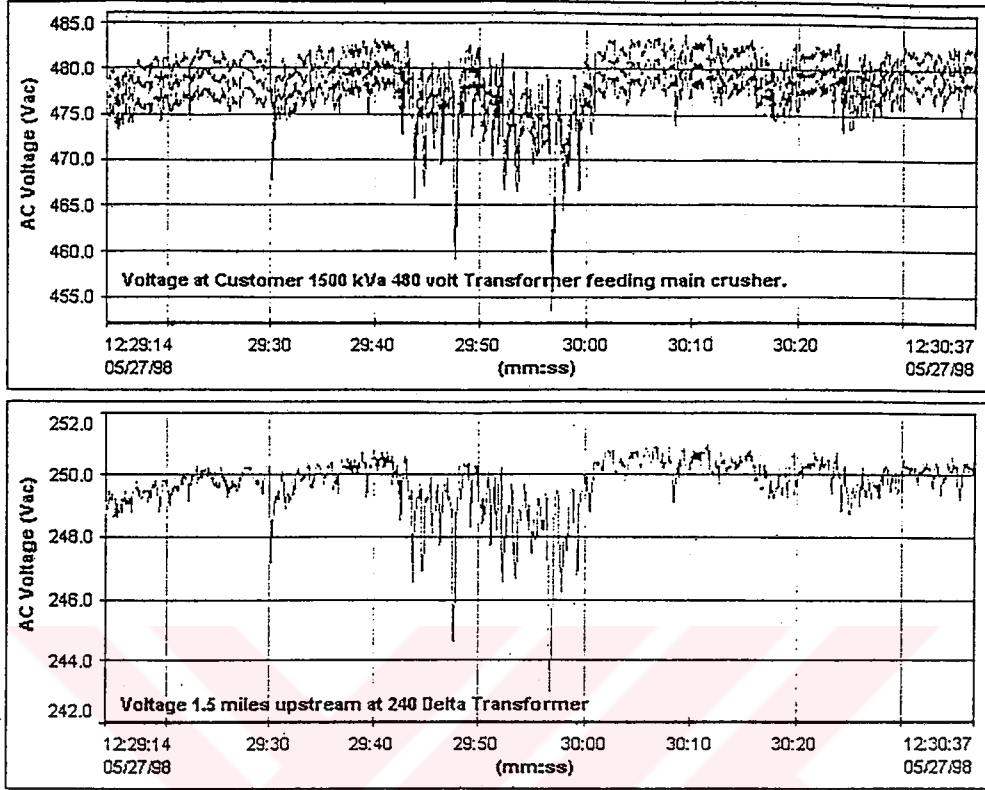


Şekil 9.41 DSTATCOM devredeyken ki grafikler

Hat Akımı



İşletmedeki Gerilim ve Akış Yolu



Şekil 9.42 DSTATCOM devre dışındayken ki grafikler

9.10 SMES-FACTS Kontrolü Tarafından Gerçekleşen Kaliteli Güç İletiminin Avantajları

SMES sistemleri birçok özelliğe sahip oldukları için; hızlı cevap verme (mili saniye), yüksek güç, yüksek verimlilik ve 90 dereceli kontrol yaptığından dolayı ilgi çekmektedir. Süper iletken teknolojilerde ve güç elektroniği ara yüzelerindeki gelişmeler SMES'i güvenli, esnek ve hızlı güç kompanzasyonunu sağlayan bir teknoloji haline getirdiler. SMES sistemleri, gelişmiş sistemlerde güvenlik, dinamik denge, alan korumasını ve güç kalitesini sağlar.

SMES bobinin ac/dc güç çevirici ünitesi aç sistemine bağlı olmalı. Bu ünite, bir dc-dc akım kesicisi ile akım kaynağı inverteri (CSI) yada gerilim kaynağı inverteri (VSI) olmalı.

STATCOM, reaktif gücü kontrol edebilir bundan dolayı da güç şebekesine de yardım ediyor. Enerji depolamasının eklenmesi STATCOM'a aktif ve reaktif gücü aynı anda kontrol etme imkanını sağlıyor ve bu nedenle sisteme ilave iyileşmeler ve yararlar sağlıyor. STATCOM'un ucundaki gerilim kaynak inverteri, dc-dc akım kesicisi yolu ile süper iletken magnetik enerji depolama (SMES) bobini gibi enerji depolama kaynağı ile bağlanabilir.

Bir SMES sisteminin özellikleri olan hızlı cevap vermesi, yüksek güç, yüksek verim sağlamasından dolayı güç endüstrisi için birçok yararlar sağlar. İletim hatlarının kullanılmasının verimliliğe katkıda bulunması ve kısa zamanda çok miktarda güç transferlerinin gerçekleşmesi sonucunda SMES uygulamaları daha popüler hale gelecektir. SMES cihazlarının maliyetinin olumlu olması, dinamik denge sağlaması, güç kalitesini ve iletim kapasitesini yükseltmesi, alan koruması sağlaması ve hat kayıplarını azaltarak yakıt tüketiminin ve artıkların azaltılması SMES'in en önemli avantajlarındanır.

Gerçek güç modülasyonu, güç salınımlarının sönmülendirilmesinde reaktif güce oranla daha çok etkili olabilir. Fazla enerji depolaması olmasa bile, reaktif ve gerçek gücü kontrol edebilen statik dengeleyiciler iletim şebekesinin performansını yükseltebilir (Liu vd., 2000).

9.10.1 Yeni Güç Kalite Çevresi

Dünya çevresindeki güç kuruluşları, kendi dağıtım ve iletim sistemlerinin planlama ve çalışma stratejilerini yeniden tanımlamaktadırlar. Gerilim sapsmaları, geçici haller ve harmonikler, yük tiplerinin belli çalışmaları bozulmalara sebep olmaktadır. Elektronik sistemlerin ve hassas elektronik yüklerin birbirine uygun olması şarttır. Birkaç mili saniyelik bir gerilim sapsması, elektronik kontrol cihazı ve genel endüstriyel yükünün çalışmasını birkaç saat durdurabilir. Elektrikler sağlandığı halde yük, servisi çalıştıramıyor. Bu, yeni elektrik/elektronik güç çevresidir. İletim ve dağıtım seviyelerindeki güvenliği sağlama kalitesi, iletim ve dağıtım dengelemesinde temel rol oynamalıdır (Liu vd., 2000).

9.10.2 Tek Regülasyonun Etkisi

Endüstri kuruluşlarının regülasyonu ile daha ileri güç çözümlerine olan ilgi de artacaktır. Regülasyonun sonuçları, iletim ve dağıtım sistemlerindeki cihazlara bağlı olacaktır.

Endüstride regülasyonun yeniden oluşmasıyla müşteriler, güç sağlayıcıları ve onların teklif edeceği güç kalitesini seçebileceklerdir. Günlük yaşantımızın bir parçası olan hassas elektronik cihazlar, daha temiz dalga şekilleri gerektirmektedirler. Kuruluşlar hizmetlerini yerli müşterilere de sunabilecekler. Dünyada şu anda kaliteyi garantileyecek teknoloji bulunmaktadır fakat dünyada düzenlenmiş olan yapı bu teknolojiyi teşvik etmemektedir. FACTS, Custom Power ve güç kalitesi cihazları iletim ve dağıtım sistemlerinin güvenli olarak çalışmasını sağlarlar (Liu vd., 2000).

9.10.3 FACTS – Süper İletken Magnetik Enerji Deposu

Kısa süreli enerji farklı yollarla depolanabilir, bunlardan biride elektromagnetik enerji depolamasıdır. Eğer akım büyük indüktörde oluşmuşsa enerji depolama potansiyeli, amperin ve indüktansın fonksiyonu olur. Kayıplardan kaçınmak için akım, düşük sıcaklıktaki süper iletkende dolaştırılıyor. Gerilim kalitesi problemleri, genelde bölgesel olarak çözülebildiğine rağmen (son kullanıcı tarafından küçük SMES üniteleri kullanarak), şirketler daha ileri çözümlere gidip servilerine artı değer katabilirler. Yani artık tüketiciler elektrik güç kullanımında daha dikkatli oldular böylece şirketlerde daha da kaliteli elektrik sağlanması hizmetinde bulunup rekabet edebilirler. Bu güç çevresinde, FACTS ve Custom Power kavramları güç elektronik cihazları vasıtasıyla çalıştırılan iletim ve dağıtım sistemlerinin daha da esnek ve en verimli şekilde çalışması için sunulmuştur. Şirketler, güvenli, hızlı güç elektronik kontrol cihazları kullanarak güç akımını daha iyi kontrol ederler, iletim hatlarının aşırı yüklenmesini güven altına alırlar, güç transferini yükseltirler, oluşan hataların etkilerini azaltır ve güç sisteminin dalgalanmasını önlerler. Yalnız FACTS ve Custom Power cihazları, sadece ac sisteminde gücü/enerjiyi yöneltmek için kullanılır. Dolayısıyla güç şebekesine katkısı sınırlı olur. Buna karşılık SMES, aktif gücü hızlı enjekte eder ve çeker (bu durum FACTS için ayrı bir avantajdır), böylece genel kontrolü etkili olur. Bu özelliklerden dolayı FACTS ve Custom Power cihazlarının sağladığı sistem dengesi, iletim kapasitesi ve genel kaynak kalitesi gibi fonksiyonlar en iyi şekilde uygulanabilir.

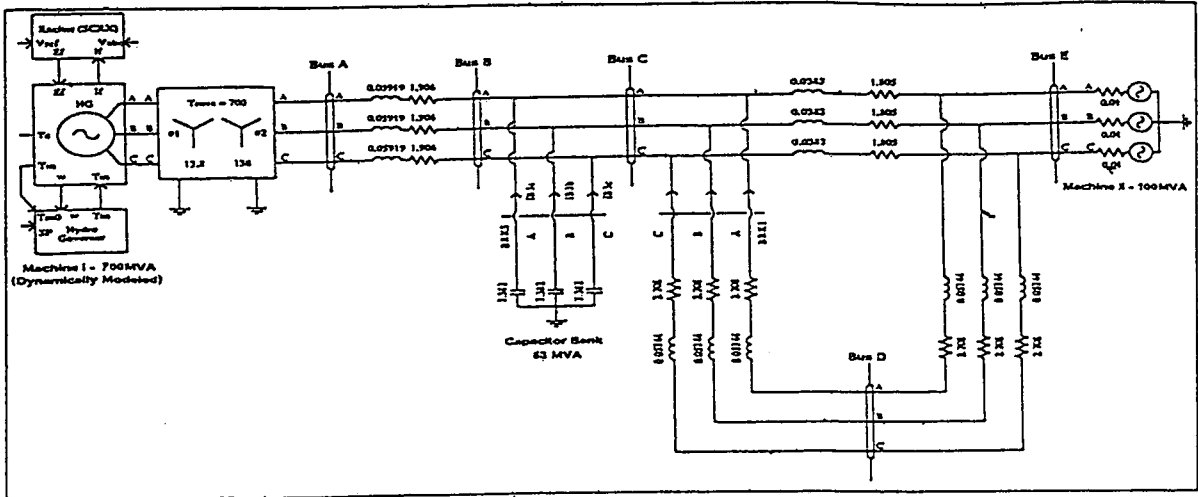
SMES'in kilowatt başına ücreti normal nesil ünitenin kilowatt başına ücretinden daha az olur. Temelinde aktif veya reaktif güç ünitesi olursa SMES, SVC ve FACTS gibi cihazlardan daha pahalı olur ama SMES'in sunduğu servisler daha geniş bir değer aralığına sahiptir (Liu vd., 2000).

