

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KESİNTİSİZ GÜÇ KAYNAKLARININ
İNCELENMESİ**

Elektrik Mühendisi Serkan AKGÜN

**FBE Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı Elektrik Makineleri ve Güç Elektronik Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. M. Salih TACİ

İSTANBUL, 2007

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	v
KISALTIMA LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
ÖNSÖZ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ	1
2. KESİNTİSİZ GÜÇ KAYNAKLARI.....	4
2.1 Statik Kesintisiz Güç Kaynakları	4
2.1.1 On-Line Kesintisiz Güç Kaynakları	5
2.1.2 Off-Line Kesintisiz Güç Kaynakları.....	7
2.1.3 Line-İnteraktif Kesintisiz Güç Kaynakları.....	8
2.2 Dinamik Kesintisiz Güç Kaynakları.....	11
2.3 Hibrid (Statik-Dinamik) Kesintisiz Güç Kaynakları	12
2.4 Volan Uygulamalı Dinamik Kesintisiz Güç Kaynakları	14
3. STATİK KESİNTİSİZ GÜÇ KAYNAKLARININ YAPILARININ İNCELENMESİ	16
3.1 Doğrultucu Ünitesi.....	17
3.1.1 Köprü Doğrultucular.....	19
3.1.1.1 Kontrolsüz Köprü Doğrultucular.....	20
3.1.1.2 Kontrollü Köprü Doğrultucular.....	23
3.1.2 Kesintisiz Güç Kaynaklarında Kullanılan Doğrultucuların Karşılaştırması.....	26
3.1.2.1 Altı Darbeli Doğrultucular	26
3.1.2.2 Oniki Darbeli Doğrultucular	28
3.1.2.3 Onsekiz Darbeli Doğrultucular	31
3.1.2.4 IGBT Doğrultucular.....	32
3.2 Akümülatör Ünitesi	37
3.2.1 Kesintisiz Güç Kaynaklarında Kullanılan Akü Çeşitleri	39
3.2.1.1 Kurşun Asit Aküler (Valve Regulated Lead Acid – VRLA)	39
3.2.1.2 Nikel Kadmiyum Aküler.....	42
3.3 İnverter Ünitesi.....	43
3.3.1 Kesintisiz Güç Kaynaklarında Darbe Genişlik Modülasyonu	48
3.3.1.1 Genel Olarak Darbe Genişlik Modülasyonu (PWM)	48
3.3.1.2 Kesintisiz Güç Kaynaklarında Darbe Genişlik Modülasyonunun Kullanımı Ve Modülasyonu Elde Etme Yöntemleri	51
3.3.1.3 Üçgen Sinüs Karşılaştırma Yöntemi	52
3.3.1.4 Üç Fazlı Sistemlerde Sinüzoidal PWM Yöntemi	53

3.3.1.5	Tek Kutuplu Gerilim Anahtarlama PWM	55
3.3.1.6	Çıkış Gerilimindeki Seçilmiş Harmoniklerin Yok Edilmesi	56
3.3.2	İnverter Ünitesinden Beklenen Özellikler.....	61
3.4	Haberleşme Ünitesi.....	61
3.4.1	Değişik İletişim Araçları ile Haberleşme Seçenekleri.....	62
3.4.1.1	Lokal İzleme.....	63
3.4.1.2	Çevirmeli Bağlantı (Dial Up) ile Telefon Hattı Üzerinden İzleme	63
3.4.1.3	SNMP Modülü ile Ethernet Üzerinden İzleme	63
3.4.1.4	Modbus RS485-TCP Adaptörü ile Haberleşme	64
3.4.2	Bilgisayar Sistemleri İçin KGK Haberleşme Yazılımları.....	64
3.4.2.1	T-MON KGK Haberleşme Yazılımı	65
3.5	Statik ve Manuel By-Pass Üniteleri.....	66
3.6	Filtre Ünitesi.....	67
3.6.1	AC Şebeke Filtreleri	67
3.6.2	DC Şarj Filtreleri	67
3.6.3.	AC Çıkış Filtreleri	68
3.7	Trafo Ünitesi	68
3.7.1	Transformatör Tanımı	68
3.7.2	Transformatör Hesabı	70
3.7.3	Kesintisiz Güç Kaynaklarında Giriş Trafoları	71
3.7.4	Kesintisiz Güç Kaynaklarında Çıkış Trafoları	71
3.7.5	Besleme ve İşaret Trafoları	72
4.	KESİNTİSİZ GÜÇ KAYNAKLARININ JENERATÖR ile ORTAK ÇALIŞMASI	73
4.1	Adım Yüğü.....	74
4.2	Sinüs Dalga Şeklinde Bozulmalar ve Harmonik Akımlar	75
4.3	Gerilim Yükselmesi	75
4.4	Frekans Dalgalanmaları	76
4.5	By-Pass'a Senkron Olmak	76
4.6	Otomatik Transfer Panosu.....	77
5.	KESİNTİSİZ GÜÇ KAYNAKLARINDA PARALEL ÇALIŞMA	78
5.1	Paralel Operasyonun Temel Prensipleri.....	79
5.2	Kesintisiz Güç Kaynaklarında Paralel Çalışma Şekilleri.....	80
5.2.1	Redundant Paralel Çalışma Modu	80
5.2.2	N+1 Redundant Paralel Çalışma Modu	83
5.2.3	Simetrik Paralel (Güç arttırımı) Çalışma Modu	84
5.3	Master-Slave Kontrol.....	85
6.	200kVA 12 DARBE DOĞRULTUCULU KESİNTİSİZ GÜÇ KAYNAĞI ÜZERİNDE İNCELEME ÖLÇÜM ve ANALİZLER	87
6.1	200kVA-12 Darbe Doğrultuculu KGK Sisteminin Kart Bilgileri.....	87
6.1.1	Doğrultucu Kontrol Kartı (REC3P).....	87
6.1.2	Ana Kontrol Kartı (P3MC)	89
6.1.3	İnterface Kartı (ITF3)	89
6.1.4	Voltaj Örnek Kartı (3PVS2).....	89
6.1.5	IGBT Sürücü Kartı (IGD3P).....	89

6.1.6	By-Pass Tristör Sürücü Kartı Hakkında Bilgiler (SDR03).....	90
6.1.7	3 Faz Transformatör Kartı.....	90
6.1.8	Haberleşme Kartı (RS330).....	90
6.1.9	LCD Panel Kartı (P3 Panel).....	90
6.2	KGK Giriş Çıkış Güç Ölçüm ve Analizleri	90
7.	SONUÇLAR	126
	KAYNAKLAR.....	128
	EKLER	129
	ÖZGEÇMİŞ.....	136

SİMGE LİSTESİ

B	Magnetik akı yoğunluğu
CF	Crest faktör
d	Harmonik distorsiyon
FF	Form faktörü
f_c	Taşıyıcı dalga frekansı
f_R	Referans dalga frekansı
HF	Harmonik faktör
h	Harmonik numarası
k	Eylemsizlik sabiti
I	Atalet momenti
L	Endüktans
M	Kütle
M	Modülasyon indeksi
p	Doğrultucu darbe sayısı
P	Frekans modülasyonu indeksi
r	Yarıçap
R	Omik direnç
RF	Ripple faktör
S	Magnetik gövde kesiti
U_{ef}	Çıkış dalgasının efektif değeri
U_{nef}	Temel bileşen dışındaki harmoniklerin toplam efektif değeri
V_{cont}	Referans dalga genliği
V_{dc}	Doğrultucu DC çıkış gerilimi
$V_{do\alpha}$	Tetikleme açısıyla değiştirilen doğrultucu DC çıkış gerilimi
V_{F-F}	Fazlar arası gerilim
V_m	Gerilimin Maksimum Değeri
V_{rms}	Gerilimin RMS değeri
V_{tri}	Taşıyıcı sinyalin genliği
ω	Açısal hız
ϕ	Magnetik akı
η	Verim
α	Tetikleme açısı

KISALTIMA LİSTESİ

AC	Alternatif Akım
DC	Doğru Akım
EMI	Elektromanyetik Girişim
EUROBAT	Avrupa Akü Normları
IGBT	İzole Kapılı Bipolar Transistör (Isolated Gate Bipolar Transistor)
KGK	Kesintisiz Güç Kaynağı
LAN	Local Area Network
NiCd	Nikel Kadmiyum
NMS	Network Management Software
PF	Güç Faktörü
PFC	Güç Faktörü Düzeltici
PLC	Programlanabilir Lojik Kontrolcü
PWM	Darbe Genişlik Modülasyonu
RFI	Radyo Frekans Girişimi
SCADA	Supervisory Control and Acquisition
SCR	Silicon Controlled Rectifier
SNMP	Simple Network Management Protocol
SMPS	Anahtarlama Mod Güç Kaynağı
SS	Yumuşak Anahtarlama (Soft Switching)
THD	Toplam Harmonik Distorsiyonu (Total Harmonic Distortion)
UPS	Kesintisiz Güç Kaynağı (Uninterruptible Power Supply)
VRLA	Valve Regulated Lead Asid
WAN	Wide Area Network

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 On-line kesintisiz güç kaynağı blok diyagramı.....	6
Şekil 2.2 Off-line kesintisiz güç kaynağı blok diyagramı	7
Şekil 2.3 Line-interaktif kesintisiz güç kaynağı blok diyagramı	9
Şekil 2.4 Line-interaktif KGK için temel frekans eşdeğer devresi	9
Şekil 2.5 Şekil 2.4'deki eşdeğer devrenin fazör diyagramı	10
Şekil 2.6 (a) Düşük gerilim (b) Yüksek gerilim durumlarının fazör diyagramı	10
Şekil 2.7 Seri paralel line-interaktif KGK (delta conversion) blok diyagramı	11
Şekil 2.8 Dinamik kesintisiz güç kaynakları blok diyagramı	12
Şekil 2.9 Hibrid statik-dinamik KGK blok diyagramı	13
Şekil 2.10 Dizel motor ile desteklenmiş volan uygulamalı dinamik KGK blok diyagramı	15
Şekil 3.1 Statik kesintisiz güç kaynağı blok diyagramı.....	16
Şekil 3.2 Doğrultucu çalışma bölgeleri	19
Şekil 3.3 Bir fazlı kontrolsüz köprü doğrultucu devresi ve çıkış dalga şekilleri	20
Şekil 3.4 Üç fazlı kontrolsüz köprü doğrultucu devre şeması ve çıkış gerilim-akım dalga şekilleri	22
Şekil 3.5 İki darbeli kontrollü köprü doğrultucu devresi ve çıkış dalga şekli	24
Şekil 3.6 Altı darbeli kontrollü köprü doğrultucu devresi ve çıkış dalga şekli	25
Şekil 3.7 6 Darbeli doğrultucunun şebekeden çektiği akım dalga şekli.....	27
Şekil 3.8 6 Darbe doğrultucunun şebeke akım harmoniği.....	28
Şekil 3.9 12 Darbe doğrultucu devre şeması	29
Şekil 3.10 12 Darbe doğrultucu şebeke akım harmoniği	29
Şekil 3.11 12 Darbeli doğrultucunun seri bağlantı devresi	30
Şekil 3.12 12 Darbeli doğrultucunun şebekeden çektiği akım dalga şekli.....	30
Şekil 3.13 18 Darbe doğrultucu devre şeması	31
Şekil 3.14 IGBT doğrultucu devre şeması.....	32
Şekil 3.15 IGBT doğrultucunun şebekeden çektiği akım ve gerilim dalga şekli	33
Şekil 3.16 IGBT doğrultucu giriş güç faktörü değişim grafiği.....	34
Şekil 3.17 IGBT doğrultuculu 3F/3F kesintisiz güç kaynağı blok diyagramı.....	35
Şekil 3.18 IGBT doğrultuculu kesintisiz güç kaynaklarının verim grafiği	36
Şekil 3.19 Sabit güç ile akü deşarjı	37
Şekil 3.20 Yarı denetimli örnek akü şarj düzeneği	38
Şekil 3.21 VRLA tip akülerin şarj grafiği	39
Şekil 3.22 100Ah VRLA akünün deşarj akım ve deşarj eğrileri	40
Şekil 3.23 VRLA akü kapasitesi-ömür eğrisi	42
Şekil 3.24 Bir fazlı tam köprü inverter	43
Şekil 3.25 (a) Üç fazlı dalga transistörli inverter (b) 180° için kapı sinyali (c) 120° için kapı sinyali	46
Şekil 3.26 Üç fazlı transistörli inverterde çıkış gerilimi dalga şekilleri	46
Şekil 3.27 PWM ile elde edilen çıkış dalga şekli.....	49
Şekil 3.28 Tekrarlı darbe genişliklerinin kontrolü ile elde edilen çıkış dalga şekli (darbe genişlik modülasyonu)	51
Şekil 3.29 Bipolar PWM anahtarlama tekniğinin şematik gösterimi.....	53
Şekil 3.30 Üç fazlı sinüzoidal PWM'de gerilim dalga şekilleri	54
Şekil 3.31 Unipolar PWM anahtarlama tekniği.....	55
Şekil 3.32 PWM yönteminde çıkış gerilimi	56