9.10.4 Modelleme ve Kontrol Tarifi

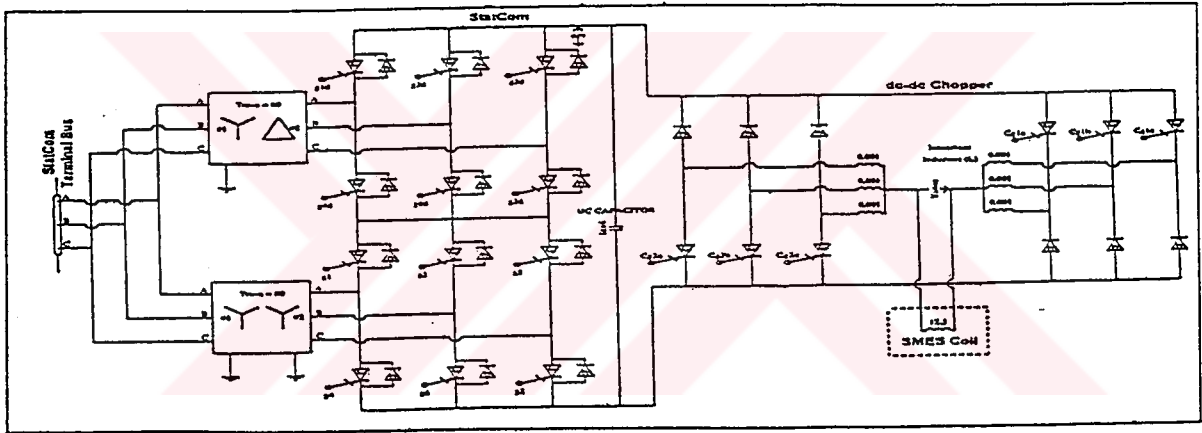
Bu çalışmada SMES bobinli STATCOM'un performansını göstermek için tipik bir ac sistemin eşdeğeri kullanılmıştır. Bu entegrasyonu devre düzenlemesi şekil 9.43'te gösterilmiştir. STATCOM'un detaylı tarifi, dc-dc akım kesici, SMES bobini şekil 9.44'te gösterilmiştir. AC sistem eşdeğeri iki makineli sisteme göre yapılmıştır. Dinamo, ikaz edici ve regülatör içeren makinelerden biri dinamik olarak, dinamik dalgalanmaları göstermek için modellenmiştir. Dinamik dalgalanma, D barasında ki paralel hatlar ortasında 3 fazlı hatayı oluşturarak gerçekleştiriliyor.

İnverter üzerine temellendirilmiş iletim hattına bağlı bir GTO, hat gerilimi ile fazda bir alternatif gerilim kaynağı gibi davranır ve buna bağlı olan gerilim de inverter tarafından üretilir ve böylece indüktif veya kapasitif modun çalışması başarılıdır. Ayrıca, bir dc hat kondansatörü de inverterin anlık giriş ve çıkış güç dengesini kurar.

STATCOM'un primer fonksiyonu, ac sistemine bağlantı noktasındaki reaktif güç/gerilimi kontrol eder. Kontrol girdileri, reaktif güce (SQstat) enjekte edilen STATCOM ve 3 fazda ac gerilimleri (V_a , V_b ve V_c) ve her bir birime düşen STATCOM terminal barasının ölçümüdür. Her bir gerilime düşen bu birim değer, temel birim gerilim değeri ile (1 pu) ile karşılaştırılır. SQstat ile karşılaştırılan ve referans reaktif gücü olarak çevrilen referans reaktif akımını elde etmek için hata genişletilir. Ölçülen ve beslenen faz sistem gerilimleri arasındaki genişletilen reaktif güç hatası ve faz farkı hatası işareti kilitli çevre kontrol fazından geçirilir. Bileşke faz açısı, eşzamanlı kare dalgaları oluşturmak için kullanılır.



Şekil 9.43 AC sistemi çevresi



Şekil 9.44 STATCOM, dc-dc akım kesici ve SMES bobininin detaylı şeması

İnverterler için sinyal ayırıcı işaretleri üretmek için, hat-toprak gerilimleri, Y-Y transformatörüne bağlı inverter için kullanılır. Halbuki, Y- Δ transformatörüne bağlı inverter için hat-hat gerilimleri kullanılır. STATCOM kontrolü, hızdaki sapma veya sönümlü osilasyon işaretlerini kullanmaktan ziyade istenilen gerilim seviyesi STATCOM'a bağlı terminal barasında yapılır. SMES bobini, dc-dc akım kesicisi boyunca gerilim kaynak inverterine bağlanır ve inverter dc çıkış gerilimini düzelterek gerekli gerilimi SMES bobin terminali üzerine düşen dc akım ve gerilim seviyelerini kontrol eder. Dengeleme indüktörlerine sahip olmanın amacı her bir akım kesici faz için denge akım paylaşımına izin vermektir. SMES bobinin ortalama gerilimi, $V_{SMES-av} = (1 - 2d) V_{dc-av}$ denklemiyle

STATCOM çıkış dc gerilimi ile bağıntılıdır. Burada; $V_{SMES-av}$, SMES bobini üzerine düşen ortalama gerilim, V_{dc-av} , STATCOM'un ortalama çıkış dc gerilimi, d ise akım kesicinin darbe periyot oranıdır.

Darbe periyot oranını kontrol etmenin 2 yolu vardır. Akım kesicisi-SMES kontrolünde üç ölçüm kullanılmıştır: SMES bobin akımı; STATCOM terminal barasında ölçülen ac gerçek güç ve dc bağlantı kondansatörü üzerine düşen dc gerilim. SMES bobini ilk olarak birinci kontrol şemasıyla şarj edilir ve istenen şarj seviyesine ulaşıldığında darbe periyot oranı 0.5'e ayarlanır. İkinci kontrol, ac gerçek gücünde meydana gelen değişikliklere bağlı SMES gücünü düzenleyen temel bir dengeleyici kontroldür. Bu düzenleme, SMES bobini üzerine düşen gerilimi kontrol eden yeni bir darbe periyot oranına çevrilir ve böylece gerçek güç STATCOM vasıtasıyla değiştirilir. SMES, sistemdeki gerçek güç akışına göre düzenlenir. Gerçek güçle güç osilasyonlarının söndürülmesi daha etkilidir ayrıca sistemin gerilim kalitesini etkilemez. Daha iyi dinamik söndürme performansı, eğer şönt bağlı gerilim kaynağı inverteri yerine seri bağlı gerilim kaynağı inverterinden (Statik Senkron Seri Kompanzator) ac sistemine bağlanırla elde edilir. Fakat bu uygun bir çözüm değildir çünkü daha pahalıdır.

STATCOM-SMES kombinasyonu, güç sistemi salınımlarının söndürülmesinde güç kalitesini koruma kadar etkili olduğu ortaya çıkmıştır. Bu yüzden enerji depolaması, STATCOM performansını yükseltir ve kendi güç kalitesini geliştirir. Bu kombinasyon ayrıca, yalnız çalışan STATCOM'un MVA nominal değerlerini de azaltabilir. Bu kullanma, kuruluş sistemlerindeki esnek ac iletim sistemi kontrolörlerinin fiyat/çıkar analizi için önemlidir. Bu çalışmada STATCOM, SMES için gerçek bir akış yolu tedarik eder fakat SMES kontrolörü, STATCOM kontrolöründen bağımsızdır. STATCOM, reaktif gücü kontrol ve enjekte etmek için kullanılırken, SMES, gerçek gücü kontrol ve enjekte etmek için kullanılır. Birleştirilmiş kompanzatorün bağlı olduğu yerin genel sistem dinamik performansının gelişmesi için önemli olduğu gözlenmiştir. Yükleme bölgesinde reaktif gücün kullanımı daha etkili gibi gözükse de, gerçek güç kabiliyeti olan bir STATCOM'un güç sistemi salınımlarını daha etkili söndürebilir ve dolayısıyla eğer STATCOM-SMES kontrolörü, üretim alanına yakın bir yere yerleştirilirse, sistemi daha hızlı dengeye sokar (Liu vd., 2000).

9.11 Seri Bir FACTS Kontrolörü İle Birleştirilmiş Güç Kalitesi Belirtileri

Seri kontrolör, statik senkron seri kontrolör (SSSC) destekli inverterdir. SSSC'nin mümkün olan bir uygulaması, bir iletim sisteminde güç transferini yükseltmektir. SSSC kontrolü, gerilim dalgalanmasını ve harmonik gerilim distorsiyonu gibi güç kalitesi sorunlarına etki eder.

Güç sistemlerini geliştirmek için güç akış kontrolörlerinin kullanılmasının verimli olduğu kabul görmektedir. Günümüzde güç akış kontrolü, faz kaymalı ve kademe değiştirici transformatörleri çalıştırarak gerçekleştirilmektedir. Böylece mekanik olarak çalıştırılan kademe değiştirici cihazlardan dolayı sabit olarak kontrol gerçekleşmektedir. Dinamik olarak kontrol edilen cihazlar, güç sistemlerinin daha güvenli ve verimli çalışmasını sağlar. Güç akışını dinamik olarak kontrol eden cihazlar, günümüzde oluşan elektrik pazarında güç taşıma anlaşmalarında kolaylık sağlayacaktır.

Güç sistemlerinin kullanımını daha da verimli yapmak ve dinamik kontrolü gerçekleştirmek için 1990'lı yılların başında esnek AC iletim sistemleri (FACTS) diye bir kavram sunulmuştur. FACT'in temelinde yüksek güç uygulaması, güç elektroniği şönt ve seri cihazları vardır. FACTS kavramına göre seri cihazlar, verimli güç akış kontrolleridir.

İletim sistemlerinde uygulanan ilk kontrol edilebilen seri cihazlar Tristör Anahtarlamalı Seri Kondansatör (TSSC) ve Tristör Kontrollü Seri Kondansatör (TCSC)'dür. TSSC ve TCSC, reaktif gücü sağlamak için pasif elemanlara dayalıdır. İnverter kullanan cihazlar, reaktif gücü anahtarlama yaparak oluşturur, böylece sadece küçük miktarda enerjiyi depolayabilen elemanlar dc tarafta gerekli olabilir ki güç değişimi gerçekleşsin.

VSI teknolojisini kullanan seri kontrol cihazları birleştirilmiş güç akış kontrolör (UPFC) cihazının bir parçası sayılabilir. Eğer UPFC'nin şönt çeviricisi yerine dc kondansatör kullanılırsa bu seri cihazı, statik senkron seri kompanzatör (SSSC) olarak bilinir.

SSSC'nin amacı, iletim şebekesinin güç transferi kapasitesini yükseltmektir. SSSC'nin, gerilim dalgalanması ve değişimi, gerilim seviyeleri ve harmonik gerilim distorsiyonu gibi güç kalitesi sorunlarına olan etkisini ele alıcaz. Belli SSSC kontrol stratejileri kullanarak gerilim seviyeleri ve gerilim oynama kademeleri ayarlanabilir. Yük barasındaki injeksiyon

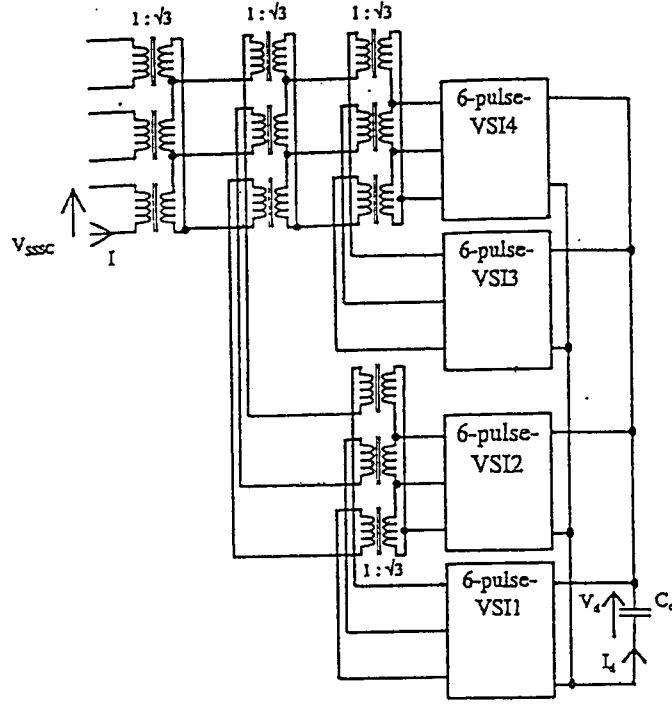
gerilim seviyesi ve harmonik gerilim distorsiyon seviyesi arasındaki ilişki önemlidir. SSSC, harmonik gerilim distorsiyonunda farklı kademelerin oluşmaması için ayrı bir kontrole ihtiyaç duyabilir (Tennakoon vd., 2000).

9.11.1 SSSC Karakteristikleri

SSSC, dc tarafta enerji depolama elemanına bağlı güç elektroniği inverterinden oluşmaktadır. SSSC'nin ac uçları seri olarak iletim hatları ile bağlıdır. SSSC, inverter vasıtasıyla gerilimi direkt olarak iletim sistemine gönderebilir. Bunun için, injeksiyon transformatörü inverteri yüksek gerilim sisteminden izole etmek ve gerilim ve akım seviyelerini güç elektronik konverterine uygun olarak ayarlamak için gereklidir.

SSSC'yi iletim sisteminde uygulamak için yüksek güç oranları gerekebilir (>50 MVA_r). Bu nedenle yüksek güçlü GTO tristörleri gereklidir. Genelde yüksek güçlerde, güç elektroniği inverterlerinde kayıp, anahtarlardan dolayıdır. Bu nedenle elektronik cihazlarda bir devrede sadece bir açma-kapama yada kapama-açma geçişleri yapılmaktadır. Sonuçta, PWM (Darbe Genişlik Modülasyonu) kullanarak basit üç fazlı köprü inverteri kullanılmıyorsa, harmonik distorsiyonu azaltmak için daha kompleks, çok darbeleri inverterler kullanılmaktadır. Çok darbeleri inverterler, harmonik gerilim devre elemanlarını yok etmek için ac uçları 6 darbeleri inverterlere bağlayarak bir transformatör düzeni kullanır. Şekil 9.45, çok darbeleri SSSC modelini göstermektedir.

Şekil 9.45'de gösterilen seri kontrolör, dc terminallerin bir kondansatöre bağlanması gibi aktif gücü sürekli hal esnasında tedarik ve kontrol eder. Mamafih, inverterin ateşleme açısının değiştirilmesiyle kondansatör gerilimi, enjeksiyon geriliminin genliğini ve yönünü kontrol etmek için yükseltilebilir veya azaltılabilir. Böylece, SSSC, temel olarak kontrol edilebilir bir reaktif gerilim kaynağıdır (Tennakoon vd., 2000).



Şekil 9.45 24 darbeli SSSC

Uygun bir kontrol algoritmasıyla bir SSSC'nin bir kondansatör veya bir reaktör gibi aynı gerilim-akım karakteristiklerini elde etmesi sağlanabilir. Reaktans modu olarak adlandırılan SSSC'nin kullanılması güç akış yolunun reaktansını azaltabilir veya arttırabilir. Çevrelenmiş iletim sistemlerinde, yük akışını yeniden dağıtmak için bir iletim hattının akımını SSSC ile sabit seviyeye ayarlamak mümkündür.

Bir SSSC'nin çok esnek bir tarzda kontrol edilebileceği gibi, sadece bir kontrol stratejisinin tespit edilmesi değil ayrıca alternatif kontrol stratejilerinin de;

- Diğer FACTS kontrolörleri, otomatik gerilim regülatörleri ile nasıl bir etkileşimde bulunacağı,
- Koruma sistemlerinin cevabı,
- Gerilim dalgalanması, bitişik sistemlere olan gerilim değişiminin yansıması ve harmonik distorsiyonu gibi güç kalitesi meselelerine nasıl etki edeceğinin de araştırılması önemlidir.

9.11.2 Güç Kalitesinde Bir SSSC Darbesinin Araştırılması

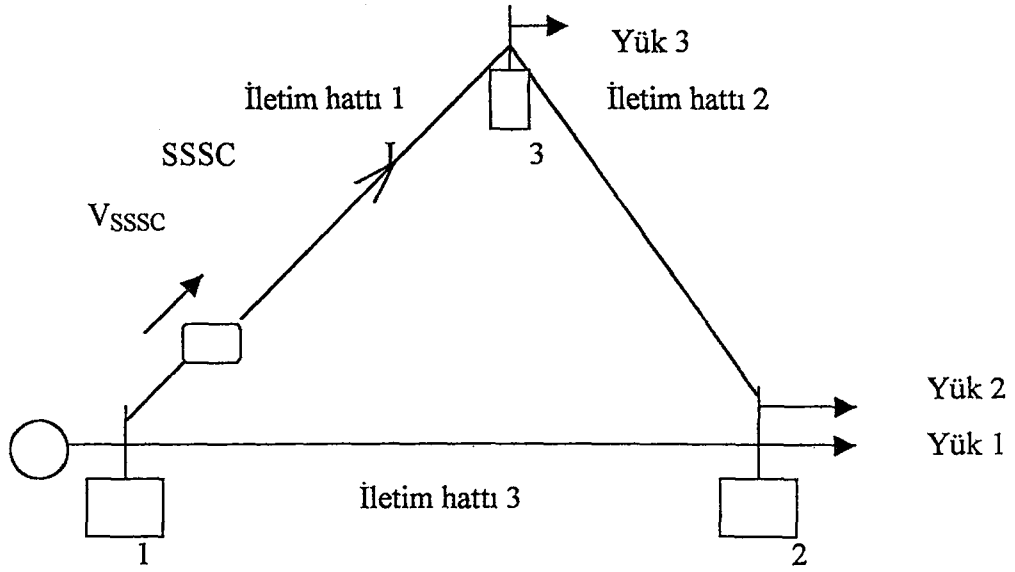
Şekil 9.46, bir iletim sistemi için güç kalitesi etkilerinin araştırmalarını göstermektedir. Parametreleri çizelge 9.1’de verilen 3 fazlı iletim hattı π -bölümleri diye modellenmiştir. İletim hatları 2 ve 3, 5.0 pu’luk termik akıma sahipken iletim hattı 1, 8.0 pu’luk bir akıma sahiptir. Yük verileri çizelge 9.2’de verilmiştir. Bütün pu değerleri, 275 kV’luk temel bir gerilime ve 100 MVA’lık bir güce karşılık gelir. Besleme iletim sistemi, nominal gerilimde 50 pu’luk bir hata seviyesine sahiptir. Bu iletim sistemi, 0.02 pu’luk bir reaktansa bağlanmış olan 1.085 pu’luk bir sabit gerilim ile gösterilmiştir (Tennakoon vd., 2000).

Çizelge 9.1 275 kV’lık iletim hatlarının parametreleri

R'	L'	C'	l ₁	l ₂	l ₃
$\Omega \text{ km}^{-1}$	mH km ⁻¹	$\mu\text{F km}^{-1}$	km	km	km
0.04	1.0154	0.01162	60	24	38

Çizelge 9.2 Sistem testi için yük verileri

	S/pu	PF
Yük 1	5.96	0.98
Yük 2	6.08	0.94
Yük 3	1.90	0.93



Şekil 9.46 Güç kalitesi çalışmaları için kullanılan iletim sistemi

Çizelge 9.3 Çeşitli sistem konfigürasyonları için parametreler

	Konfigürasyon 1	Konfigürasyon 2	Konfigürasyon 3
Yük 1	Açık	Açık	Açık
Yük 2	Kapalı	Açık	Açık
Yük 3	Açık	Açık	Açık
$I_{\text{hat1}} / \text{pu}$	3.6	4.99	8.0
$I_{\text{hat2}} / \text{pu}$	2.3	0.56	2.53
$I_{\text{hat3}} / \text{pu}$	4.2	7.62	5.0
V_1 / pu	1.032	0.966	0.977
V_2 / pu	0.998	0.911	0.933
V_3 / pu	1.005	0.909	0.928
$V_{\text{SSSC}} / \text{pu}$	0.0	0.0	0.160

1 ve 3 yüklerini sağlamak için SSSC'siz iletim sistemleri seçilmiştir (kofigürasyon 1, çizelge 9.3). Bu yük şartı altında hat 3, termik akım limitinin % 84 verimliliğinde çalışabilir. Yük 2 eklendiği zaman doğal yük dengesi bozulur ve hat 3 aşırı yüklenir. Böylece, hat 1 ve 2 tam olarak çalışmaz (kofigürasyon 2, çizelge 9.3) Yük 2'nin değişmesi bütün gerilim sistemlerinin dengesini bozar. Bağlantı kuran iletim ve dağıtım sistemleri de dengelerini kaybeder.