Şekil 3.33	Darbe genişlik modülasyonlu inverter çıkışında istenilen harmoniklerin yok edilmesi	57
Şekil 3.34	Yarı periyotta M darbe bulunan iki seviyeli PWM işareti	58
Şekil 3.35	KGK-SNMP haberleşme bağlantı şekli	63
Şekil 3.36	KGK-Modbus haberleşme bağlantı şekli	64
Şekil 3.37	Kesintisiz güç kaynağı izleme yazılımı	65
Şekil 3.38	LAN-WAN üzerinden KGK haberleşmesi	66
Şekil 3.39	Tek fazlı transformatörün prensip şeması.....	69
Şekil 4.1	Dizel jeneratör ile KGK ortak besleme şeması	73
Şekil 5.1	Çift beslemeli paralel doğrultuculu KGK blok diyagramı.....	78
Şekil 5.2	Şekil5.1'deki sistemin gerilim düşümü karakteristikleri	79
Şekil 5.3	Paralel bağlı iki KGK'nın oluşturduğu grubun prensip şeması	80
Şekil 5.4	Paralel KGK sistem bağlantı şeması	81
Şekil 5.5	Redundant paralel KGK sisteminin prensip şeması	82
Şekil 5.6	N+1 Redundant paralel KGK sistemini prensip şeması	83
Şekil 5.7	Simetrik paralel (güç arttırımı) KGK sisteminin prensip şeması	84
Şekil 5.8	Konsantre kontrol stratejisi blok diyagramı	85
Şekil 6.1	200kVA–12 Pulse doğrultuculu KGK'nın elektriksel bağlantı şeması	88
Şekil 6.2	KGK giriş gerilimleri.....	92
Şekil 6.3	KGK giriş akımları	93
Şekil 6.4	KGK giriş nötr akımı ve gerilimleri	94
Şekil6.5	KGK giriş toplam harmonik akım ve gerilim bozulma seviyeleri	95
Şekil 6.6	KGK girişindeki 3. akım ve gerilim harmonikleri	96
Şekil 6.7	KGK girişindeki 5. akım ve gerilim harmonikleri	97
Şekil 6.8	KGK girişindeki 7. akım ve gerilim harmonikleri	98
Şekil 6.9	KGK girişindeki 9. akım ve gerilim harmonikleri	99
Şekil 6.10	KGK girişindeki 11. akım ve gerilim harmonikleri	100
Şekil 6.11	KGK girişinde difizyon anındaki akım ve gerilim değişimleri.....	101
Şekil 6.12	KGK girişinde difizyon anındaki harmonikler.....	102
Şekil 6.13	KGK girişinde genel harmonik analizi	103
Şekil 6.14	KGK R fazı giriş akım ve gerilim değişimleri – 2	105
Şekil 6.15	KGK girişindeki görünür, aktif ve reaktif güç tüketimi – 2.....	106
Şekil 6.16	KGK giriş R fazı akım ve gerilim toplam harmonik bozulmaları.....	107
Şekil 6.17	KGK girişi genel harmonik analizi -2	108
Şekil 6.18	Difizyon anındaki akım dalga formu.....	109
Şekil 6.19	KGK girişi genel güç ve harmonik analizi.....	110
Şekil 6.20	KGK çıkış gerilim ve akımları	111
Şekil 6.21	KGK çıkış nötr gerilim ve akımı	112
Şekil 6.22	KGK çıkışındaki aktif reaktif güç tüketimi	113
Şekil 6.23	KGK çıkış frekansı	114
Şekil 6.24	KGK çıkışındaki toplam akım ve gerilim bozulmaları.....	115
Şekil 6.25	KGK çıkışındaki 3. harmonik akım ve gerilim bozulmaları.....	116
Şekil 6.26	KGK çıkışındaki 5. harmonik akım ve gerilim bozulmaları.....	117
Şekil 6.27	KGK çıkışındaki 7. harmonik akım ve gerilim bozulmaları.....	118
Şekil 6.28	KGK çıkışındaki 9. harmonik akım ve gerilim bozulmaları.....	119
Şekil 6.29	KGK çıkışındaki 11. harmonik akım ve gerilim bozulmaları.....	120
Şekil 6.30	KGK çıkışı genel harmonik analizi	121
Şekil 6.31	KGK giriş akım ve gerilimleri.....	123
Şekil 6.32	KGK giriş akım THD	123
Şekil 6.33	KGK giriş güçleri	124
Şekil 6.34	KGK çıkış akım ve gerilim dalga şekilleri.....	124

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 1.1	Şebeke problemleri, sebepler ve etkileri 2
Çizelge 3.1	18 Darbe doğrultuculu KGK'nın giriş güç faktörü ve akım harmoniği değerleri 32
Çizelge 3.2	Kesintisiz güç kaynaklarında doğrultucu tiplerine göre şebekeye yayılan akım harmonik değerleri 34
Çizelge 3.3	Değişik Ah değerlerindeki akülerin sabit güç altında akü başına düşen güce göre deşarj çizelgesi 41
Çizelge 3.4	Seçilmiş harmoniklerin eliminasyon tablosu..... 60
Çizelge 4.1	Çeşitli KGK güçlerine ve giriş akım bozulmalarına göre jeneratör gücü 74

ÖNSÖZ

Sanayinin en temel girdisi olan elektrik enerjisinin güvenilir, temiz ve kesintisiz bir şekilde kullanımı günümüz teknolojik cihazlarının en temel ihtiyacıdır. Bu ihtiyaca en iyi şekilde cevap veren en temel güç elektroniği dizaynlarından olan Kesintisiz Güç Kaynakları günümüzde çok yaygın bir şekilde kullanım alanı bulmaktadır.

Bu çalışma ile KGK'ların çeşitli tasarımları ve bu tasarımların çalışma şekilleri ele alınıp yapıları ayrıntılı bir şekilde araştırılmıştır.

Tez çalışmalarım esnasında ve yüksek lisans öğrenimim süresince benden bilgi ve desteklerini esirgemeyen danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. M. Salih TACİ 'ye, çalışmalarımda bana her türlü desteği veren Test Tüm Elektronik San. Tic. A.Ş.'ye ve her zaman çalışmalarımına hoşgörü ve sabır içerisinde maddi manevi destek olan sevgili aileme teşekkürü bir borç bilirim.

ÖZET

Yürütülen bu çalışmada son yıllarda güç elektroniği alanında yapılan AR-GE çalışmaları neticesinde Kesintisiz Güç Kaynaklarına yansıyan gelişmeler ele alınarak, çeşitli KGK modelleri, yapıları ve çalışma esasları incelenmiştir.

İlk olarak giriş bölümünde şebeke problemleri, sebepleri ve etkileri üzerinde durularak bunların önüne geçebilmek adına kullanılması gereken günümüz KGK'larından beklenen özellikler anlatılmıştır. İkinci bölümde KGK'ların çeşitleri üzerinde durularak farklı dizaynlardaki KGK'ların yapıları ve çalışmaları incelenmiştir.

Üçüncü bölümde ise tezin ana temelini oluşturan statik KGK'ların doğrultucu, şarj, akümülatör, inverter, filtre, statik ve manuel by-pass şalterleri, haberleşme ve trafo üniteleri üzerinde bir inceleme yapılarak bu üniteler hakkında detaylı bilgilere ve elektriksel parametrelere yer verilmiştir.

Dördüncü bölümde KGK'ların jeneratör ile sorunsuz bir şekilde ortak çalışması için işletmelerdeki dikkat edilmesi gereken hususlar ele alınarak KGK yapılarından dolayı değişken giriş güç faktörleri ve giriş akım harmonikleri için projelendirme sırasında seçilmesi gereken jeneratör güçleri üzerinde durulmuştur.

Beşinci bölümde KGK'ların gerek güvenilirliğini arttırmak gerekse güç artırımını sağlamak adına paralel çalıştırma esasları üzerinde durularak, çeşitli paralel çalışma mantıkları anlatılmıştır.

Yedinci bölümde ise 200kVA 12 darbe doğrultuculu statik kesintisiz güç kaynağı yapısı incelenerek sistemi oluşturan kartlar ve görevleri hakkında bilgi verilmiştir. Bir görüntüleme merkezinde MR cihazını destekleyen KGK'nın giriş çıkış elektriksel karakteristikleri detaylı güç analizi ve ölçümleri ile incelenmiştir. Yapılan ölçümler neticesinde uluslar arası standartlardan fazla ölçülen giriş akım harmoniklerini azaltmaya yönelik KGK üzerinde yapılan revizyonlar ele alınarak, standartlara uygun değerler elde etmeye yönelik yürütülen çalışmalar sırasındaki detaylı güç analizleri bu bölümde geniş bir şekilde anlatılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kesintisiz Güç Kaynakları, Doğrultucu, İnverter, Akümülatör, Akım Harmonik Distorsiyonu, PWM (Darbe Genişlik Modülasyonu)

ABSTRACT

In this study, the developments in Uninterruptible Power Systems by the help of R&D studies in power electronics during last few years, various UPS types and working principles are investigated.

At the first part, network problems; causes and effects of these problems are stated. The expectations from today's UPS in order to eliminate these problems are discussed. At the second part UPS types are studied and working principles of different design UPS are examined.

At the third part, the basic concept of the thesis, static UPS rectifier, charge, battery, inverter, filter, static manual bypass switch, communication, transformer units are examined and detailed information about these units and electrical parameters are submitted.

At the fourth part, the necessary points that should be taken into consideration to provide problem free working conditions between UPS and the generator are studied. Generator power selection during the project for input power factor and input harmonic distortion according to the structure of UPS is discussed.

At the fifth part, parallel working principle of UPS aiming to increase reliability as well as increasing the power is studied. Various parallel working principles are explained.

At the seventh part, 200kVA 12 pulse rectifier static UPS structure is investigated and card components and their roles are explained. With detailed power analysis and measurements, input output electrical characteristics of an UPS that is used on an imaging center to support an MR equipment is studied. According to measurement results, in order to eliminate input harmonic distortion values that are higher than the international standards, revisions made on UPS and detailed power analysis are discussed.

Keywords : Uninterruptible Power Supply, Rectifier, Inverter, Battery, Total Current Harmonic Distortion, PWM (Pulse Width Modulation)

1. GİRİŞ

Elektronik sanayinin göstermiş olduğu büyük ve hızlı gelişme neticesinde elektronik cihazlar önemli ölçüde yaygınlaşmış ve endüstrinin hemen her dalında kullanılmaya başlanmıştır. Bunun sonucunda daha verimli, daha güvenilir ve daha hızlı çalışan sistemler ortaya çıkmıştır. Bu sistemler sağladıkları büyük hız ve kolaylıklara karşılık, kaliteli ve kesintisiz bir elektrik enerjisine ihtiyaç göstermektedirler.

Elektrik kesintisi ve elektrik şebekesindeki dalgalanmalar her zaman sistemlerimizi olumsuz yönde etkilemektedir. Kesintisiz güç kaynağı (KGK), kesintisiz bir çalışma ortamı yaratarak sistemlerimizi şehir şebekesindeki ani değişimlere karşı korumakta; elektrik kesintisi sırasında devreye girerek sistemlerimizi güvenli bir şekilde kapatmamıza yardım etmektedir. Başta enerji üretim ve dağıtım şebekelerinin yetersizliği olmak üzere, birçok farklı nedenlere dayanan olumsuzluklar, doğrudan bu şebekelere bağlı olarak çalışan elektronik cihazlar için açık birer risk unsuru oluşturmaktadır. Bu tür risklerin, kullanıcı tarafından fark edilebilen en önemli kısmı ise enerji kesintileridir. Ancak çok hassas cihazlar olan bilgisayarlar, programlanabilen endüstri kontrol sistemleri gibi çok önemli tesislerin beslenmesi için, elektrik şebekesinin güvenilirliğinden beklenen özellikler de artmaktadır. 0.5 saniyeden daha az süren bir elektrik kesintisi bile, hiçbir hassas cihaz ve bilgisayar tarafından tolare edilemez. Bu nedenle, bilgisayar tesislerini, kumanda ve kontrol cihazlarını, emniyet sistemlerini ve önemli medikal cihazları kritik yük olarak ele alıp kesintisiz güç kaynağı üzerinden beslemek kaçınılmazdır.

Buna bağlı olarak da, kullanıcı için KGK ihtiyacı çoğu kez enerji kesintileriyle ön plana çıkmaktadır. Öte yandan, kullanıcının doğrudan hissetmesinin mümkün olmadığı diğer olumsuzluklar ise genellikle göz ardı edilmekte, fakat hiç olmadık bir zamanda, ciddi bir donanım arızası ile de ortaya çıkabilmektedir. KGK sistemlerinin en yaygın varlık nedeni olan habersiz enerji kesintileri, kullanıcılar açısından her yıl dünya genelinde büyük ölçüde maddi zarar ve işgücü kayıplarına neden olmaktadır.

Anlık enerji kesintileri (göz kırpmalar), kesintiler, dinamik aşırı gerilim darbeleri, düşük gerilimler, yüksek gerilimler, geçici enerji gerilimleri, gerilim zıplamaları, frekans değişimleri, gerilim bozulmaları, yüksek frekanslı gerilim zıplamaları ve gerilim harmoniklerinden kaynaklanan bilgi kayıplarını ve sistem donanım arızalarını ortadan kaldırmak ve bunlara karşı koruma sağlamak için kesintisiz güç kaynakları kullanılır. Yapılan araştırmalar elektrik şebekesi üzerindeki problemleri 6 kategoriye ayırmaktadır.(Çizelge 1.1)

Çizelge 1.1 Şebeke problemleri, sebepler ve etkileri

Problemler	Sebepler	Etkileri
İnterferans (Girişim)	Şebeke üzerindeki anahtarlama, aydınlatma sistemleri, Lazer yazıcılar, fotokopi makineleri	Veri iletim hatlarında hatalara ve elektronik cihazların erken yaşlanmasına sebep olur
Sinüs üzerindeki yüksek frekanslı girişimler	Floresan lambalar, kaynak makineleri, redresörler, SMPS	Ölçüm ve kontrol sistemlerinde veri hataları ve donanım arızalarına sebep olur
Yüksek ve düşük gerilim	Büyük sistemlerin çalışması, motor gibi demerajlı yüklerin devreye girmesi ve yanlış kablo kesiti seçimi	Bilgisayar ve PLC arızaları ve elektronik cihazların erken yaşlanmasına sebep olur
Çok kısa süreli elektrik kesintileri	Endüktif ve kapasitif yüklerin devreye girmesi, yüksek akımlı sistemlerin çalışmaya başlaması, anlık kısa devreler.	Veri hataları, bilgisayar, PLC ve donanım arızaları
Frekansın düzensiz olarak değişmesi	Yüksek akımlı yüklerin çalışması	Ölçüm sistemlerinde hatalar
Elektrik kesintileri	Kısa devre, kopmuş kablo, elektrik şebekesindeki tamir çalışmaları, sigorta ve kesicilerin atması, inşaat çalışmaları sırasında kablo kopması	Veri sistemleri çöker, bilgiler kaybolur, bilgisayarlar bozulur, üretim kayıpları ve ikinci üçüncü kalite ürünler doğar kısaca zaman ve para kaybedilir

Yukarıda ele alınan şebeke problemlerine karşılık gelişen yarı iletken teknolojileri sayesinde, özellikle online KGK'lar, kullanıcılarına tüm bu riskleri ortadan kaldırabilme imkanı sunmakta ve besledikleri sistemlere en önemli teknik güvenceyi sağlamaktadırlar.

Kesintisiz güç kaynaklarından beklenen özellikler kısaca şu şekilde sıralanabilir;

- KGK çıkış geriliminin uygulanan yükten bağımsız sabit kalması istenmektedir. Çıkış yükü dengeli bir yük ise bu değer $\pm\%1$, dengesiz bir yük ise $\pm\%2$ ve ani yüklenmelerde ise $\pm\%5$ limitlerinin dışına çıkmamalıdır. Çıkış gerilim THD' sinin lineer yüklerde $<\%3$, lineer olmayan yüklerde ise $< \%5$ değerlerinde olması gerekmektedir. Yine ani yüklenmelerde gerilimi dengeleme zamanının kısa olması önemli bir unsurdur.
- PWM ve IGBT teknolojisi ile çıkış gerilimi dalga şeklinin gerçek sinüs olması
- Giriş akım THD' sinin düşük olması şebekeyi bozucu yönde etki etmemesi
- Giriş güç faktörünün yüksek olması reaktif enerji tüketimini azaltarak kompanzasyon

panosuna ekstra bir maliyet getirmemesi

- Çıkış frekansının istenen değerde sabit kalması ve şebekeye senkron çalışma esnasında $50\text{Hz} \pm \%2$, serbest çalışmada $50\text{ Hz} \pm \%0,2$ değerlerini sağlaması
- Kısa süre için anma gücünün üstünde yüklenebilmesi
- KGK veriminin olabildiğince yüksek olması ve bunun neticesinde elektrik tüketiminin minimuma indirgenmesi
- Yükün güç katsayısı $\pm 0,8$ değerleri arasında iken, çıkış gerilimi THD' sinin $\%5$ ' den küçük olması;
- Şebekeden gelen gürültülerin yüke iletilmemesi
- Statik by-pass anahtarına sahip olması ve aşırı yüklenmelerde ve arızalarda anahtar vasıtasıyla yüklerin kesintisiz olarak diğer bir güç kaynağı (şebeke) ile bağlantısını sağlaması
- KGK çıkışında oluşabilecek aşırı yüklenme ve kısa devrelere karşı KGK'nın kendini koruması
- Paralel çalışabilme özelliğine sahip olması (Hot standby, redundant, güç arttırımı)
- Yüksek tepe etkisine dayanabilmesi
- Dial-up modem bağlantısı
- Gelişmiş haberleşme seçenekleri (RS232, RS485 haberleşme portu üzerinden)ile uzaktan izlenebilmesi, herhangi bir arıza esnasında üretici firmaya e-mail veya SMS yoluyla bilgi göndermesi ve işletim sistemlerini otomatik olarak güvenli bir şekilde kapatabilmesi
- SNMP (Simple Network Management Protocol) uyumlu haberleşmesi
- Bakım ihtiyacının olabildiğince az olması
- Düşük maliyet, ağırlık ve boyutlarda olmasıdır.

2. KESİNTİSİZ GÜÇ KAYNAKLARI

Kesintisiz Güç Kaynakları yapıları itibariyle statik, dinamik ve hibrit (statik/dinamik) olmak üzere üç grupta sınıflandırılır. Bu bölümde bu üç kategori incelenmekle birlikte tezin genelinde statik kesintisiz güç kaynakları üzerinde incelemelerde bulunulmuştur.

2.1 Statik Kesintisiz Güç Kaynakları

Statik Kesintisiz Güç Kaynakları en yaygın olarak kullanılan Kesintisiz Güç Kaynağı sistemleridir. Geniş bir kullanım alanına sahip olan bu sistemler küçük güçlü bilgisayar sistemleri ve telekomünikasyon sistemlerinden orta güçlü medikal sistemlere ve yüksek güçlerdeki sanayi tesislerini de içine alacak şekilde sıkça kullanılır. Bu tip KGK'ların en büyük avantajları yüksek verim, yüksek güvenilirlik ve düşük THD olarak sayılabilir. Dezavantajları ise nonlineer ve dengesiz yüklerde zayıf bir performans sergilemeleridir.

Statik Kesintisiz Güç Kaynağı tanımı içine giren farklı çalışma prensiplerinin tamamında, genel olarak üç ortak temel unsurdan söz etmek mümkündür. Bunlar; şebekeden sağlanan AC enerjii doğrultarak akü grubuna ve eviricilere aktaran doğrultucu, akü grubundan ve doğrultucudan alınan DC enerjii tekrar AC enerjiiye evirerek yüklerle aktaran evirici ve bu işlemler için gerekli DC enerjiiyi depolamak için kullanılan akü grubudur.

Statik Kesintisiz Güç Kaynakları üç ayrı tipte üretilirler.

- On-Line Kesintisiz Güç Kaynakları
- Line-İnteraktif Kesintisiz Güç Kaynakları
- Off-Line Kesintisiz Güç Kaynakları

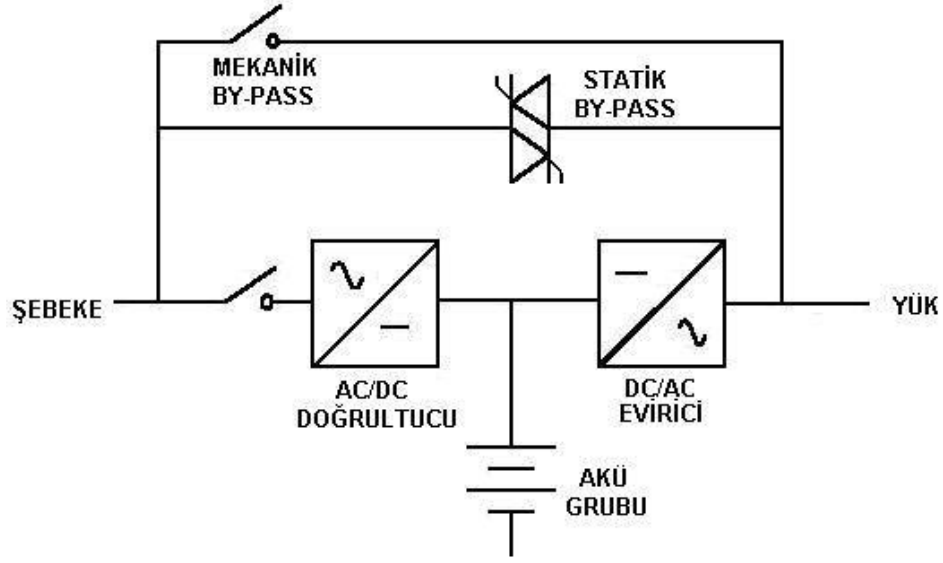
Off-Line tip Kesintisiz Güç Kaynakları genellikle küçük güçlerde üretilirler. Çünkü şebeke kesintilerinde yükü akü grubu üzerine alması sırasında yüksek güçlerde sorunlar yaşanabilir. On-Line sistemler için böyle bir durum söz konusu değildir. Çünkü yük sürekli olarak AC-DC-AC dönüşümü yapılarak beslenmektedir. Şebeke kesintilerinde herhangi bir kesinti yoktur. Bu yüzden On-Line sistemler yüksek güçlerde sorunsuzca kullanılabilir.

Statik KGK'larda yapısal nedenlerle ortaya çıkan, şebekeye yönelik harmonik salanımlar ve giriş güç faktörüne yönelik olumsuz etkiler, yeni nesil KGK'larda azaltılmıştır. Bu amaçla, özellikle büyük güçlerdeki yeni nesil KGK'larda 12 darbeli doğrultucular ve giriş harmonik filtreleri ön plana çıkmış, ayrıca PFC (Power Factor Correction) devrelerinin kullanımı yaygınlaşmıştır. Günümüzde de son olarak geliştirilen IGBT doğrultuculu sistemler ile giriş akım harmonik bozulumu $\leq \%5$ ve giriş güç faktörü ≥ 0.99 değerlerine ulaşılmıştır.

Akü grubunun şarj yönetiminde ise akülere zarar vermemek için akım sınırlama, yüksek gerilim koruması, ortam sıcaklığı ve akülerin özel çalışma karakteristiklerinden faydalanılarak akülerin kullanım ömürleri arttırılabilir. Statik KGK 'larda, yükleri aküler üzerinden beslemek ve bu amaçla AC çıkış gerilimi üretmek için kullanılan evirici kısmı, dinamik KGK'lardan farklı olarak, her zaman statik teknolojiye dayalıdır. Özellikle On-Line sistemlerde güncelliğini; koruyan PWM (Pulse Width Modulation), AC sinüs çıkış elde etmek için en yaygın yöntem olarak kullanılır. IGBT kontrol tekniklerindeki son gelişmeler sayesinde, günümüzde %100 dengesiz yükler için çıkış faz kaymaları, gerilim değişim oranları asgariye indirgenmiş olan statik eviriciler kullanılmaya başlanmış ve bu tür ayrıntılarda avantajlı konumda olan dinamik eviricilerle rekabet edebilecek düzeyde yüksek güçlü statik KGK'lar ortaya çıkmıştır.

2.1.1 On-Line Kesintisiz Güç Kaynakları

On-Line KGK sistemleri ilk olarak 1970'li yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. On-Line KGK'lar temel olarak doğrultucu/şarjör, akü grubu, inverter ve statik by-pass anahtarından meydana gelmektedir. Bu modeller çıkış gerilimini sürekli olarak AC-DC-AC çift çevrimi yaparak kararlı bir şekilde sağlarlar. AC-DC doğrultma işlemi yapılarak DC bara üzerinden hem akü grubu şarj edilir hemde ikinci bir çevirim uygulayan eviriciye güç sağlanır. Eviricide IGBT'lerin darbe genişlik modülasyonu (PWM) ile sürülmesiyle kararlı bir çıkış gerilimi üretilir. Çıkış gerilimi sürekli inverter ünitesinden sağlandığı için inverterin güç kaybı süreklidir ve bundan dolayı verim düşüktür. Şarj ünitesi inverterin harcadığı bütün gücü karşıladığı gibi aküler boş olduğu zaman akü kapasitesinin 1/10'u kadar güçle aküleri doldurmak zorundadır ve akü kapasitesi büyüdükçe şarj ünitesinin gücüde büyür. Doğrultucu çıkışı gerek aküyü şarj etmek gerekse düzgün bir DC gerilim elde etmek gerekse de ana beslemeden gelebilecek arızaları elemine etmek için bir kapasitif ya da endüktif-kapasitif filtreden geçirilir. Bu arada aküler uygun devrelerle sürekli tam şarjda tutulur. İnverter tek fazlı ya da uygulamaya göre üç fazlı olarak sabit voltaj ve sabit frekansta sinüzoidal bir gerilim üretecek şekilde tasarlanır. İnverterin çıkışı yüke bağlanmadan önce filtre edilir. Pek çok uygulamada düşük gerilimli inverter çıkışı bir yükseltici trafo ile uygun gerilim seviyesine getirilir.



Şekil 2.1 On-line kesintisiz güç kaynağı blok diyagramı

On-Line KGK'larda çıkış frekansı şebeke varsa şebekeye senkron olur. Şebekedeki gerilim değişimleri çıkış gerilimlerini hiçbir zaman etkilemez. Şebeke izolasyonu vardır. On-Line KGK'ların, çıkış geriliminin uygun limitler dışına çıkması, cihaz üzerinde herhangi bir arıza oluşması veya cihaz üzerine aşırı yük binmesi esnasında kendini koruyabilmesi için statik by-pass üniteleri vardır. Bunun yanı sıra bakım amacıyla genelde mekanik bir geçiş şalteri kullanılmaktadır.

Çıkış dalga şekilleri tam sinüs veya sinüzoidal olarak adlandırılan iki basamaklı filtrelenmiş kare dalgalarlardır. Çıkış gerilim regülasyonları diğer modellere göre çok iyidir. Yüksek güçlerde imal edilebilirler ve üç fazlı uygulamalarının kullanım alanı oldukça yaygındır. Şebeke gerilimi kesildiğinde, doğrultucu devre dışı kalacak ve evirici sadece aküden gelen gerilim ile beslenecektir. Kritik yük kesintiye uğramadan, akü yedekleme süresi boyunca KGK tarafından beslenecektir.

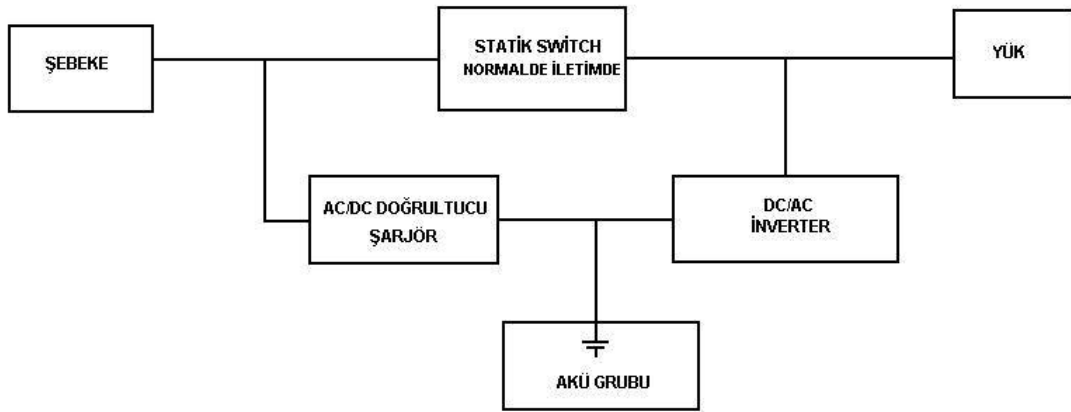
Bu topolojinin avantajları girişte geniş gerilim toleransının olması ve çıkışında gerilimi ve frekansı kararlı temiz bir enerjiyi kullanıcıya sunmasıdır. Dezavantajları ise düşük güç faktörü, giriş akımında yüksek THD ve düşük verim değerleridir. Ekstra güç faktörü düzeltme (PFC) devreleri kullanılmadıkça giriş akım şekli doğrultucu tarafından bozulur. Yük sürekli olarak doğrultucu ve inverter üzerinden çift çevrim (AC-DC-AC)denilen topolojiyle beslendiğinden dolayı artan kayıplar verimi düşürür. Tüm bu dezavantajlara rağmen en sağlıklı ve güvenilir enerjinin bu teknolojiyle üretildiği de aşikârdır. Sayılan dezavantajları iyileştirmeye yönelik çalışmalar devam etmektedir. Örneğin IGBT kullanımıyla

gerçekleştirilen doğrultucu sistemlerinde yüksek giriş güç faktörü ve düşük giriş THDI değerlerine ulaşılmıştır. Verimi arttırmaya yönelik ise hem redresörlerde hem inverterlerde kullanılan transistörlerin anahtarlama kaybını geri kazanmaya yönelik yumuşak anahtarlama (SS) teknikleri kullanılmaya başlanmıştır.