Hat 3'ün aşırı yüklenmesini önlemek için SSSC'yi kontrol ederek akım hat 1'e yöneltilir, iletim hattı 1'in akım akışının üzerinde bulunan yolun reaksiyonluğu azalır. SSSC, iletim hattı barasının sonunda bulunursa yükün harmonik distorsiyonu küçülür (Şekil 9.46). Termik nominal değere 1. iletim hattındaki akımı yükseltmek için SSSC uygulanır. Bu şekilde SSSC'nin toplam güç transferi kapasitesini ve güç sisteminin verimliliğini yükselttiği görülür.

SSSC'nin düzenlenmesinden sonraki yük akışı, iletim hattı 1'deki akımı kendi termik nominal değerine arttırır (kofigürasyon 3, çizelge 9.3). Çizelge 9.3'teki konfigurasyon 2 ve 3'ün karşılaştırılması, SSSC'nin kabiliyetiyle tüm güç transfer kapasitesini arttırdığını ve güç sisteminin yararlılığını iyileştirdiğini gösterir (Tennakoon vd., 2000).

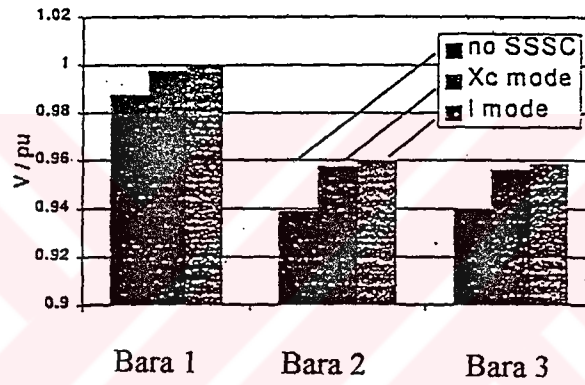
9.11.2.1 Gerilim Seviyelerinin ve Değişiminin Değerlendirilmesi

Gerilim kalitesine kontrol modunun etkisini değerlendirmek için yük akışı hesaplanmıştır. Gerilim kalitesi kavramı, SSSC'nin gerilim seviyelerine ve gerilim değişikliklerine olan etkisidir. SSSC'nin iki tür çalışması ele alınmıştır. 1. şemada SSSC, reaktans modunda (X modu) çalışıyor ve SSSC'nin gerilimi ve akımı arasındaki kazanç $19.78 \cdot 10^{-3}$ pu'dur. Bu kazanç, iletim hattı 1'deki akımın termik limitinde en yüksek yükte yüklenmesini sağlar (kofigürasyon 3, çizelge 9.3). 2. şemada SSSC, akım ayarlama modunda (I modu) çalışıyor ve hat 1'deki akımda kendi termik limitindedir. Böyle bir çalışma modu, elektrik marketlerde ilgi çekebilir (Tennakoon vd., 2000).

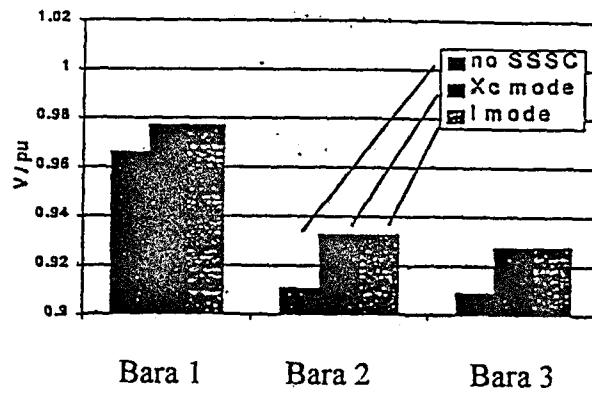
Kontrol edilemeyen sistemleri kıyaslamak için gerilim seviyeleri SSSC'siz olanlarda incelenmiştir. Orta ve maksimum yük koşulları için SSSC'nin bara 1,2,3 kontrol stratejilerinin gerilim seviyelerine etkisi şekil 9.47 ve 9.48'te gösterilmiştir (Çizelge 9.4).

Çizelge 9.4 Yük koşulları

Koşullar	Yük 1	Yük 2	Yük 3
MİN. Yük	Açık	Kapalı	Kapalı
Alçak Yük	Açık	Kapalı	Açık
Orta Yük	Açık	Açık	Kapalı
Max. Yük	Açık	Açık	Açık



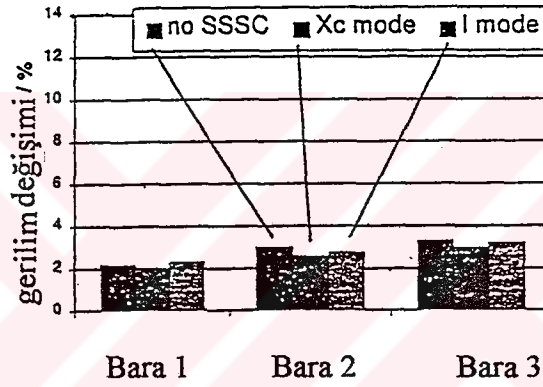
Şekil 9.47 Orta yükteki gerilim seviyeleri



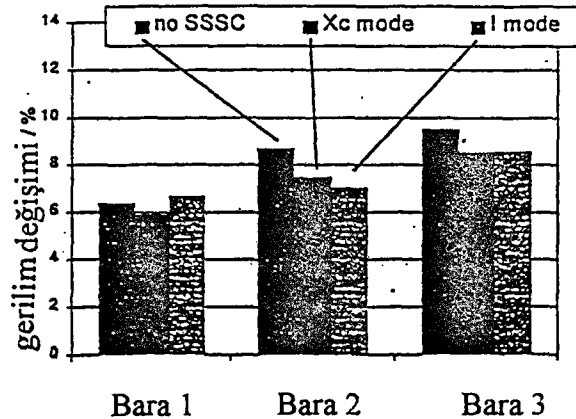
Şekil 9.48 Maksimum yükteki gerilim seviyeleri

Şekil 9.47 ve 9.48, iki şemanın da gerilim seviyelerini yükselttiğini, yükün sağlanması ve bara gerilimlerinin beslenmesini gösteriyor. Anahtarlama ve iletim sisteminde hatalar sonucunda

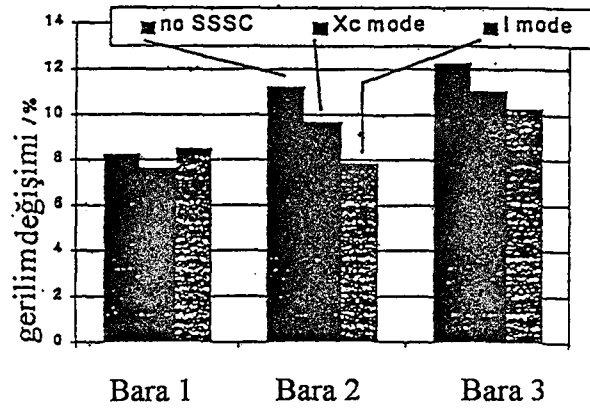
yükteki ve parazitlerdeki değişiklikler, iletim ağının diğer yerlerinde gerilimin değişimine sebep olabilir. Bu durumdaki SSSC'nin gerilim değişiminin azaltılması incelenmiştir. Şekil 9.49, 9.50, 9.51'de gösterildiği gibi bara 2,3'e bağlı dağıtım sistemlerinde gerilim değişimi, SSSC uygulandığı zaman daha azdır. Yük değişimlerinin genliği yükseldiği zaman Xc moduna göre I modu, bara 2,3'teki gerilim değişiminin küçük olmasını sağlıyor. Yalnız akış yoluna karşı olarak bara 1'e bağlı olan sistemlerde I modu uygulandığı zaman yüksek gerilim değişimi görülür. Şekil 9.49, 9.50, 9.51'de SSSC reaktans modunda çalıştığı zaman bara 1 iletim sistemindeki değişim yansımalarının azaldığını görürüz. Bu durum açıkça gösteriyor ki, dinamik kontrol yeterince hızlı ise SSSC, gerilim değişimini azaltıyor (Tennakoon vd., 2000).



Şekil 9.49 Maksimum yükten orta yüke geçişteki değişim



Şekil 9.50 Maksimum yükten alçak yüke geçişteki değişim

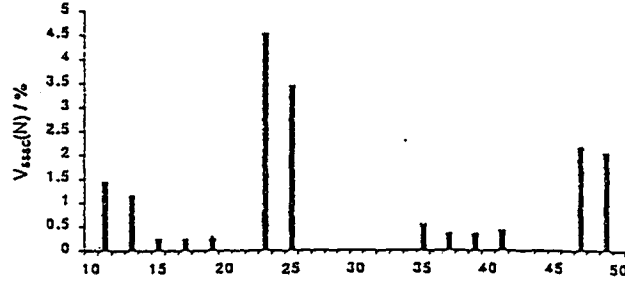


Şekil 9.51 Maksimum yükten minimum yüke geçişteki değişim

9.11.2.2 Harmonik Distorsiyonun Değerlendirilmesi

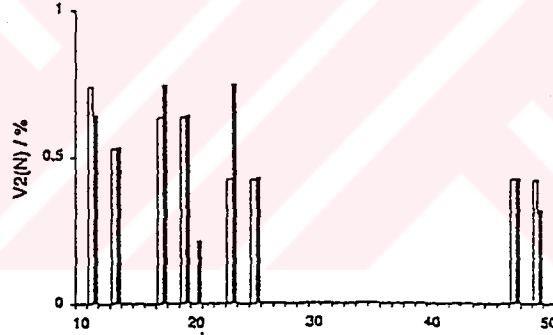
SSSC her zaman belli bir harmonik gerilim değişimine sebep olur. Değişimi analiz etmek için bir donanım simülatöründe 3 fazlı model uygulanmıştır. Bu sistemde, indüktans ve kondansatörler yerine indüktörler kullanılmıştır. Böylece, hat kapasitans modeli ortaya çıkmıştır. SSSC, 24 darbeleri inverter olarak çalıştırılmış ve akım regülasyon modunda dijital sinyal işlemcisi tarafından kontrol edilmiştir (Şekil 9.45). Bara gerilimi dalga şekilleri çizelge 9.4'de verilen yük koşulları altında ölçülmüştür ve her bir harmonik gerilim devre elemanın genliği türetilmiştir.