2.1.2 Off-Line Kesintisiz Güç Kaynakları

Bu tipteki KGK'lar standby KGK veya şebeke tercihli KGK olarak bilinir. IEC 62040-3'e göre sınıflandırılması 3'tür. Off-Line KGK'lar yapı olarak kısa süreli çalışmaya uygun kare dalga bir inverter ünitesi, inverter gücünün %10'u kadar güçte şarj ünitesi ve şebeke ile KGK arasında aktarmayı sağlayan röleli anahtarlardan oluşur. Şekil 2.2' de Off- Line KGK blok diyagramı görülmektedir. Şebeke elektriği varken çıkış yükleri direk olarak şebekeden beslenir ve aküler şarj edilir.

Şebeke geriliminin kart üzerinde ayarlanan alt ve üst limitlerin dışına çıktığının test edilmesi, rölenin konum değiştirmesi ve inverterin açılması işlemlerindeki gecikmeler toplandığı zaman Off-Line KGK'ların geçiş kesinti süreleri ortaya çıkar. Bu süre modellere göre değişik değişiklik arz etmekle beraber çoğu uygulamada 3–4 milisaniyeyi bulmaktadır. Bu süre genellikle besledikleri bilgisayar yüklerini kesintiye uğratmamak için yeterli bir süreçtir. Şebeke geriliminin uygun limitler dışına çıkmasında veya kesilmesi sırasında aktif hale gelen sistemin paralelindeki akü grubu ve buna bağlı olan inverterden çıkış gerilimi elde edilir. Şarj ünitesi gücünün sınırlı olması dolayısıyla kesintide çalışma süresi kısa olmaktadır.



Şekil 2.2 Off-line kesintisiz güç kaynağı blok diyagramı

Off-Line KGK'ların kullanım amaçları elektrik kesintisinde çalışabilmek değil, kesinti durumunda kritik yükü kontrollü olarak kapatmaya yöneliktir. Bu tip KGK'lar yalnızca enerji

kesintileri, çökmeler ve dinamik gerilim yükselmeleri gibi şebeke problemlerine karşı koruma sağlar. Basit yapılı ve ucuz olmaları tercih edilmelerine sebep olmaktadır. İşletme veya kullanım sürecinde dikkat edilmesi gereken en önemli unsur akülerin şarj olabilmesi için cihazın açık olma zorunluluğudur. Bu durum cihazın kullanım dışı zamanlarda akülerini şarj etme imkânını ortadan kaldırır. Dolayısıyla sık sık elektrik kesintisi olan yerlerde yeterince verimli çalışamazlar.

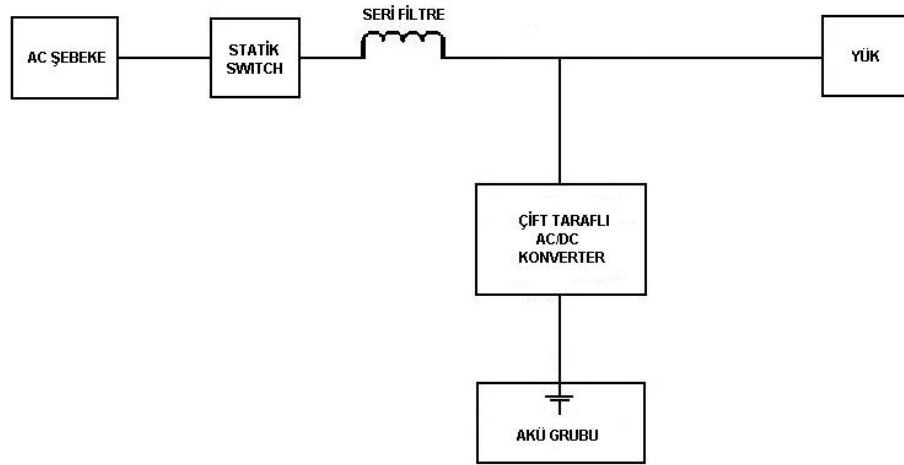
Bu topolojinin ana avantajları kısaca özetlenirse basit yapılı, düşük maliyetli ve küçük boyutlu olmasıdır. Bunun yanında çıkış izolasyonunun olmaması, çıkış gerilim regülasyonunun olmaması, uzun anahtarlama süreci ve nonlinear yüklerde zayıf performans sergilemesi bu sistemin ana dezavantajlarındandır.

2.1.3 Line-İnteraktif Kesintisiz Güç Kaynakları

Line-İnteraktif KGK'lar ilk olarak 1990 yıllarında piyasaya sunulmuştur. Bu sistemlerin IEC 62040-3'göre sınıfı 2'dir. Line-İnteraktif KGK'lar temel olarak statik switch, seri endüktans, çift yönlü konverter ve akü grubundan oluşmaktadır. Şekil 2.3 'de sistemin blok diyagramı gösterilmektedir.

Line-İnteraktif KGK modelinin gerçekte Off-Line KGK sisteminin diğer bir türü olduğu söylenebilir. Şebeke gerilimi varsa ve belli sınırlar içindeyse bu gerilimi regüle ederek çıkışına verir. Şebeke kesildiğinde röleli veya triac'lı bir anahtar ile yük KGK'ya aktarılır. Bu sistemlerde doğrultucu ve inverter maliyet, hacim ve kayıpları düşürmek amacıyla birleştirilmiştir. Şebeke konumunda çalışırken aynı zamanda akülerini de şarj eder. Şebeke konumunda çıkış regülasyonunu şebekenin 220 V AC' den düşük veya yüksek olan kısmını ilave ederek veya çıkararak sağlar. Dolayısıyla güç kaybı azalır. Şarj ünitesi Off-Line KGK'lar kadar sınırlı olmasa da maliyet problemlerinden dolayı düşük güçlüdür.

Bu yüzden aküden çalışma süresi kısa, aküleri şarj etme süresi uzundur. Kaynaktaki bir hata durumunda statik şalter açılarak yük şebekeden ayrılır ve akü üzerinden beslenir. Yapılarından dolayı yüksek güçte imal edilmezler. Sadece enerji kesintileri, çökmeler, dinamik aşırı gerilimler, düşük gerilimler ve aşırı gerilimlere karşı koruma sağlar.

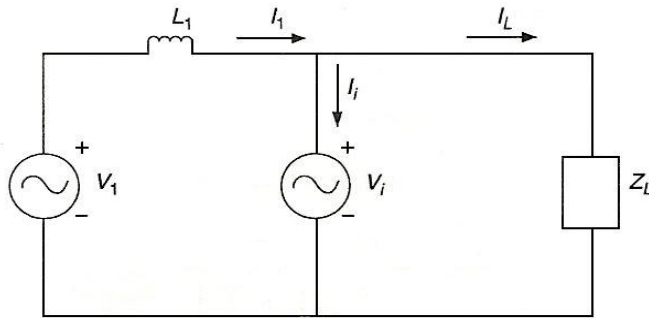


Şekil 2.3 Line-İnteraktif kesintisiz güç kaynağı blok diyagramı

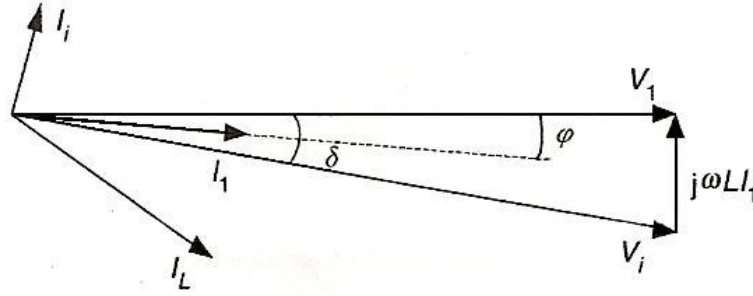
Bu sistemlerde orta seviyeli bir koruma uygun fiyatla sağlanmış olur. Şekil 2.4'de Line-İnteraktif KKG'lar için temel frekans eşdeğer devresi gösterilmiştir. Buradaki V_i gerilimi, akü gerilimi ve PWM konverterlerin modülasyon indeksi m tarafından kararlı kılınır. V_1 şebeke gerilimi ve V_i çıkış gerilimi olup, V_i ve V_1 arasındaki açı δ 'dır. Yüken aktif gücü ise bu bilgiler doğrultusunda şu şekilde bulunabilir.

$$P = \frac{V_i \cdot V_1 \cdot \sin \delta}{j\omega L} \quad (2.1)$$

Seri endüktans üzerindeki gerilim düşümü normal orandaki şartlara göre daha küçük dizayn edilir. Genellikle $\delta \cong 15^\circ$ 'dir. Buradan V_1 ve I_1 arasındaki faz farkından kaynaklanan güç faktörünün $\cos \varphi = \cos(\delta/2)$ olduğu Şekil 2,5'deki fazör diyagramından görülebilir.



Şekil 2.4 Line-İnteraktif KKG İçin Temel Frekans Eşdeğer Devresi

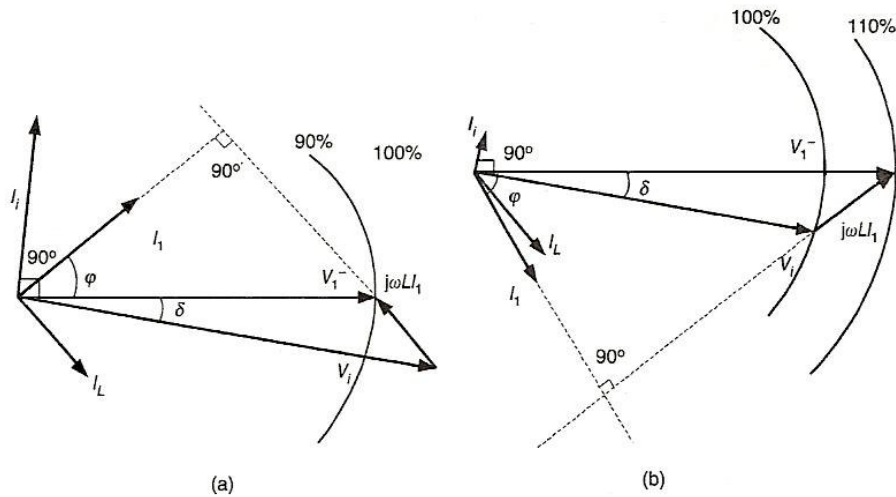


Şekil 2.5 Şekil 2.4'deki eşdeğer devrenin fazör diyagramı

Çıkışta sadece rezitif yük olduğu durumlarda inverter tarafından sadece seri endüktanstaki reaktif gerilim düşümünü kompanse etmek için gerekli reaktif güç sağlanacaktır. Yükün reaktif güç tükettiği durumlarda ise yine inverter tarafından bu güç kompanse edilecektir.

Çıkış gerilim regülasyonunun prensibi Şekil 2,6'daki fazör diyagramıyla kolayca anlaşılabilir. Bu teknolojiye inverter düşük gerilimlerde reaktif güç sağlar, yüksek gerilimlerde ise reaktif enerji tüketir.

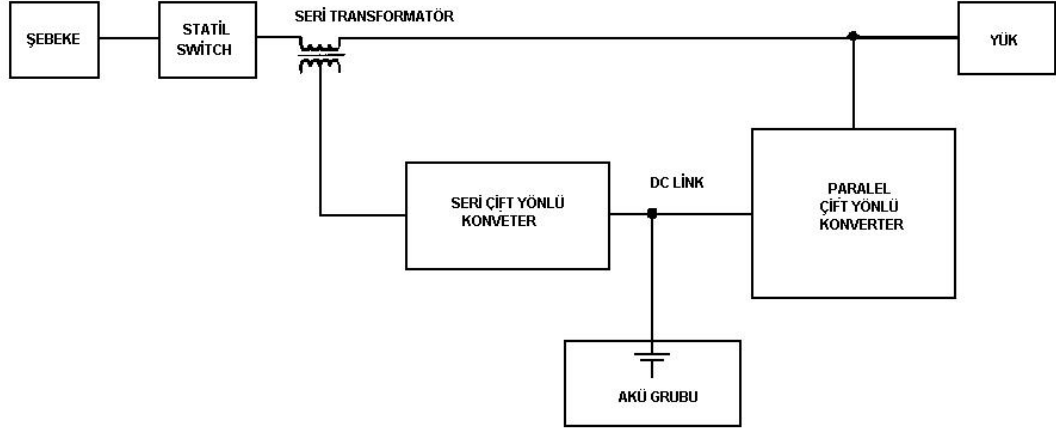
Yeni nesil seri-paralel line-interaktif KGK topolojisi literatür de delta conversion UPS olarak adlandırılır. Bu KGK'lar çıkış geriliminin tam regülasyonunu sağladığı gibi güç faktörünü de düzeltir. Şekil 2.7'de seri-paralel line-iteraktif KGK'ların blok diyagramı verilmiştir. Yapıları ortak bir akü grubuna bağlı iki adet çift yönlü konverter, statik switch ve seri bağlı olan transformatörden oluşmaktadır.



Şekil 2.6 (a) Düşük gerilim (b) Yüksek gerilim durumlarının fazör diyagramı

Sistemdeki seri çift yönlü konverterin gücü, çıkış gücünün %20'si oranındadır. Paralel çift yönlü konverter ise herhangi bir elektrik kesintisinde sistemi tamamıyla kendi üzerinden besleyeceği varsayılarak çıkış gücünün %100'ü baz alınarak tasarlanmaktadır.

Paralel olan çift yönlü konverter çıkış gücünü stabil tutarak çıkış gerilim regülasyonunu PWM ile sağlar. Seri konverter ise giriş çıkış gerilimleri arasındaki farkı artı veya eksi olacak şekilde kompanse eder. Giriş güç faktörünü kontrol ederken ve aynı zamanda akü grubunu şarj eder.



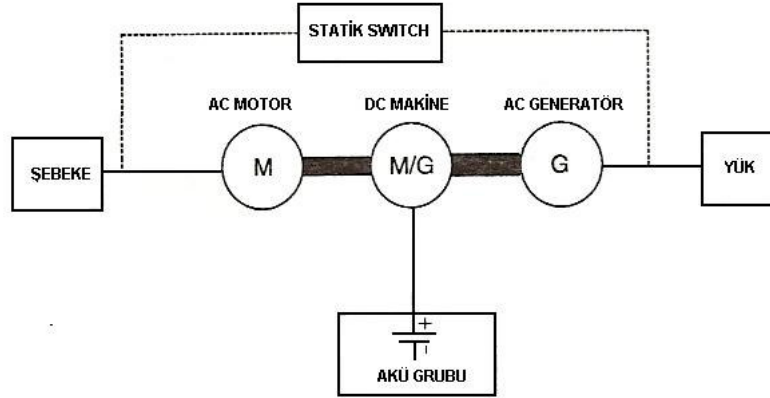
Şekil 2.7 Seri paralel line-interaktif KGK (delta conversion) blok diyagramı

Şebeke gerilimi belirtilen limitler içersindeyse kritik yük direkt olarak şebeke gerilimi ile beslenir. Toplam gücün sadece küçük bir kısmı olan % 15'i seri ve paralel konverterlerin üzerinden beslenir. Bu %15'lik kısım giriş ve çıkış gerilimleri arasındaki farkı kompanse etmek ve giriş güç faktörünü düzeltmek için gereklidir. Gücün önemli bir kısmı olan %85'lik dilim direkt olarak şebekeden herhangi bir değişime uğramadan yüke iletilir. Bu nedenle bu tip KGK'larda verim yüksektir. Delta conversion yapısındaki KGK'lar yüksek güçlerde üretilebilir ve verimin önemli faktör olduğu yerlerde kullanılır. Dezavantajı ise yükün şebekeden herhangi bir elektriksel izolasyon olmadan beslenmesidir.

2.2 Dinamik Kesintisiz Güç Kaynakları

Dinamik KGK'ların blok diyagramı Şekil 2.8' de gösterilmiştir. Bu tip KGK'lar AC motor, DC makine, AC generatör ve akü grubundan oluşmaktadır. Bu elektrik makineleri mekaniksel olarak birbirine bağlıdır. Bu tip KGK'larında çalışması normal ve depolanmış enerjiden çalışma olacak şekilde iki şekilde açıklanabilir. Normal çalışma esnasında şebekeden beslenen AC motor DC makineyi, DC makinede AC generatörü sürerek çıkıştaki kritik yükleri

destekleyecektir. Herhangi bir şebeke hatasında veya kesintisinde sistemde bulunan akülerde depo edilmiş enerji DC makineyi oda AC generatörü sürerek sistemin çıkışındaki kritik yükü kesintiye uğratmadan besler.

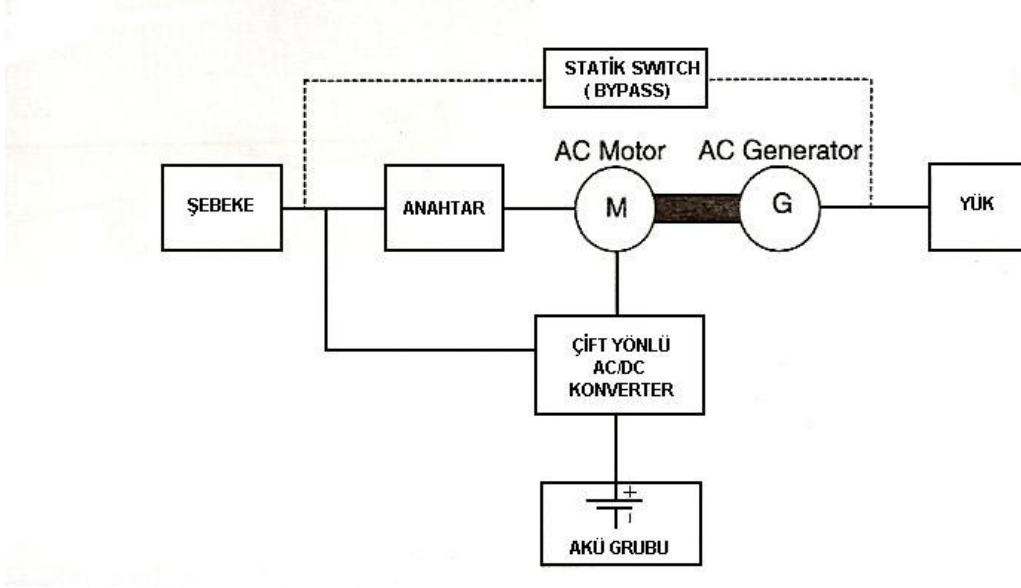


Şekil 2.8 Dinamik kesintisiz güç kaynakları blok diyagramı

Dinamik yapıdaki KGK sistemleri statik KGK'lardan daha güvenilirdir. Statik KGK'lara göre daha büyük boyutlara ve ağırlığa sahiptir. Mekaniksel yapılarından dolayıda daha çok bakım gerektirirler. Bu dezavantajların yanında birçok avantajının olması büyük güçlerde tercih edilmelerini artırır. Tercih edilmelerinin bir sebebidir %300–600 oranında geçici çıkış yüküne karşılık verebilme yetenekleridir. Bu oran, statik bir KGK'nın %150 aşırı çıkış gücüne dayanımı göz önüne alındığında önemli bir artı sağlamaktadır. Çıkış empedanslarının düşük olmasından dolayı nonlinear yüklerde iyi bir performans sağlamaktadır. Bunun yanında giriş akım THD'si %3 ve altındadır. Verimlilikleri ise %85 ve üzeridir.

2.3 Hibrid (Statik-Dinamik) Kesintisiz Güç Kaynakları

Özellikle, kinetik enerji depolama teknikleri açısından kendi aralarında farklılıklar gösteren dinamik KGK'lar, son dönemde yarıiletken teknolojisindeki gelişmelerin etkisiyle, kısmen statik uygulamaları da içermeye başlamışlardır. Bazı üreticiler, bu alanda da birbirlerinden farklı hibrid uygulama yöntemleri geliştirmişlerdir. Örneğin, enerji depolama işlemi bir akü grubu aracılığıyla statik olarak sağlanırken, yüke aktarma işleminin dinamik bir alternatörle gerçekleştirildiği uygulamalar çok yaygındır. Hibrid statik-dinamik kesintisiz güç kaynaklarında statik ve dinamik KGK'ların ana özellikleri birleştirilmiştir. Bu tip KGK'lar düşük çıkış empedansına, yüksek güvenilirliğe, mükemmel frekans kararlılığına ve düşük bakım masraflarına sahiptir. Şekil 2.9'da tipik bir hibrid statik-dinamik KGK sisteminin blok diyagramı gösterilmektedir.



Şekil 2.9 Hibrid statik-dinamik KGK blok diyagramı

Bu tarz sistemlerde çift yönlü AC/DC konverter, AC motor, AC generatör, akü grubu ve statik switch (bypass) bulunmaktadır.

Normal çalışma esnasında şebekeden beslenen AC motor generatörü sürer, böylelikle kritik yük generatör tarafından beslenir. Bu esnada çift yönlü konverter doğrultucu olarak çalışır ve akü grubunu şarj eder. Depolanan enerjiden çalışma esnasında ise çift yönlü konverter inverter olarak çalışır ve AC motoru sürer. AC motorda AC generatörü sürer ve çıkıştaki yükleri besler. Sistemde herhangi bir arıza meydana gelmesi durumunda statik bypass anahtarı açılarak yük direk olarak şebekeden beslenir.

Burada AC generatörün kalkış anındaki atalet momentini yenebilmek için yüksek oranda çekeceği akımlar göz önüne alınarak, ilk kalkış esnasında AC generatörün invertere zarar vermemesi adına generatör şebekeden direk olarak beslenir. Generatör normal çalışmaya geçtiğinde şebekeden ayrılarak beslemesi inverter üzerinden sağlanır. Burada şebekeden gelen hattaki anahtarın açılmasıyla birlikte inverter üzerinden beslemeye geçilirken herhangi bir arıza veya olumsuz durumda inverter üzerinden akü grubu vasıtasıyla transfer zamanı olmadan yük beslenecektir. Bu tip KGK'ların statik tipteki KGK'lara göre ana üstünlükleri küçük çıkış empedansı, dengesiz yüklerde düşük THD, yüksek güvenilirlik ve çok iyi bir izolasyona sahip olmalarıdır.

2.4 Volan Uygulamalı Dinamik Kesintisiz Güç Kaynakları

Dinamik besleme sistemleri temelde, elektriksel olmayan bir makine yardımıyla sürülen generatörden meydana gelir. Uygulamada en çok benzin yada diesel motoruyla sürülen senkron generatörler kullanılmaktadır. Dinamik UPS'lerin en önemli ayırt edici özelliği, kesinti sırasında kullanılacak enerjiyi depolama ve çıkışa aktarma işlemlerini dinamik yöntemle gerçekleştirmesidir. Bu temel prensibi esas alan üreticilerin her biri, kendi sistemlerinde diğerlerine göre oldukça farklı yöntem ve donanımlar kullandığından, mevcut dinamik UPS'leri teknik açıdan sistematik şekilde sınıflandırabilmek oldukça zordur. Ancak en yaygın ve en bilinen uygulama şekli, enerjinin genellikle Volan olarak tabir edilen mekanizmalarla kinetik olarak depolanması ve yine dinamik olarak bir alternatör aracılığıyla yüke aktarılmasıdır.

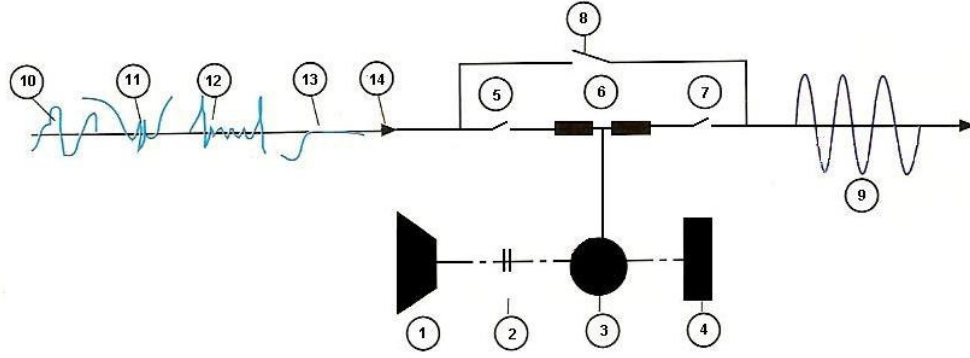
Bu sistemde volan üzerinde depolanacak kinetik enerji atalet momenti ve açısal hızın karesiyle orantılıdır.

$$\text{Kinetik Enerji} = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2 \quad (2.2)$$

$$I = k \cdot M \cdot R^2 \quad (2.3)$$

Burada I atalet momenti, ω açısal hız, M kütle, R yarıçap ve k ise eylemsizlik sabitidir. Dinamik KKGK'lar, çok büyük yüklere ve çok kısa süreli kesintilere yönelik olarak tasarlandıkları için, genellikle dizel bir motor ile birlikte projelendirilirler. Çoğu kez de dizel jeneratör, dinamik UPS in bir parçası olarak, sistemle birlikte bir bütün olarak kullanıma sunulur. Yine, farklı bir yöntem olarak; enerji depolama işleminin bir volan üzerinde dinamik olarak gerçekleştirildiği, ancak girişte ve çıkışta statik doğrultucu-evirici devrelerin kullanıldığı sistemler de, yukarıda açıklanan hibrid uygulamalara örnek gösterilebilir.

Dinamik besleme sistemlerinin en başta gelen sorunlarından biri, devreye girme süresindeki gecikmedir. Tümüyle hareketsiz durumda bulunan bir motor-generatör grubuna yol verme işlemi, güce göre değişmekle beraber, en az dakikalar düzeyinde bir zaman alır. Bilgisayarlar, kontrol-kumanda düzenekleri gibi tüketiciler için bu süre oldukça uzundur. Motor-generatör gruplarının devreye girme süresini kısaltmak üzere çeşitli yöntemler geliştirilmiştir.



- | | | |
|----------------------------|--------------------------|------------------------|
| 1- Dizel Motor | 6- Şok Bobinleri | 11- Voltaj Darbesi |
| 2- Elektromanyetik Kavrama | 7- Çıkış Şalteri | 12- Gerilim Düşümü |
| 3- Senkron Makine | 8- Bypass Şalteri | 13- Elektrik Kesintisi |
| 4- Volan | 9- Çıkış Gerilimi | 14- Şebeke Girişi |
| 5- Şebeke Şalteri | 10- Harmonik Distorsiyon | |

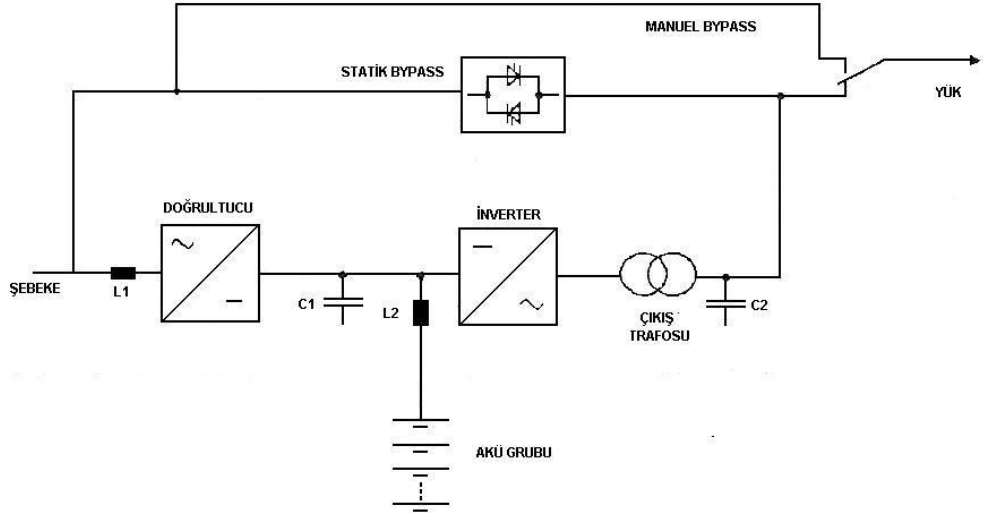
Şekil 2.10 Dizel motor ile desteklenmiş volan uygulamalı dinamik KGK blok diyagramı

Dinamik besleme sistemlerinin en başta gelen sorunlarından biri, devreye girme süresindeki gecikmedir. Tümüyle hareketsiz durumda bulunan bir motor-generatör grubuna yol verme işlemi, güce göre değişmekle beraber, en az dakikalar düzeyinde bir zaman alır. Bilgisayarlar, kontrol-kumanda düzenekleri gibi tüketiciler için bu süre oldukça uzundur. Motor-generatör gruplarının devreye girme süresini kısaltmak üzere çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan biri, şebekede enerji bulunduğu sürece senkron makinenin motor olarak boşa çalıştırılmasıdır. Dizel motor ile senkron makinenin mekanik bağlantısı bir elektromanyetik kavrama yardımıyla yapılmıştır. Şebekede kesinti olduğu anda kavrama çalışarak her iki makinenin milleri birleştirilir. Böylece senkron makine rotorun ve varsa bir volanın eylemsizliği sayesinde dizel motorun kısa zamanda yol almasını sağlar.