Şekil 9.52, 9.53, 9.54'de harmonik gerilim akım kontrol modunda çalışan SSSC'nin temel frekans devre elemanının yüzdesi olarak gösterilmiştir. I modu, reaktans moduna göre daha kötüdür. İlgi çeken bir husus da Şekil 9.52'de, 24 darbeleri SSSC tarafından oluşan harmonik gerilim distorsiyonudur. 3 fazlı birleştirilen transformatörler zigzag şeklinde bağlı olursa 12. ve 36. harmonikler çevresindeki küçük devre elemanları elimine edilebilir.

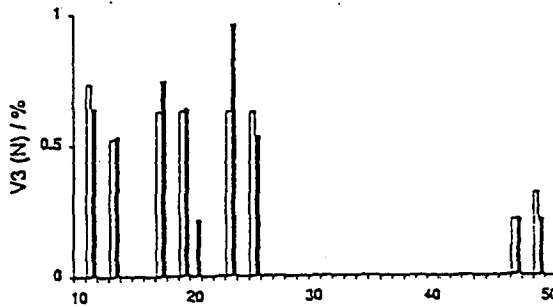


Şekil 9.52 Temel frekans devre elemanının yüzdesi olarak gösterilen SSSC geriliminin harmonik spektrumu

Şekil 9.53, orta ve maksimum yük altında çalışan bara 2 ve 3'teki sistemlerin harmonik gerilim alanlarını göstermektedir. Yük 3'ün bağlantısı koptuğu zaman, akım kontrol modunda çalışan SSSC'nin gerilimi 0.160 pu'dan 0.181 pu'ya yükselmesine rağmen gerilim genliği çoğu harmonik devre elemanları için azalır.



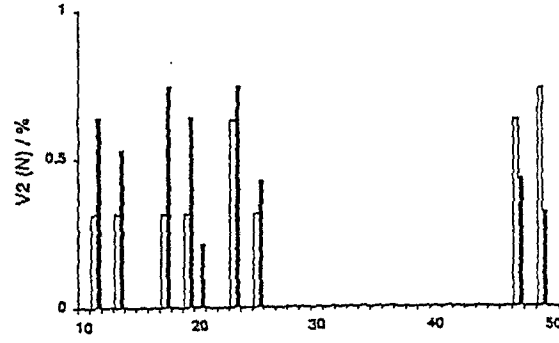
a) V_2 , orta gerilim (beyaz) ve maksimum gerilim (siyah)



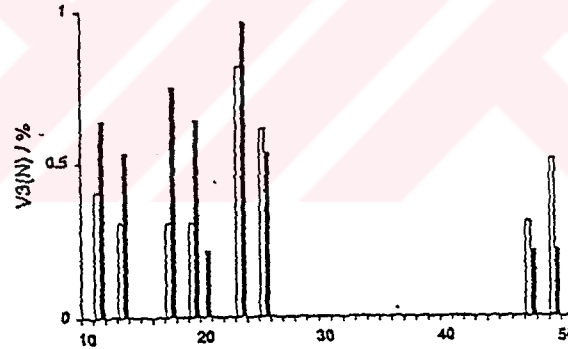
b) V_3 , orta gerilim (beyaz) ve maksimum gerilim (siyah)

Şekil 9.53 Bara 2 ve 3'teki harmonik gerilim spektrumu

Şekil 9.54, alçak ve maksimum yük altında bara 2 ve 3'te ortaya çıkan harmonik gerilim alanlarını göstermektedir. Şekil 9.54'deki ölçüler şekil 9.53'dakilerle kıyaslanırsa alçak yük koşulları için SSSC'nin geriliminin 0.160 pu'dan 0.239 pu'ya yükselmesine rağmen harmonik devre elemanlarının gerilim genliğinin önemli ölçüde düştüğü görülür.



V₂, alçak yük (beyaz) ve maksimum yük (siyah)



V₃, alçak yük (beyaz) ve maksimum yük (siyah)

Şekil 9.54 Bara 2 ve 3'teki harmonik gerilim spektrumu

Şekil 9.53 ve 9.54'de verilen sonuçlar, SSSC'nin harmonik gerilimlerini enjeksiyon ve yük noktaları arasında arttırılabileceğini ortaya çıkarmıştır (Tennakoon vd., 2000).

9.12 Güç Kalitesi İçin Değer Teklifi

Güç kalite servisinin ayrı fiyatlandırılması (unbundling), müşterilere birden fazla güç kalitesi servisi sağlayan ve mevcut teknolojileri kullanan ticari bir kavramdır. Bu teknolojiler, kullanıcılara seçimlerinde bir değer aralığı ve hesaplanabilir bir ekonomik değer sağlar. Bu yolla, ayrı fiyatlandırma, maliyetlerin hesaplanmasında ve güç kalitesi iyileştirmelerinde kolaylık sağlar. Son yıllarda bu tip teknolojileri geliştirmek için önemli ilerlemeler kaydedilmiştir ve göstermiştir ki bu teknolojiler uygulanabilir ve güç kalitesi servislerinin ayrı fiyatlandırılması üzerine ticari tekliflere imkan verir. Bunun sonucunda da 2005'ten itibaren elektrik endüstrisinde köklü değişiklikler olacaktır (Kessinger, 2000).

Değer teklifi için sorulması gereken bazı sorular vardır:

- Yeniden yapılandırılmış bir elektrik endüstrisinde güç kalitesi teknolojileri için müşteri kimdir?
- Bu müşterinin değeri nedir?
- Yeniden yapılandırılmış bir elektrik endüstrisi, yeni güç kalitesi teknolojilerine adapte olabilecek mi?

Bu sorulara gerekli cevaplar verilebildiği takdirde güç kalitesi için daha iyi bir değer teklifi ihtiyacı ortaya çıkacaktır. Aslında güç kalitesini iyileştirmek için yeni teknolojiler etrafımıza bulunmaktadır. Fakat günümüzde, geleneksel güç kalitesi çözümleri hakim olmaya devam etmektedir. Uzun vadede teknolojinin en önemli değeri nakit akışını hızlandırmak olacaktır. Daha iyi çözümler mutlaka daha iyi değer teklifleriyle bağlantılı olmalıdır.

Değer teklifinin açıklanmasında, karlılık, kendi ürününün güvenilirliği ve kalitesi, müşteri memnuniyeti gibi müşteri ihtiyaçlarının yeterli derecede açıklanması gerekmektedir. Ayrıca, müşteriye yararlı olmak, yeni bir ürünün, servisin veya teknolojinin adaptasyon maliyetinden daha önemlidir. Değer teklifini aşağıdaki gibi bir denklemle açıklanabilir.

Müşterinin farkında olduğu yararlar - Ürün yada servisin ömür fiyatı = Farkında olunan değer

İyileştirme performansı	Maliyetlerin Düzenlenmesi
İşletme maliyetinin azaltılması	Satın alma fiyatı
Çalışan sermaye ihtiyaçlarının azaltılması	Ayarlama maliyetleri
Azaltma riski	İşletme ve bakım maliyetleri
	Finansman maliyetleri
	Yönetim maliyetleri

Mesela, Powercor, Australia'daki DVR'in değerini ele alalım;

DVR, güç kalitesi olayında çalışma kayıplarının yok ediyor

- Kayıp ürün / harcanan malzeme: 1,250 \$
- Temizleme & üretim dışı çalışma: 1,250 \$
- Harcama işlemi: 4,000 \$
- Tanker diversiyonu: 6,000 \$

İşletme ürününün iyileştirme performansı ile yüksek değerde ürüne dönüştürülmesi: 65000 \$

5 saatlik üretim kesilmesinin toplam maliyeti: 87,000 \$

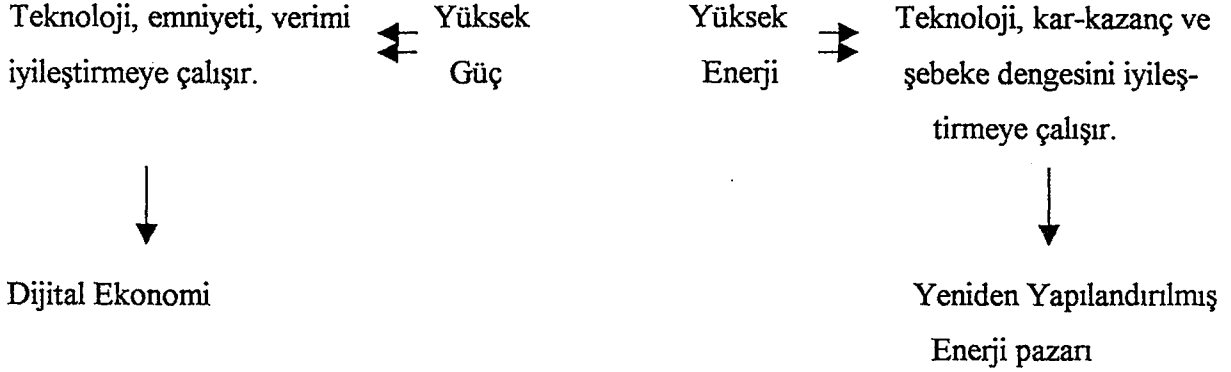
3 / 95 tarihinden 6 / 98 tarihine kadar 88 besleme olayı meydana geldi.

Bu işletmede DVR kullanımının senelik olarak sağladığı yarar 1,3 milyon dolardır. Bu örnekle bir kez daha güç elektroniği devre elemanlarının kullanımının işletme için ne kadar yararlı ve karlı olduğu ortaya çıkmıştır. İşletmelerde meydana gelen kesintiler önemli miktarlarda zarara yol açmaktadır. Örneğin, bir senede 20 hatanın meydana geldiği 5 MW yükü olan bir işletmede gerekli güç kalitesi tedbirleri alındığı takdirde her yıl 2035 MW324 saat30.05 \$ her bir kWh için = 120,000 \$'lık gelir kaybı önlenir (Kessinger, 2000).

Enerji depolaması, değişken kaynaklar ve yükler arasında bir nevi aracılık yapar. Amaç;

- Uygulamaların geniş bir spektrumu için depolama teknolojilerinde geniş bir portföy geliştirmek.
- Entegre edilmiş güç elektroniği ile kendiliğinden içerikli sistemleri geliştirmek.

Enerji Depolama Spektrumu



Depolamanın 3 rejimi vardır;

- Güç kalitesi (1 periyot – 15 saniye)
- Yük takibi (dakika)
- Enerji idaresi (saat)

Güç kalitesi, dijital donanımın tek bir periyodu için % 20'den daha küçük gerilim sapmalarını veya gerilim yükselmelerini çözecektir. Güç kalitesi olayları pahalıdır. Tahmin edilen yıllık kayıplar 30 – 188 milyar dolar civarındadır (Gyuk, 2001).

9.13 General Motors Şirketinde Kaliteli Güç Kullanımına Geçiş Süreci

Yaklaşık 75 yıldır dünyanın en büyük oto yapımcısı olan General Motors sonuz taşıt serileri ki, bunları sayılmayacak testler sonucu geniş ve başkalarından ayılan, hayatı kolaylaştıran özellikleriyle bu alana egemen olmuştur. Detroit şehrinin dışında kurulu bulunmaktadır. Yıllarca General Motors Michigan Proving Grounds'da yapılan testler, 1920'deki ilkel tecrübe manevralarından sonra, bugün hükümetlerce düzenleyici, kontrol edici birimler tarafından da uyulması zorunlu kılınan kompleks kriter setini geliştirmiştir. Vehicle Emission Lab. Ekzost buharları ve arabalar tarafından US Environmental Protection Agency önderliğinde özenle test edilen bir laboratuardır.

Buradaki bir çok test ve analiz cihazları elektrik gücüyle çalışır. Bir çok sonuçlandırılmış işin performansının ölçülmesi, Vehicle Emission Labs'de saatlerce veya günlerce deneyler yapmayı gerektirir ki, bunun için de temiz elektrik gücünün olması zorunludur.

1991'de J.T.Tamm Associates'den (Detroit Bölge Fabrikası) Laura Kurcz, Current Technology ürünlerini tanıtmaya ve eğitime temsilcisi olarak, GM fabrika mühendisleri ve elektrik topraklama işlemlerinden sorumlu teknik elemanlar ile toplantılar yapmaya başlayarak Güç Kalitesi konusunda General Motors'da yapılması gereken konular tartışılmaya başlandı.

Fabrika mühendisleri, emisyon için araç testine değer biçilmesi süresi boyunca bu süre sonuna kadar araba motorlarının uzun bir süre çalışması gerektiğini belirtiyorlar. Motorun başlamasından durduğu ana kadar emisyonlar toplanıp analiz ediliyor. Karışıklığa sebep olan güçteki herhangi bir değişiklik testlerin tekrarlanmasına sebep olur. Tipik bir emisyon testi ve bilgisayar analizi, laboratuvar tabanına yerleştirilen bir çeşit otomobil ayak değirmeni ve saatlerce çalışarak karbonmonoksit ve hidrokarbon üretir ki bu durum her araç için binlerce dola eder. Finansal perspektiften bakılacak olduğunda testlerin tekrarı oldukça büyük maliyetler gerektirir ki kayıpların önlenmesi için temiz güç kullanmak gerekiyor.

Elektronik servis günlerinde planlanıp tasarlanmış tesisat kurarak, dış kaynaklı güç karmaşasına neden olan sebepleri MP (Power Siftors) koruma cihazları kullanarak önleyebileceklerini, EGP (Electronic Grade Panelboards) modelleri, dalbudak şebekelerdeki içsel kaynaklı üretilen karışıklıklara karşı sistemi korumak için öneriliyor.

Current Technology'nin MP ve EGP modellerini tesis etme işlemleri Ocak 1992'de başlatılmıştır. Tertemiz test hücrelerinde arabaların çalışması oldukça zordur. Gün içinde çevre şartları arabaları sürekli bir sıcaklık, rutubet gibi varyasyonlara tabi tutar. Sağlıklı ölçüm ve temiz bir çalışma alanı olmaktan uzaktır.

Bu urumu önlemek için emisyonlar plastik torbalarda toplanarak, dışarıda bir yerde tesis edilen bilgisayar istasyonlarına analiz edilmek üzere gönderilir. Current Technology'nin kurduğu kaliteli güç kullanan birimlerde test başlamadan önce arabaların benzin depoları elektronik kontrollü benzin istasyonlarında doldurulur ki, değişik tip benzin ve karışımları bulunur. Daha sonra Emisyon laboratuvarında yarın bineceğimiz otomobiller,bugün geliştirme

ve yüksek kalite için testler yapma imkanını rahat ve stabil güç kullanan laboratuvarlarda bulur. Sonuç olarak, Current Technology ürünleri General Motors'a sistemdeki bozuklukları önleyerek ve zaman kaybı, bozuk, kalitesiz veriyi önleyerek teknolojiyi geliştirmede yardımcı olmuştur.

9.13.1 Suppression Filtre Sistemi

İşyerleri sağladığı ürün veya hizmete bakmaksızın kamunun sağladığı elektriğe bağımlıdır. Bilgisayarlara güç temin etmek, otomasyon montaj fabrikalarına, laboratuvar cihazlarına, telekomünikasyon şebekelerine, güvenlik sistemlerine güç temini için kamu dağıtım şebekesini kullanmak zorundayız.

Bugünün mikro işlemci tabanlı cihaz ve sistemleri, manuel çalışan sistemlerden oldukça farklıdır. Silikon yongaların ve diğer hassas elemanların yapılmasıyla ofiste kullanılan makineler, LAN's WAN's, otomasyon üretim bantları ve biyomedikal aygıtlar büyük ölçüde elektrikteki geçici değişimlerden etkilenir.

Bunun nedenlerinden biriside yıldırım darbeleridir. Kolayca teşhis edilebilen yıldırım darbeleri elektrik şebekelerinde hatalara, zararlara neden olan tek sebep değildir ve pek de sık meydana gelmez. Yıldırım darbeleri dışında geçici değişimlere neden olan sebepler şunlardır:

- Kamu kondansatör gurubundaki değişmeler,
- Kamu topraklama ızgaralarının değiştirilmesi,
- Güç faktörü doğrultucu kondansatörlerinin statik şarjlarının artışı,
- Dahili motorlar,
- Anahtarlama modlu güç sağlayıcılar.

Çok hızlı ve yıkıcı yıldırım darbeleri veya devamlı düşük düzeydeki geçici değişimler sonucunda, hiçbir işkolu potansiyel kesintilerden ve hatalardan muaf değildir. Bütün kesinti ve hatalar Kuzey Amerikan şirketlerini her yıl 26 milyon dolar zarara uğrattırıyor.

9.13.2 Suppression Filtre Sistemi Nasıl Koruma Sağlar?

Filtre sistemi, güç kaynağı ve yük arasına tesis edilir. Tek veya koordine edilmiş grup üniteleri şeklinde düzenlenir. Suppression filtre sistemi, sürekli bir koruma elemanı olarak görev yapar. Elektriğin kritik cihazlara ulaşmadan önce gürültülerden temizlenmesi sağlanır. Filtreleme ve regülasyon sağlanmaktadır. Bu yolla her gün maruz kalınan zarar verici değişimler, işlemlerde hataya yol açan dalgalanmalar önlenmiş olur. Potansiyel ani kuvvet artışı olayları bastırılarak nötralize edilmekte ve sistemi altüst eden yüksek frekanslı gürültüler filtre edilerek zararsız düzeylere indirilir.

Kullanılması gereken filtre sayısı, yapılacak işlemin özelliklerine bağlıdır. İçsel elektrik karmaşası ve daha da önemlisi işlem süresince tespit edilen elektrikli salınımlar, kullanılması gereken filtre sayısının belirler.

9.14 Güç kalitesindeki IEEE Standartları

Std 4-1995, Yüksek gerilim testleri için standart teknikler

Std 120-1989, Güç şebekelerinde elektrik ölçümleri için Master test kılavuzu

Std 141-1993, Endüstriyel alanlarda elektrik güç dağıtımını için önerilen uygulamalar

Std 142-1991, Yeşil kitap olarak bilinen, endüstriyel ve ticari güç sistemlerinin topraklanması için önerilen uygulamalar

Std 241-1990, Gri kitap olarak bilinen, ticari binalardaki elektrik güç sistemleri için önerilen uygulamalar

Std 281-1994, Güç sistemi iletişim teçhizatı için standart servis koşulları

Std 299-1991, Elektromagnetik ekranlama muhafazasının etkinlik ölçümünün standart metodu

Std 367-1996, Güç arızasından dolayı elektrik güç istasyonunun topraklama potansiyel artışı ve indüklenmiş gerilimin tespit edilebilmesi için önerilen uygulamalar

Std 376-1993, Darbe kuvvetinin ve darbe bant genişliğinin ölçümü için standartlar

Std 430-1991, Havai güç hatları ve trafo merkezlerindeki radyo parazitlerinin ölçümü için standart uygulamalar

Std 446-1987, Turuncu kitap olarak bilinen, endüstriyel ve ticari uygulamalarında güvenlik için önerilen uygulamalar

Std 449-1990, Ferrerezonans gerilim regülatörleri için standartlar

Std 473-1991, 10 kHz'den 10 GHz'e kadar elektromagnetik alan kontrolü için önerilen uygulamalar

Std 493-1997, Altın kitap olarak bilinen, emniyetli endüstriyel ve ticari güç sistemlerinin dizaynı için önerilen uygulamalar

Std 519-1992, Elektrik güç sistemlerinde harmonik kontrolü için önerilen uygulamalar ve ihtiyaçlar

Std 539-1990, Havai güç hatlarının alan ve korona etkilerinin standart açıklamaları

Std 762-1987, Elektriğin kullanımında güvenilirliği, kullanılabilirliği ve üretkenliği için standart açıklamalar

Std 944-1986, Güç istasyonları için kesintisiz güç kaynağının test edilmesi

Std 988-1996, Trafo merkezlerinin aydınlatma strok ekranlaması için standartlar

Std 1048-1990, Güç hatlarının topraklama koruması için standartlar

Std 1057-1994, Dalga şekli kaydedicilerinin sayısallaştırılması için standartlar

Std 1100-1992, Hassas elektronik teçhizatın topraklanması için önerilen uygulamalar

Std 1159-1995, Elektrik güç kalitesinin izlenmesi için önerilen uygulamalar

Std 1184-1997, Kesintisiz güç sistemleri için bataryaların seçimi ve ölçümü için standartlar

Std 1325-1996, Güç şebeke kesicilerinde olan arızaların rapor edilmesi için önerilen uygulamalar

Std 1346-1996, Elektrik güç sistem uygunluğunun değerlendirilmesi için önerilen uygulamalar

Std C.37.10-1995, Güç şebeke kesicilerinin hata ve arıza bulma standardı

Std C.37.100-1992, Güç anahtarlama için standart açıklamalar

Std C.57.110-1986, Nonsinüzoidal yük akımları depolandığında transformatörler için önerilen uygulamalar

Std C.57.117-1986, Elektrik güç sistemlerinde güç transformatörleri ve şönt reaktörler için arıza verisinin rapor edilmesindeki standartlar

Std C.62.41-1991, Alçak gerilim ac güç şebekelerinde şok gerilimler için önerilen uygulamalar



10. SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRMELER

Son yıllarda teknolojinin hızla gelişmesi ile birlikte hassas elektronik cihazların kullanımı önemli ölçüde artmıştır. Bunun sonucunda söz konusu cihazları kullanan müşterilerin yüksek kaliteli elektrik enerjisine olan talepleri teknolojinin gelişmesine paralel olarak artmıştır.