Motor-generatör grupları, statik düzeneklere göre daha fazla bakım gerektirirler. Öte yandan, devreye girme süresini kısaltmak amacıyla senkron makinenin sürekli olarak boşa çalıştırılması halinde göz ardı edilemeyecek düzeyde enerji kaybı ortaya çıkabilir. Bu tür düzenlerin kuruluş ve işletme maliyetlerinin iyi değerlendirilmesi ve seçim yapılırken bu unsurların göz önünde tutulması gerekir.

3. STATİK KESİNTİSİZ GÜÇ KAYNAKLARININ YAPILARININ İNCELENMESİ

Kesintisiz güç kaynağı genellikle doğrultucu, akü şarj devresi, akü grubu, inverter ve trafodan oluşur. Doğrultucu şebekeden aldığı AC gerilimi, akü gerilimi ve inverterin giriş gerilimine uygun DC gerilime dönüştürür. Bu doğrultucu aynı zamanda şebeke düşmesi ve yükselmesi durumunda inverter giriş gerilimini düzenleyebilmelidir. Aküleri doldurmak için ayrıca akü şarj edici devreler kullanılabileceği gibi, aküler yukarıda adı geçen doğrultucu üzerinden direk olarakta doldurulabilir. Akü şarj devresinin aküleri şarj ederken akülere zarar vermemesi için akım limitleme ve yüksek gerilim korumasının olması gerekmektedir. İnverterin görevi ise doğrultucudan ya da akü grubundan aldığı DC gerilimi AC gerilime dönüştürmektir. Kesintisiz güç kaynakları statik ve manuel bypass denilen yük aktarma anahtarları da içerir. Bu anahtarlar kesintisiz güç kaynak çıkışını yüke bağlar. Statik bypass kesintisiz güç kaynağında bir arıza oluşmaya başlıyorsa, bunu önceden sezip, şebeke gerilimi de uygunsa kesintisiz güç kaynağını devreden çıkarıp, şebekeye doğrudan bağlar ya da başka bir kesintisiz güç kaynağını yüke bağlar ve arıza geçince tekrar eski konumuna döner. Manuel bypass ise bakım veya herhangi bir sebepten ötürü KGK çıkışını direk olarak şebekeye aktarmayı sağlar. Çıkış trafoları inverter çıkış gerilimini yükseltmeye ve yükü şebekeden izole etmeye yarar.



Şekil 3.1 Statik kesintisiz güç kaynağı blok diyagramı

KGK'lar yapısal olarak 7 temel bölüme ayrılabilirler;

- Doğrultucu ve Şarj Ünitesi
- Akümülatör Ünitesi
- İnverter Ünitesi
- Filtre Ünitesi
- Statik ve Manuel By-Pass Şalter
- Haberleşme Ünitesi
- Trafolar

3.1 Doğrultucu Ünitesi

Doğrultucular alternatif şebeke gerilimini doğru gerilime çevirip, KGK'nın akülerinin şarj edilmesi ve inverter için gerekli DC gücün sağlanması işlevlerini yerine getiren bölümdür. Şarj ünitesinde şebeke gerilimini KGK'nın akü gerilimi civarlarına düşüren giriş güç trafosu, trafo çıkışındaki AC gerilimini kontrollü olarak doğrultarak DC'ye çeviren tristor veya diyot modülleri, şarj kontrol kartı ve DC filtreler yer alır. Şarj ünitesinin gücü KGK tipine göre değişir. Yan bir görevi de AC hattındaki gerilim değişiklik ve kesintilerinden meydana gelen DC çıkışındaki ani değişimleri tamponlayıp, inverter girişine ulaşmasını engellemektir. Ayrıca bataryaları doldurma görevi de, batarya dayanma süresini etkilediği için önemlidir. Çünkü gerektiği gibi şarj edilmeyen bataryaların ömrü önemli ölçüde kısalmır.

Doğrultucu tasarlanırken dikkat edilmesi gereken bazı noktalar vardır. Acil durumdan sonra düzelme durumuna geçildiği anda eğer önlemler alınmazsa doğrultucudan ani ve büyük bir güç çekilmek istenecektir. On-line KGK'larda şarj ünitesi aynı zamanda hem aküleri şarj edip hemde inverteri beslediği için yüksek güçlü yapılmak zorundadır. Diğer KGK modellerinde yalnızca aküleri şarj edebilecek güçtedir.

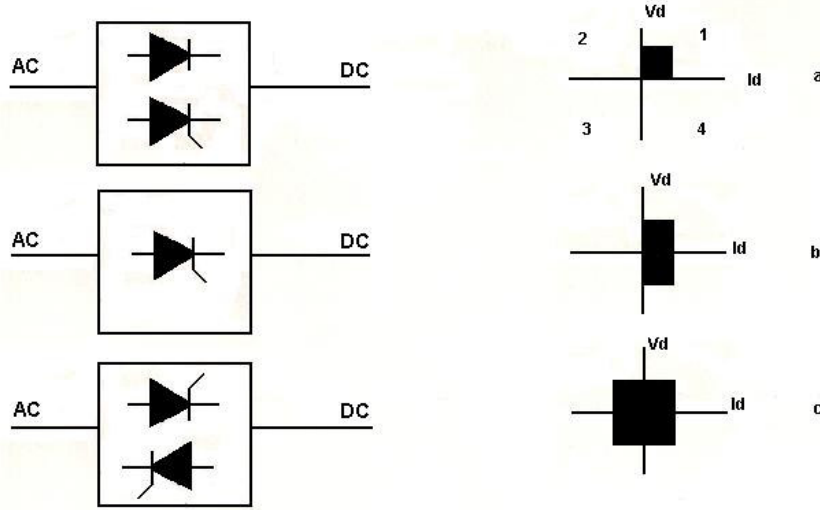
Şarj kontrol kartı akü şarj gerilimini ve akımını aynı anda kontrol eder. Akü ömrünü maksimize etmek için tam bakımsız kuru tip akülerin sabit akım ve sabit gerilim altında sıcaklık kompanzasyonlu şarj edilmesi gerekmektedir. Elektrik kesilmesinden sonra boşalmış olan aküler, önce dengeleme doldurmasına tabi tutulur (boost şarj), daha sonra otomatik olarak iç kayıpları karşılayan tampon şarj durumuna geçilir. Şarj gerilimi akü geriliminin yaklaşık 1.14 katıdır (12Volt'luk bir akü için 13.7Volt'tur.) Şarj akımı UPS gücü ve modeline göre değişir. Şarj üniteleri bütün On-line modellerde tristor kontrollü, Off-line ve Line-interaktif modellerde transistor kontrollü seri regülâtörlerle yapılır.

Doğrultucu şebekeden aldığı AC gerilimi DC gerilime çevirir. Bu DC gerilim eviricinin, (İnverter) çalışması için kullanılır. Doğrultucu 1 fazlı veya 3 fazlı olabilir, 1 fazlı sistemler için genellikle kontrolsüz doğrultucu kullanılır. 3 fazlı sistemler ise genellikle 6 darbeleri kontrollü doğrultucu şeklinde yapılır. KGK'larda giriş akımlarının THD (Toplam Harmonik Distorsiyonu) değerini azaltmak ve güç faktörünü arttırmak için farklı yöntemler izlenebilir. Tek fazlı sistemlerde genellikle PFC (Güç Faktörü Düzeltme) devreleri kullanılarak güç faktörü düzeltilir. Normalde kontrolsüz bir doğrultucu seçildiğinde giriş güç faktörü 0.8 iken bu oran PFC'li bir KGK'da 0.95–0.98 değerlerine ulaşmaktadır. Bu değer 1'e ne kadar çok yaklaşırsa reaktif güç tüketimi o kadar azalacaktır. Giriş akım THD değerlerini uluslararası standartlara uygun hale getirmek için günümüzde 12–18 darbeleri redresörler ya da IGBT ile tasarlanmış redresörler kullanılmaktadır. Bazı KGK'larda harmonik filtreler kullanılmaktadır. Bu durumda kompanzasyon panolarının devre dışı bırakılması gerekmektedir. Aksi halde giriş harmonik filtreleri ile kompanzasyon devreleri rezonansa girerek istenmeyen başka harmonikler üretebilirler. Bu nedenle yüksek güçlü (100kVA ve üzeri) KGK'larda mutlaka darbe sayısı artırılmış (12 veya 18 darbeleri) doğrultucular kullanılmalıdır. 6 darbe doğrultuculu KGK'nın giriş akım harmoniği %35'lerden %10'lara kadar düşürülebilmektedir. Bundan dolayıda jeneratör ve giriş trafo güç değerlerinin de küçülmesi söz konusu olabilmektedir.

Doğrultucular yarım dalga ve tam-dalga olmak üzere iki genel gruba ayrılabilirler. Birinci grup orta uçlu, ikinci grup köprü doğrultucular olarak da bilinir. Yarım dalga doğrultucularda alternatif akım kaynağından çekilen akım tek, tam dalga doğrultucularda ise çift yönlüdür. Bir tam dalga doğrultucu iki yarım dalga doğrultucunun seri bağlanmış şekli olarak da düşünülebilir. Birinci doğrultucu yükü besler, ikinci doğrultucu da yük akımını alternatif akım kaynağına geri verir,

Doğrultucular kontrol durumlarına göre, kontrolsüz ve kontrollü doğrultucular olmak üzere ikiye ayrılır. Diyotlardan oluşan kontrolsüz doğrultucuların çıkış gerilimi sabittir ve gerilim kontrolü sağlanamaz. Kontrollü doğrultucular da, yarım-kontrollü ve tam-kontrollü doğrultucular olmak üzere ikiye ayrılır. Tam kontrollü doğrultucularda elemanların hepsi tristör ve transistör gibi tetikleme açısıyla denetlenebilen elemanlardan oluşmaktadır. Bu devrelerde çıkış gerilimi, kullanılan tristörlerin tetikleme açıları değiştirilerek kontrol edilmektedir. İstenirse gerilim negatif değerlere çekilebilir ki doğrultucunun negatif çıkış gerilimi altında çalışmasına evirme modunda çalışma adı verilir ve güç akışı, akım yönü

değişmeyeceğinden, yükten kaynağa doğrudur. Yarım kontrollü doğrultucuların yapısında diyot bulunduğundan, çıkış gerilimi negatif yapılamaz ki devrenin çalışma bölgesi Şekil 3.2(a)' da gösterilmiştir. Ayrıca, iki bölgeli doğrultucunun çalışma bölgesi Şekil 3.2(b)'de ve tam kontrollü doğrultucunun çalışma bölgesi Şekil 3.2(c)' de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Doğrultucu çalışma bölgeleri

Doğrultucularda tanımlayıcı bir diğer özellik ise darbe sayısıdır. Darbe sayısı, alternatif akımın bir çevrimde doğru akım dalgalarının kaç kez yinelendiğini gösterir. Örneğin altı darbeleri bir doğrultucunun çıkış geriliminde 300 Hz'lik bir dalgalanma vardır. 12 ve 18 darbeleri doğrultucular kontrollü ve kontrolsüz olarak tasarlanabilir. Son yıllardaki yeni tasarımlarda doğrultucular IGBT kullanılarak yapılmıştır. KGK kullanımındaki doğrultucu devreleri bu bölümde ayrı ayrı ele alınarak, elektriksel karakteristikleri incelenecektir.

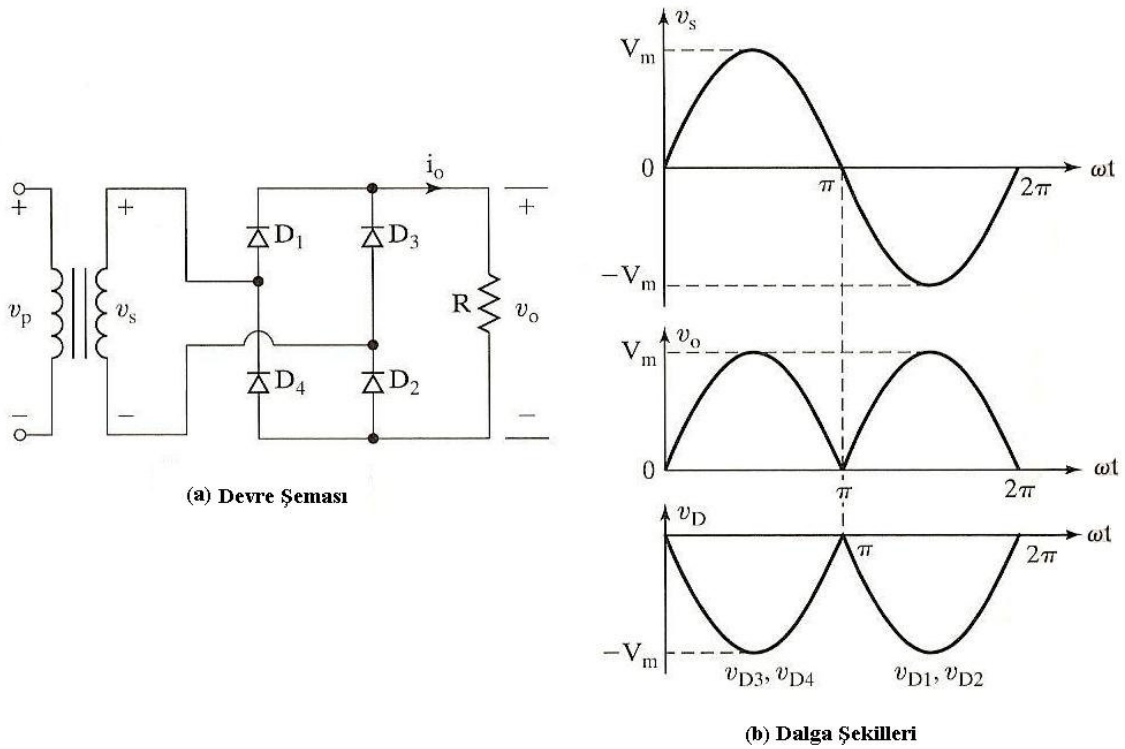
3.1.1 Köprü Doğrultucular

Endüstriyel uygulamalarda en yaygın kullanılan doğrultucu devrelerdir. Bu tür doğrultucularda besleme transformatörünün kullanılması gerekmez. Eğer kullanılmışsa amacı sadece yalıtım sağlamaktır. Bu bölümde kontrolsüz ve kontrollü tip köprü doğrultucular üzerinde durulacaktır.