Dalga şekli distorsiyonlarının ve bozucu etkilerin hassas tüketici yükler üzerindeki olumsuz etkilerini belirlemek amacıyla elektrik kurumları ve konuyla ilgilenen diğer kuruluşlar tarafından öncelikle cihazların nasıl etkilendiği tespit edilmeli ve ilgili standartlar hazırlanmalıdır. Daha önceden çıkarılan standartlar ise değişen koşullara uygun olarak yeniden gözden geçirilmelidir.

Enerji iletim sisteminin tipi de güç kalitesini etkileyen önemli etkenlerden biridir. Çöküntüler havai hatlarda yeraltı şebekesine göre dört kat daha fazla meydana gelmektedir. Aynı şekilde kesintiler de havai hatlarda iki kat daha sık olarak görülmektedir.

Elektronik cihazlar dalga şekli distorsiyonlarından etkilenmeleri yanında aynı zamanda birer distorsiyon kaynağıdır. Büyük güçlü elektronik aygıtlar, elektrik motorları, ark fırınları gibi yükler şebekenin genel bağlantı noktasında büyük gerilim dalgalanmalarına neden olur. Bu ise aynı noktadan beslenen hassas cihazlara sahip diğer tüketicilerde önemli güç kalitesi problemlerine yol açar. Elektrik kurumları güç kalitesi problemlerinin azaltılması için genel bağlantı noktasındaki gerilimleri azaltmak için gerekli önlemleri alması gereklidir. Büyük ölçü endüstriyel tesislerden kaynaklanan problemler standart değerlerin üzerinde ise elektrik kurumu bu kuruluşlardan güç kalitesini düzeltmesini istemelidir.

Geleneksel donanımların güç kalitesi problemlerini çözemediği durumlarda STATCOM, DVR, DSATCOM, SSB, PPP, FRIENDS devreye girmiştir. Dinamik aktif güç kompanzasyonu gibi modların kontrolünü sağlayan DSTATCOM'un esnekliği ilave seçimlere olanak sağlar. Bu sebeple güç dönüştürücü seviye kontrolü, cihazdan tamamen faydalanmak için çok önemlidir. Sistemin dahili hesaplaması yapılarak modifiye edilmiş mevcut kontrol sisteminin kullanılmasıyla, kompanze işlemi hızlı ve dengeli olur. Bu sebepten, DSTATCOM endüstri kuruluşları için özellikle dağıtım sistemleri için önemli bir cihazdır.

STATCOM, güç flikerlerini dengelemeye yardımcı olur. STATCOM önceki dengeleyicilere nazaran pek çok avantaja sahiptir. İlk olarak, daha hızlı tepki verir ve gerilim dalgalanmasına bir periyotluk sürede cevap verebilir. İkinci olarak, sistem gerilimi düşük olduğunda anlık olarak daha fazla gerilim çökmesini önlemek için yüksek oranda reaktif güç gerektiğinde daha çok reaktif güç üretirler. STATCOM, güç faktörü düzeltimi ve gerçek-zaman gerilim desteğiyle iletim transferi limitlerini %50'den fazla artırır. Böylece uzak enerji kullanıcıları için termik aşırı yük durumları azaltılır ve güç kalitesi düzeltimi yapılır.

DVR'lar gerilim düşümlerini dengelemeye yarar. Bu cihazla, ayrıca elektrik kuruluşları için, kayıp gelirin kilowatt-saat sayıları vasıtasıyla bozuklukların maliyetini tahmin etmek mümkün olur. DVR, bağlama transformatörü vasıtasıyla kontrollü genlik ve frekansın 3 fazlı gerilimini alternatif akıma enjekte eder. Böylece DVR, gerilim kalitesi, limitlerin dışında iken yükteki gerilim kalitesini düzeltir.

GTO veya tristör anahtarlama teknolojisi üzerine temellendirilmiş olan SSB, güç sistemindeki bir elektrik arızasını temizleme işlemini ani olarak yapan, bir alt periyot kesicisidir. Ayrıca, diğer güç elektroniği cihazlarıyla birlikte gelişmeden dolayı oluşan aşırı arıza akımına engel olarak tüketicilerin güç kalitesi performansını artırır. SSB, bir SSTS'de, bir bağlantı şalterinde veya bir düşük seviyeli arıza kesicisinde kullanılabilir. Kesicinin, gerilim ve akım nominal değerleri, gerekli olan güç yarı iletkenlerinin sayısını ve sonuçta da kesicinin maliyetini ve işletme kayıplarını belirler.

Premium Power Park (PPP), tüketicilere elektronik kontrollü, maliyet etkinliği olan, güç kalitesini bozmayan enerji sağlar ve dağıtım sistemlerinde kullanılan son teknoloji güç kalitesi cihazlarının birleştirilmesiyle oluşturulur. Bir endüstri/ticari iş parkıyla yüksek kalitede güç ve hassas yüklerin ihtiyaçlarını karşılamak için tüketicilere teklif edilen güç kalitesi iyileştirilmesi kavramı üzerine kurulan yeni bir tüketici gücünde PPP'ye dikkat edilmesi gerekir.

FRIENDS, ayarlı değişen bir güç kaynağı ve bir dağıtım sistemini kompleks tüketicilere esnek ve emniyetli olarak güç tedarik eden yeni nesil güç dağıtım sistemidir. FRIENDS ile bir hata meydana geldiğinde, dağıtım sistemi konfigürasyonunun esnek bir şekilde değiştirilmesiyle güç kaynağı kesintisi olmaksızın güç sistemleri çalışabilir. Güç sistemlerinin merkezden dağıtılmaya başlandığı zaman ve bir çok IPP (Bağımsız Güç Üreticileri)'ler

değişik güç elemanları sattığından dolayı güç sağlananın güvenilirliği gittikçe kötüleşecektir. Çünkü, kuruluşlar IPP'lerin çıkışı tamamiyle kontrol edememektedir. Ayrıca, şu anki güç sağlayan sistemlerin güvenilirliği, güç sistemlerinin hepsinin takviye edilmesiyle düzenli beslenmesi sağlanabilir. Bu nedenle, takviye için harcanacak miktarın ne kadar düzenli besleme istiyorsak o kadar artmasını bekleriz. Diğer taraftan FRIENDS konseptinde, iletim sistemlerinde belirli bir kötüleşmeye izin verilmektedir. Çünkü, QCC alıcıların isteğine göre geliştirilebilmekte ve değişik güvenilirlik seviyeleri sunabilmektedir. Tanım olarak merkezden dağıtılan güç dağıtım sistemlerini, iletim sistemlerinden oluşan üst akış yolu (upstream) şebekesini ve dağıtım sistemlerinden oluşan alt akış yolu (down-stream) şebekesini, güvenilirliği ve fiyatın birbirine göre değişimi olarak sayabiliriz. Merkezden dağıtılmış güç dağıtım sistemleri FRIENDS konseptinin bir uzantısıdır ve şu anki merkezleştirilmiş güç dağıtım sistemleriyle karşılaştırmak üzere şu avantajlara sahiptir;

- Temel yük kapasitesi için nükleer, termik santraller gibi büyük ölçekli jeneratörler ile tepe yük kapasitesi için dağıtıcı jeneratörler gibi küçük ölçekli jeneratörler karışık bir şekilde çalışmalıdır. Bu nedenle, toplam maliyetlerin düşmesi beklenir.
- Merkezleştirilmiş güç sisteminde tüm yatırımlar bir sistem üzerine kuruludur. Oysa ki, merkezden dağıtılmış güç sistemlerinde her QCC'nin sahibi kendi müşterisine göre yatırım yapar. Bu demektir ki, üst akış yolu şebekesi için yapılan fazla yatırım azaltılabilir.

Günümüzde SMES sistemleri hızlı cevap verme, yüksek güç, yüksek verimlilikten dolayı artan şekilde ilgi çekmektedir ve birçok yararlar sağlamaktadır. SMES sistemleri, gelişmiş sistemlerde güvenlik, dinamik denge, alan korumasını ve güç kalitesini sağlayan sistemlerdir. İletim hatlarının kullanılmasının verimliliğe katkıda bulunması ve kısa zamanda çok miktarda güç transferlerinin gerçekleşmesi sonucunda SMES uygulamaları ileride daha da popüler hale gelecektir. SMES cihazlarının maliyetinin olumlu olması, dinamik denge sağlama, güç kalitesini ve iletim kapasitesini yükseltmesi, alan koruması sağlama ve hat kayıplarını azaltarak yakıt tüketiminin ve artıkların azaltılması SMES'in en önemli avantajlarından.

Dünya çevresindeki güç kuruluşları, kendi dağıtım ve iletim sistemlerinin planlama ve çalışma stratejilerini yeniden tanımlamaktadırlar. Gerilim sapsmaları, geçici haller ve harmonikler, yük tiplerinin belli çalışmalarında bozulmalara sebep olmaktadır. Bu noktada elektronik sistemlerin ve hassas elektronik yüklerin birbirine uygun olması şarttır. Birkaç mili

saniyelik bir gerilim sapması, elektronik kontrol cihazı ve genel endüstriyel yükünün çalışmasını birkaç saat durdurabilir. Buda milyonlarca dolarlık zararlara yol açabilmektedir.

Endüstri kuruluşlarının regülasyonu ile daha ileri güç çözümlerine olan ilgi de artacaktır. Regülasyonun sonuçları, iletim ve dağıtım sistemlerindeki cihazlara bağlı olacaktır. Endüstride regülasyonun yeniden oluşmasıyla müşteriler, güç sağlayıcıları ve onların teklif edeceği güç kalitesini seçebileceklerdir. Günlük yaşantımızın bir parçası olan hassas elektronik cihazlar, daha temiz dalga şekilleri gerektirmektedirler. Dünyada şu anda kaliteyi garantileyecek teknoloji bulunmaktadır fakat dünyada düzenlenmiş olan yapı bu teknolojiyi teşvik etmemektedir. İletim ve dağıtım seviyelerindeki güvenliği sağlama kalitesi, iletim ve dağıtım dengelemesinde temel rol oynamalıdır.

Bugün dünya genelindeki güç durumu korku vericidir. Gücün elde edilebilirliğinde herhangi bir artış gözükmemektedir. Petrol ve kömür gibi fosil yataklarının tükenişi ile elektrik üretiminde bir yetersizlik söz konusu olacaktır. Talep ve arz arasındaki açıklık, üretimin artırılması ile güvenlik altına alınabilir. Diğer konvansiyonel ve konvansiyonel olmayan yöntemlerden ilave elektrik üretiminin yeni yöntemleri üzerinde kapsamlı araştırmalar yapılmaktadır. Bu tür araştırmalara karşılık, tüm dünya gelecekte büyük bir güç kriziyle karşılaşacaktır.

Günümüzde Türkiye’de de güç sistemi bütün olarak birbiriyle çatışan gereksinmelerle çok karmaşık bir hale gelmektedir. Hep artan bir çeşitlilikte, talep ve hızla azalan uyumsuz üretim ve zayıf bir bağla, sistem bütün olarak hasta ve sağlıksız bir haldedir. Güç mühendislerinin bakış açılarında bugünün güç kalitesi zayıf olarak görünüyor ve güç sistemini takip eden alanlarda güçlendirmek üzere uygun ölçümler alınmadıkça, gelecek zamanlarda kalitede kötüye gitme kaçınılmaz olacaktır. Elektrik gücünün düşük kalitesi, ulusların düşük seviyeli kalkınmaları ve tatminkar olmayan sanayi büyümelerine katkıda bulunan önemli bir faktördür. Bu güç, herhangi bir toplumun ilerlemesinde etkin kaynak olarak ve bu değerli ürünün kullanılması ile ölçülür. Zoraki güç kesintileri, hatlardaki ana güç arızaları, iletim hatları ve jeneratörlerdeki kesintiler, beklenmedik uzun süreli karartmalar, geçmişte görünmedik bir biçimde yük akışı ve sonucu olarak acınacak düzeydeki gerilim ve frekans düzenlemeleri düzenli olarak tecrübe edilmiş kusurlardır. Bu noktada önemli olan bu kusurları ortadan kaldırarak, güç kalitesini güç sisteminde ekonomik, istikrarlı, güvenilir ve emniyetli bir hale getirmektir.

Türkiye de, dünya çevresindeki güç kuruluşları gibi kendi dağıtım ve iletim sistemlerinin planlama ve çalışma stratejilerini yeniden gözden geçirmek zorundadır. Harmonikler, geçici haller, birkaç milisaniyelik gerilim sapsması, elektronik kontrol cihazlarını ve endüstriyel yükün çalışmasını birkaç saat durdurabilir. Buda çok büyük maddi, manevi zararlara yol açabilmektedir. Bu noktada projelendirme aşamasındaki endüstriyel ve ticari kuruluşlarda bulunan ve güç kalitesini olumsuz yönde etkileyebilecek yüklerin neden olabileceği güç kalitesi problemlerini minimum olması için gerekli tedbirler alınmalıdır. Bu tesisler işletmeye alındıktan sonra elektrik kurumu tarafından şebekeye bağlantı noktasındaki gerilim dalga şekillerinin tespit edilmesi gerekir. Eğer kaydedilen bozucu etkiler standart değerlerin üzerinde ise elektrik idaresi söz konusu kuruluşun bu olumsuz etkiyi gidermek için filtreleme gibi ilave tedbirleri alması da şart koşabilmelidir.

Güç kalitesi olayları oldukça pahalıdır. Ülkemizin şu anki ekonomik durumunu da göz önüne aldığımızda güç kalitesi için değer teklifinin en iyi şekilde yapılması gerekir. Öncelikle yeniden yapılandırılmış bir elektrik endüstrisinde güç kalitesi teknolojileri için müşterinin iyi tanımlanması gerekir. Artık günümüzde eskiye oranla kullanıcıların güç kalitesi hakkında bilgi düzeyleri artmıştır. Bu da üreticilerden daha kaliteli güç istemelerine neden olmaktadır. Şu da unutulmamalıdır ki müşteriye yararlı olmak, yeni bir ürünün, servisin veya teknolojinin adaptasyon maliyetinden daha önemlidir. Bugün dünya genelindeki yıllık kayıplar milyarlarca dolara ulaşmaktadır. Türkiye de bu durumdan gerekli payı almaktadır. Bu kayıpları minimuma indirmek için geleneksel güç kalitesi çözümlerinin yanı sıra yeni nesil güç kalitesi çözümlerinin de devreye sokulması gereklidir.

Büyük sistemlerin incelenmesinde güç kalitesi laboratuvarlarından ve bilgisayar simülasyonlarından yararlanılabilir. Böylece uzun süreli güç kalitesi çalışmalarının süresi kısaldığı gibi maliyetler de düşer. Fakat burada laboratuvarda kullanılacak verilerin gerçek değerlere uygun olması gerekir. Aksi halde, elde edilen sonuçlar yanlış olduğu gibi uygulamada daha yüksek masraflar da meydana gelebilir. Hassas elektronik cihaz üreticileri de dalga şekli distorsiyonlarının cihazların üzerindeki etkileri konusunda müşterilerini bilgilendirmelidir. Üretimi yapılan cihazların tolerans değerleri belirlenen standart değerlerin altında olmalıdır.

Tüketiciler elektrik kurumlarından kesintisiz ve sürekli bir elektrik enerjisi talep ederler. Bu amaçla elektrik kurumları da tüketiciye sürekli ve kesintisiz güç temin etmek üzere kendi

üzerine düşen görevleri yerine getirmelidir. Özellikle elektrik kurumlarının fırtına, yıldırım gibi atmosferik olaylar ve hatalı röle çalışması gibi nedenlerle meydana gelen gerilim çöküntüsü ve kesintilerin sayısını minimum yapması gereklidir. Tüketicilerin elektrik cihazlarını verimli ve ekonomik bir şekilde kullanması için seminerler düzenlenerek eğitilmesi sağlanmalıdır.

- Güç endüstrisinin yeniden düzenlenmesiyle, güç kalitesi sorunlarının çözümünde yeni gelişmeler olacaktır.
- Yeniden düzenleme ve güç kalitesi sorunları, izolasyon ile yapılamaz.
- Tüketici seçimi ve teçhiz edilen kurum servislerinin tipi, bir elektrik kuruluşunun belirlenmesinde anahtar unsur olacaktır.
- DVR, STATCOM veya SSTS gibi güç kalitesini düzelten cihazlar sadece bir kavram değildir, güç nominal değerlerinin kullanılabilen geniş bir değer aralığı vardır.
- Son teknoloji ticari kullanılabilir donanımlar, FRIENDS ve Premium Power fikrinin gelişmesine olanak sağlar.
- Yüksek güç yarı iletkenlerinin gelişmişliği ve ticari kullanılabilirliği, güç kalitesi kontrolü ve gelişim teknolojilerinin fırsat ve maliyet etkinliğini artırır.
- FRIENDS, Custom Power, Premium Power Park ve diğer ileri teknolojiler, elektrik kuruluşunun değerleri artımsal olarak ilave etmesiyle gerekli ortamı sağlarlar.
- FRIENDS, yararlı stratejik uygulama projeleri için servis kalitesi, koruma, güç kaynağı planlaması ve iletim ve dağıtım hattındaki gerekli ihtiyaçları tedarik eder.
- Kalite Kontrol Merkezi (QCC), sadece elektriksel dalga şekli kalitesini iyileştirmekle kalmaz, ayrıca tüketicilere uygun kalitede güç tedarik eder.

KAYNAKLAR

Arrilaga, J., Bradley D.A. ve Bodger P.S., (1985), Power System Harmonics, Wiley&Sons, New York.

Aspnes, J.D., Evans B.W. ve Merritt R.P., (1985), "Rural Alaska Electrical Power Quality", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol.Pas-104, 3: 70-89.

Bayram, M., (1984), Harmoniklerin Kompanzasyon Tesislerindeki Tesirleri, Elektroteknik Mecmuası, İstanbul.

Domijan, A., Heydt G.T., Meliopoulos A.P.S. ve Venkata S.S., (1993), "Directions of Research on Electric Power Quality", 429-435, IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 8, No.1.

Domijan, A. ve Santander E., (1992), "A Novel Electric Power Laboratory for Power Quality and Energy Studies", 342-355, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 7, No. 4.

Douglas, J., (1994), "Power Quality Solutions", IEEE Power Engineering Review.

Edwards, W. C., (2000), "Using a DSTATCOM for Flicker Compensation", Siemens FACTS and Power Quality Division, Orlando, Florida, USA.

Gyuk, I., (2001), "Energy Storage ", DER Review, New York.

Kennedy, W.B., (2000), Power Quality Primer , Mc. Graw-Hill, USA.

Kessinger, J. P., (2000), "THA Value Proposition for Power Quality", 511-526, Ninth International Conference on Harmonics and Quality of Power Proceedings, 1-4 October 2000, Orlando, Florida, USA.

Lakervi, E. ve Holmes E.J., (1989), Electricity Distribution Network Design , Peter Peregrinus Ltd., London, UK.

Liu, Y., Arsoy, A. ve Ribeiro, F. P., (2000), "Transmission Power Quality Benefits Realized by a FACTS Controller", 307-311, Ninth International Conference on Harmonics and Quality of Power Proceedings, 1-4 October 2000, Orlando, Florida, USA.

Martzloff, F. ve Thomas G., (1988), "Power Quality Site Surveys", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 24, 6: 53-61.

Miller, T.J., (1982), Reactive Power Control in Electric Systems, John Wiley&Sons, New York.

Song, Z., Domijan, A., Montenegro, A. ve Alvarez, C., (2000), "An Investigation Toward New Technologies and Issues in Power Quality", 444-449, Ninth International Conference on Harmonics and Quality of Power Proceedings, 1-4 October 2000, Orlando, Florida, USA.

Taylor, C.W., (1994), Power System Voltage Stability , Mc.Graw-Hill, USA.

Tennakoon, S.B., Morrison, R.E. ve Kuypers, K. H., (2000), "Power Quality Implications Associated with a Series FACTS Controller ", 176-181, Ninth International Conference on Harmonics and Quality of Power Proceedings, 1-4 October 2000, Orlando, Florida, USA.

Weindl, C. ve Herold, G., (2000), "Development of an Analytic State Space Description of Power Systems Including TCSC ", 961-966, Ninth International Conference on Harmonics and Quality of Power Proceedings, 1-4 October 2000, Orlando, Florida, USA.

Wildi, T., (2000), "Electrical Machines, Drivers and Power Systems", Fourth Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, Columbus, Ohio, 768-796.

Wong, X., Song, Z., Domijan, A., Montenegro, A., Mattern, K.E. ve Gurlaskie, G.T., (2000), "Power Quality Monitoring and Analysis in a Customized Power Industrial Area Using FRIENDS Concept", 379-384, Ninth International Conference on Harmonics and Quality of Power Proceedings, 1-4 October 2000, Orlando, Florida, USA.

WYK, J. VAN., (1993), "Power Quality, Power Electronics and Control", The European Power Electronics Association, Washington, 261-267.



ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 05. 06. 1977

Doğum yeri Trabzon

Lise 1988 – 1995 Trabzon Anadolu Lisesi

Lisans 1996 – 2000 Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fak.
Elektrik Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2000 – 2002 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik Mühendisliği Programı

Çalıştığı Kurumlar

09. 2000 – 02. 2001 Çolakoğlu İnşaat