3.1.1.1 Kontrolsüz Köprü Doğrultucular

Bu tip doğrultucular diyotlardan oluşur. Kontrolsüz doğrultucuların çıkış gerilimi sabittir ve gerilim kontrolü sağlanamaz. Tek ve üç fazlı olarak tasarlanabilirler. Şekil 3.3'de bir fazlı tam dalga doğrultucu devre şeması ve dalga şekilleri gösterilmiştir. Pozitif yarım dalgada gerilim D_1 ve D_2 diyotları üzerinden, negatif yarım dalgada ise gerilim D_3 ve D_4 diyotları üzerinden yüke uygulanır.

$$V_{dc} = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} V_m \sin \omega t dt = \frac{2V_m}{\pi} = 0.6366V_m \quad (3.1)$$



Şekil 3.3 Bir fazlı kontrolsüz köprü doğrultucu devresi ve çıkış dalga şekilleri

Verim;

$$\eta = \frac{P_{dc}}{P_{ac}} \quad (3.2)$$

$$V_{ac} = \sqrt{V_{rms}^2 - V_{dc}^2} \quad (3.3)$$

Form faktör şu şekilde bulunur ;

$$FF = \frac{V_{rms}}{V_{dc}} \quad (3.4)$$

DC gerilimdeki Ripple faktör ;

$$RF = \frac{V_{ac}}{V_{dc}} \quad (3.5)$$

$$RF = \sqrt{\left(\frac{V_{rms}}{V_{dc}}\right)^2 - 1} = \sqrt{FF^2 - 1} \quad (3.6)$$

Giriş akım harmonik faktörü;

$$HF = \left(\frac{I_s^2 - I_{s1}^2}{I_{s1}^2}\right)^{1/2} = \left[\left(\frac{I_s}{I_{s1}}\right)^2 - 1\right]^{1/2} \quad (3.7)$$

Güç faktörü;

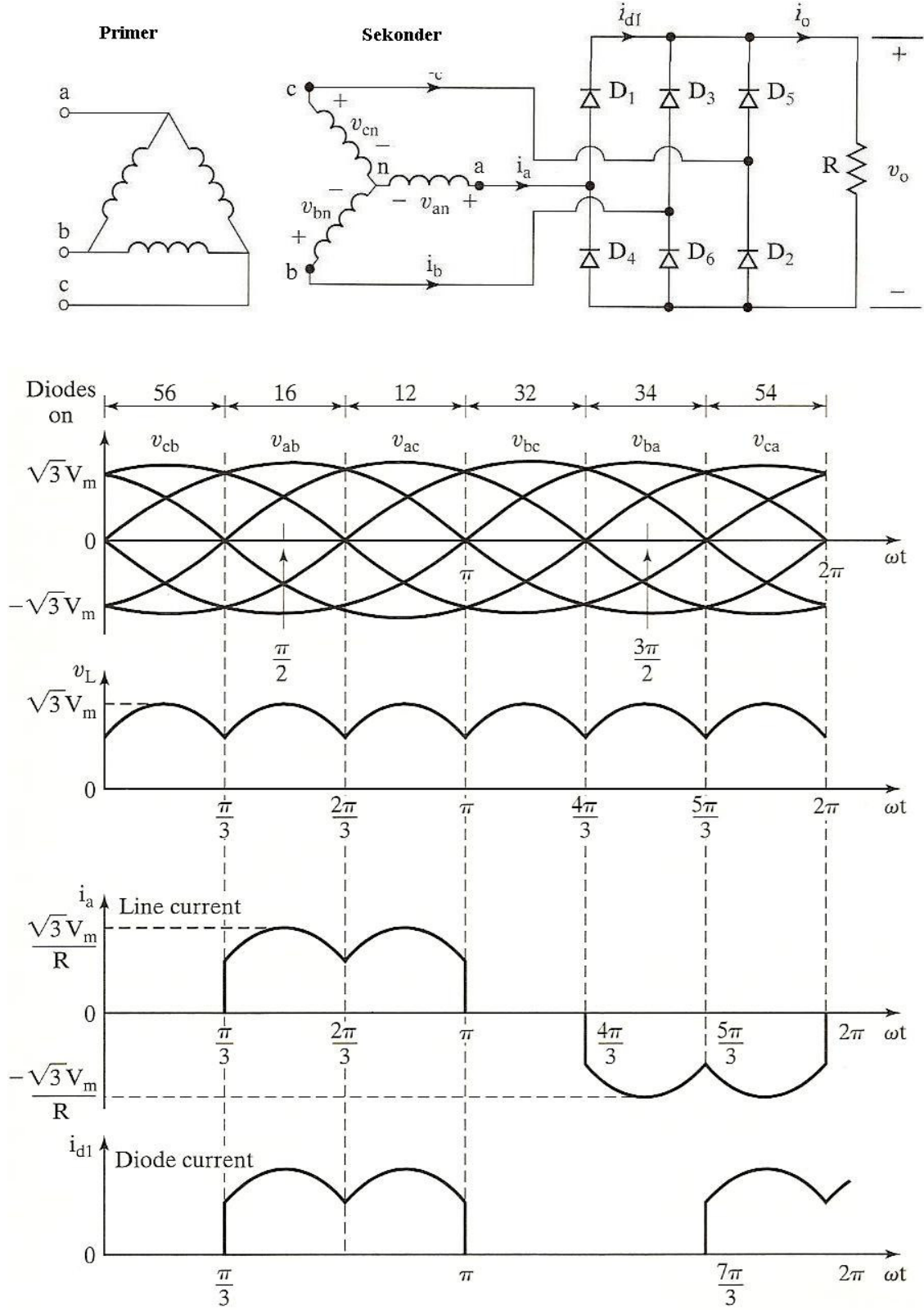
$$PF = \frac{V_s I_{s1}}{V_s I_s} \cos \phi = \frac{I_{s1}}{I_s} \cos \phi \quad (3.8)$$

Crest faktör ise;

$$CF = \frac{I_{s(peak)}}{I_s} \quad (3.9)$$

Şekil 3.4'de üç fazlı kontrolsüz doğrultucuda şebeke fazlarının her birine iki diyot bağlanmıştır. Gerilimin pozitif yarım dalgasında aynı koldaki diyotlardan (+) yönlü olanı, gerilim negatif yarım dalgada ise bu diyotlardan negatif yüklü olanı iletim yapacaktır.

V_a geriliminin pozitif olarak V_b ve V_c ' den büyük olduğu $(\pi/6) < \omega t < (5\pi/6)$ aralığında D1 diyodu iletimde bulunacaktır. Benzeri biçimde sırasıyla, D3 ve D5 diyotları $2\pi/3 = 120^\circ$ 'lik sürelerle iletim durumunda bulunacaklardır.



Şekil 3.4 Üç fazlı kontrolsüz köprü doğrultucu devre şeması ve çıkış gerilim-akım dalga şekilleri

Ters yönlü D6, D2 ve D4 diyotları uçlarına gelen negatif faz geriliminin diğer faz gerilimlerinden büyük olduğu aralıklarda 120° lik sürelerle iletimde bulunurlar.

$$V_{ab} = \sqrt{3} \cdot V_m \sin(\omega t + 30^\circ)$$

$$V_{bc} = \sqrt{3} \cdot V_m \sin(\omega t - 90^\circ)$$

$$V_{ca} = \sqrt{3} \cdot V_m \sin(\omega t - 210^\circ)$$

Doğru gerilim 6 darbeli olup, ortalama değeri iki yarım dalga doğrultucunun toplamı olarak,

$$V_{dc} = \frac{2}{2\pi/6} \int_0^{\pi/6} \sqrt{3} \cdot V_m \cos \omega t d(\omega t)$$

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3}}{\pi} V_m = 1.654V_m \quad (3.10)$$

Kontrolsüz Doğrultucuların Avantajları;

- Devrenin basit olması az eleman kullanılması ve kontrol devresi gerektirmemesi nedeni ile arıza olasılığını ve kayıpları azaltılır.
- DC gerilimdeki dalgalılık kontrollü doğrultuculara göre daha azdır. Filtre için daha düşük kondansatör değerleri yeterli olmaktadır.
- Devrenin boyutları ve maliyeti düşüktür, güvenilirliği yüksektir.

Kontrolsüz Doğrultucuların Dezavantajları;

- Filtre kondansatörünün başlangıçta boş olması ve gerilimin yavaş yükselmesini sağlayan bir yapısı olmaması nedeni ile başlangıç akımları yüksektir. Başlangıç akımını sınırlamak için önlem alınmazsa devre elemanları ve şebeke hattı zarar görebilir.
- Çıkış geriliminin kontrolsüz olması nedeniyle doğrultucu çıkışından beslenen inverterin giriş gerilim aralığının geniş tasarlanması gerekmektedir.
- Sabit gerilim ve akım kontrolü yapılamadığından akü grubunun şarj edilmesi için uygun değildir.

3.1.1.2 Kontrollü Köprü Doğrultucular

Bu tip doğrultucular kontrolsüz doğrultucudaki diyotlar yerine genellikle tristör (SCR) veya IGBT kullanılarak tasarlanır. Tristör veya transistörün tetikleme açısı belirlenerek çıkış DC gerilim değeri ayarlanabilir. Çalışma ilkeleri kontrolsüz doğrultucu gibidir. Tristörlerin

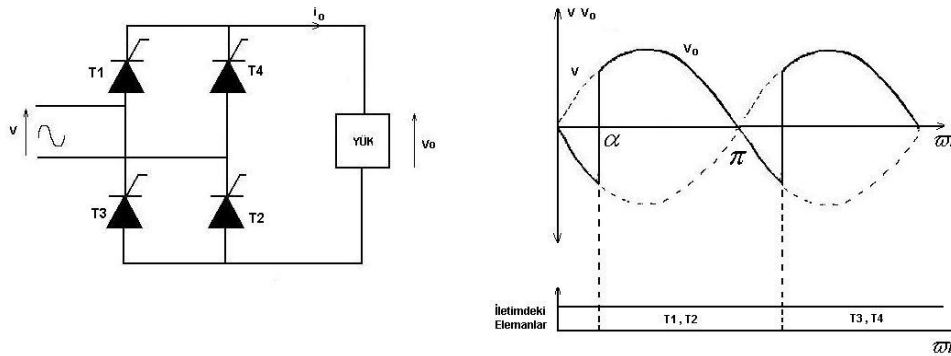
ilettime geçebilmesi için kapısından tetikleme işareti alması gerekir. Tetikleme işaretinin doğal iletim noktasından α kadar gecikme ile verilmesi, doğrultulan gerilimin azaltılmasını sağlar. $\alpha = \pi/2$ durumunda ortalama doğru gerilim sıfır olur. $\alpha > \pi/2$ olduğunda doğru gerilim yön değiştirir. Akımın yönü aynı kalıp gerilimin yön değiştirmesi ise bunların çarpımı olan gücün yön değiştirmesi sonucunu doğurur. Bu çalışma şekli evirme olarak tanımlanır. Bu doğrultucular KKG'lerde genellikle üç fazlı sistemlerde kullanılsa da uygulamada tek fazlı örnekleri de vardır.

Tek fazlı kontrollü köprü doğrultucular olarak bilinen sistemin devre şeması ve çıkış gerilimi Şekil 3.5'te gösterilmiştir. Bu sistemin ortalama çıkış gerilimi;

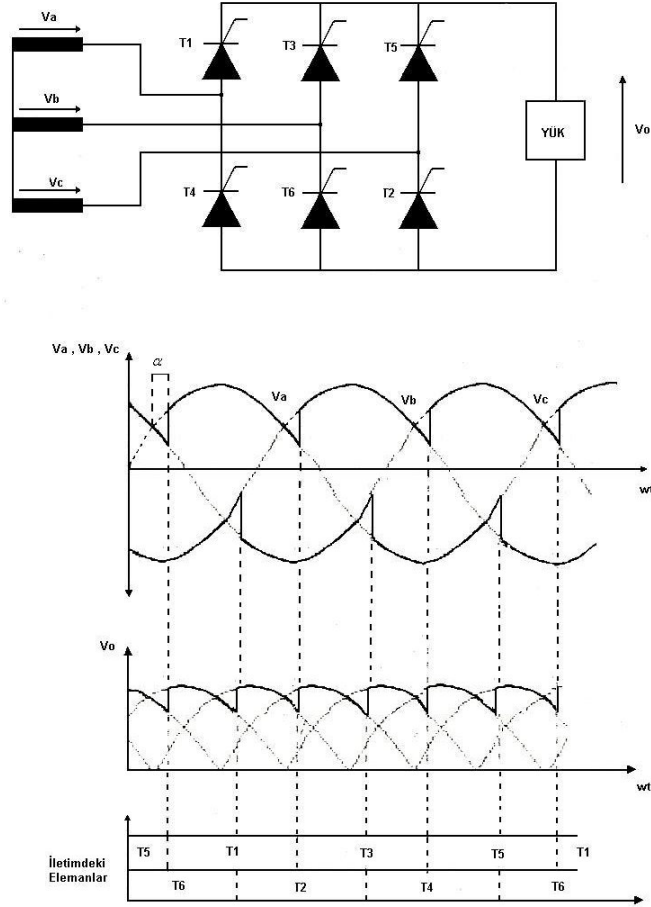
$$V_{do\alpha} = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\alpha+\pi} \sqrt{2} \cdot V \sin \omega t d(\omega t) = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cdot V \cos \alpha \quad (3.11)$$

olarak bulunur.

Üç fazlı kontrollü köprü doğrultucu olarak da bilinen bu tür bir tristörlü doğrultucu devresi Şekil 3.6'da gösterilmiştir. Endüstriyel uygulamalarda en yaygın olarak kullanılan doğrultucu tipidir. Tristör ile modellenen bu tarz doğrultuculara rakip olarak son yıllarda IGBT'li doğrultucular kullanılmaya başlanmıştır. Girişteki akım THD değerlerinin ve güç faktörünün tristörlü modellere göre daha iyi olması IGBT doğrultucuların tercih edilmesini sağlamaktadır.



Şekil 3.5 İki darbeli kontrollü köprü doğrultucu devresi ve çıkış dalga şekli



Şekil 3.6 Altı darbeleri kontrollü köprü doğrultucu devresi ve çıkış dalga şekli

Üç fazlı tristör kontrollü köprü doğrultucu çıkış gerilimi;

$$V_{do\alpha} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} \cdot V \cos \alpha \quad (3.12)$$

veya fazlar arası gerilimin etkin değerini kullanarak

$$V_{do\alpha} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} \cdot V_{F-F} \cos \alpha \quad (3.13)$$

olarak elde edilir.

Kontrollü Doğrultucuların Avantajları;

- Giriş akımı, DC çıkış gerilimi ve yük akımı değerleri bir kontrol devresi ile istenilen değerlerde tutulabilir.
- Devrenin çıkış geriliminin sıfırdan maksimuma yükselme süresi kontrol devresi ile ayarlanabileceğinden başlangıçta şebekeden çekeceği akım sınırlandırılabilir.
- Çıkış gerilimi ve akımı istenilen değerlerde sınırlandırılabilmesi için hem eviricide, hemde akü grubunun şarj edilmesinde kullanılabilir.

Kontrollü Doğrultucuların Dezavantajları;

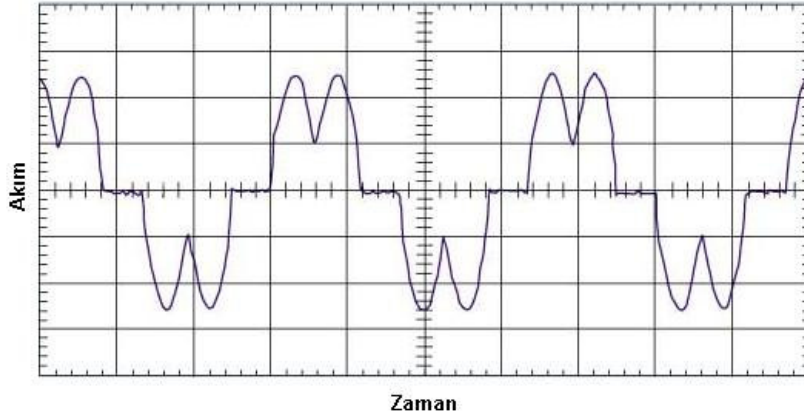
- Kontrolsüz doğrultucuya göre daha fazla elemanla elde edildiği için boyutları ve maliyeti yüksektir.
- Çıkış gerilimi kontrolsüz doğrultucuya göre daha dalgalı olduğu için filtre kondansatörünün değeri daha yüksek seçilmelidir.

3.1.2 Kesintisiz Güç Kaynaklarında Kullanılan Doğrultucuların Karşılaştırması

Günümüzde bir fazlı KGK'larda genellikle diyot köprüsünden oluşan iki darbeli kontrolsüz tip doğrultucular kullanılmaktadır. Üç fazlı sistemlerde ise kontrolsüz tip doğrultucular kullanıldığı gibi tristör veya IGBT köprülü kontrollü tip doğrultucular daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu bölümde 6–12–18 darbe doğrultuculu ve IGBT ile tasarlanan redresörler ayrıntılı bir şekilde karşılaştırılacaktır. Doğrultucular yapılarından dolayı şebekeye akım harmoniği yayarlar. Farklı yapılar için giriş akım harmonikleri ve giriş güç faktörleri karşılaştırılacaktır.

3.1.2.1 Altı Darbeli Doğrultucular

6 darbe doğrultuculu KGK'ların şebekeye bastığı toplam harmonik akım bozulması (THID) kaynak empedansının boyutuna ve DC hat endüktansına bağlı olmakla yaklaşık olarak %30–50 mertebelerindedir. Bu bozulma seviyesi, şebeke geriliminin ideal olması; yani faz gerilimleri eşit genlikte ve her biri arasında 120° faz farkı olması esasına dayanır. 6 darbeli bir doğrultucu için normal akım iletim periyodu 120 derecedir. Bu açı, örnek olarak A faz akımı için V_c 'den V_a 'ya ve V_a 'dan V_b 'ye faz gerilimlerinin geçiş noktaları vasıtasıyla belirlenir. A faz gerilimi için geçiş noktaları tipik olarak 30 ila 150 derecedir. Bu doğrultma işlemi esnasında 6 darbeli doğrultucunun şebekeden çektiği akım dalga şekli Şekil 3.7'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7 6 Darbeli doğrultucunun şebekeden çektiği akım dalga şekli

Doğrultucular tarafından çekilen karakteristik harmonik akımları darbeli sayısı ile ilişkilidir. Aşağıdaki denklem “p” darbeli doğrultucunun harmonik akımlarını göstermektedir.

$$h = p \cdot n \pm 1 \quad (3.14)$$

h : harmonik numarası

p : Doğrultucuların darbeli sayısı

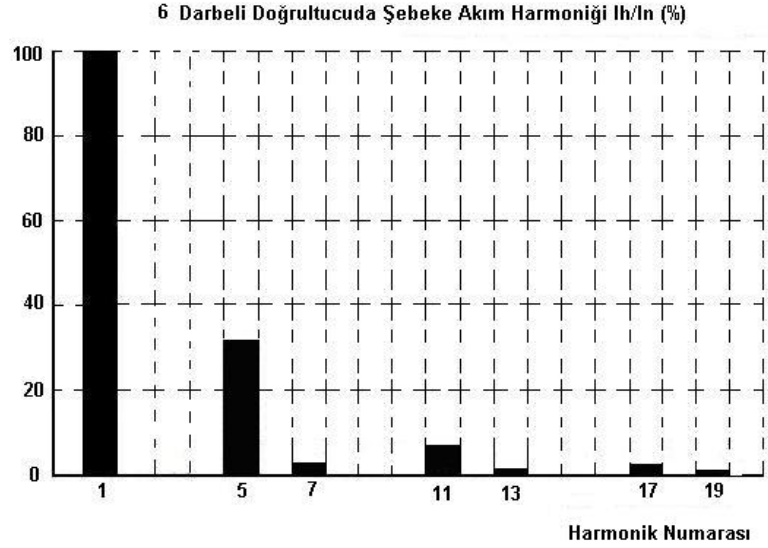
n : 1,2,3 değeri alan tam sayılar

Bu formüle göre KGG’larda kullanılan 6 darbeli doğrultucunun harmonik akımlarının sıralaması 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 25, ... şeklinde olacaktır. Harmonik akımlarının genlikleri teorik olarak harmonik sıra numarasının tersidir. Yani 5. harmoniğin %20 si, 7. harmoniğin %14 ü, 11. harmoniğin %9 u. Bu teorik olarak harmonik akım seviyeleri şebekeden çekilen dikdörtgen akım dalgasına dayanır. Şekil 3.8’de 6 darbeli doğrultucunun şebeke akım harmoniği görülmektedir.

Özetlenecek olursa 6 darbeli doğrultucularda;

Giriş güç faktörü $Pf = 0,75 - 0,8$

Giriş akım $THD \cong \%30 - 35$



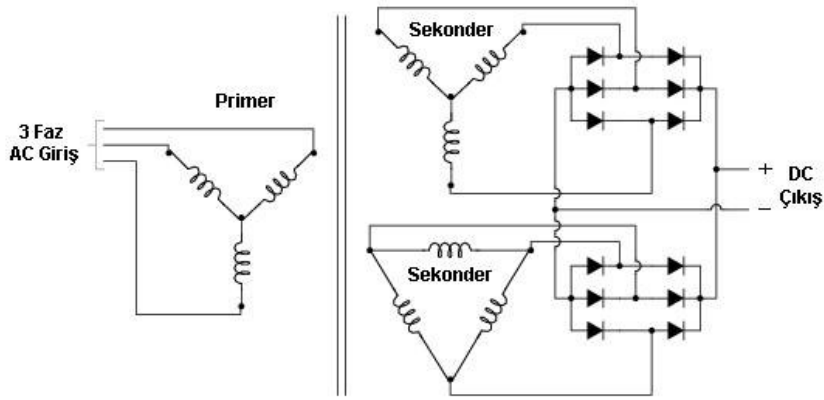
Şekil 3.8 6 Darbe doğrultucunun şebeke akım harmoniği

3.1.2.2 Oniki Darbeli Doğrultucular

12 darbeli doğrultucular genellikle harmonik akım distorsiyonlarını azaltmadaki teorik yeteneklerinden dolayı kullanılır. 1960'ların ortalarında güç yarı iletkenleri sadece sınırlı kapasitelerde mevcut iken, 12 darbeli doğrultucular güç yarı iletkenlerinin direkt paralel bağlanmalarına göre daha yüksek akım oranlarını gerçekleştirmede basit ve daha etkili bir yaklaşım sağlıyordu. Bu teknik bugün hala doğrultucu uygulamalarında kullanılmaktadır. 12 darbeli doğrultucunun tipik bir hali Şekil3.9'da görülmektedir.

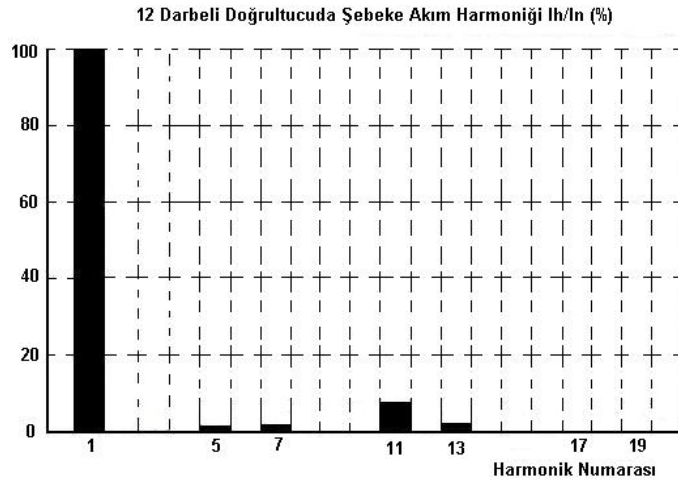
Doğrultucu giriş devresi birbirine paralel çalışan 30 derecelik faz farkı olan iki 6 darbeli doğrultucudan oluşmaktadır. Şekil 3.9'daki devre basitçe primer yıldız, birinci sekonder sargısı yıldız ve gerekli faz kaymasını elde etmek için ikinci sekonder sargısı üçgen bağlı bir izolasyon trafosu kullanır.

Fazlar arası şok bobini anlık doğrultucu çıkış gerilimlerindeki farklılığı desteklemek ve her bir doğrultucunun bağımsız olarak çalışmasına izin vermek için kullanılır. Çünkü her bir doğrultucunun anlık çıkışı eşit değildir. Trafodaki primer akımı her bir 6 darbeli doğrultucu akım toplamı veya 12 darbeli dalga biçimidir.



Şekil 3.9 12 Darbe doğrultucu devre şeması

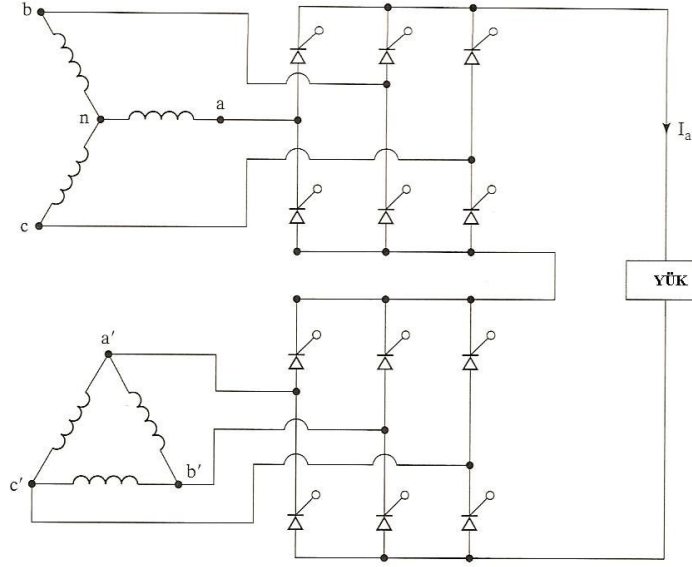
12 darbeleri sistem için, giriş akımı 11,13, 23, 25, 35, 37 temel frekansların katlarında harmonik bileşenlere sahip olacaklardır. 5. ve 7. harmonik 12 darbeleri sistemde mevcut değildir. Her bir harmoniğin genliği, harmonik numarası ile ters orantılı olduğundan 12 darbeleri sistemi daha az bir teorik harmonik akım distorsiyonuna sahiptir.



Şekil 3.10 12 Darbeleri doğrultucu şebeke akım harmoniği

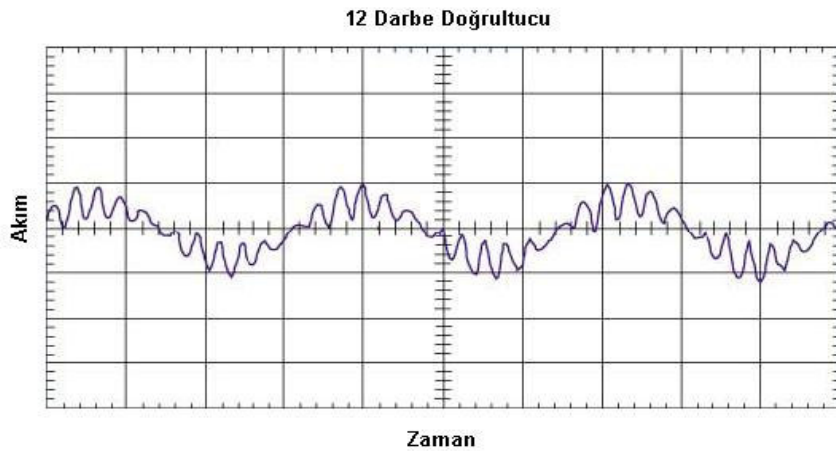
Şekil 3.9'da görülen devredeki problem, iki doğrultucu harmoniklerdeki azalmayı sağlamak için akımı paylaşmalıydılar. Bu durum trafonun iki sekonder sargısının çıkış geriliminin tamamen eşit olmasını gerektirir. Trafonun sekonder empedansı ve açık devre çıkış gerilimindeki farklılıklar nedeniyle bu durum pratik olarak belirlenen bir yükte (tipik olarak nominal yükte) gerçekleştirilebilir ve yük değişimlerinde gerçekleştirilemez. Bu özellik

paralel 12 darbeleri konfigürasyonunun en önemli problemi. Ayrıca 12 darbeleri bir sistem, seri bağlı iki 6 darbeleri sistemden oluşturulabilir. Bu konfigürasyonda her biri DC gerilimin yarısını üreten iki 6 darbeleri doğrultucu seri bağlıdır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 12 Darbeleri doğrultucunun seri bağlantı devresi

Bu bağlantıda akı paylaşma ile ilgili problem ortadan kalkar ve fazlar arası bir reaktör gerektirmez. Yüksek akımlı uygulamalardan ziyade harmonikli uygulamalar için bu çözüm paralel bağlantıyı uygulamaktan daha basittir. 12 darbeleri doğrultucunun şebekeden çektiği akım dalga şekli Şekil 3.12'de gösterilmiştir.



Şekil 3.12 12 Darbeleri doğrultucunun şebekeden çektiği akım dalga şekli

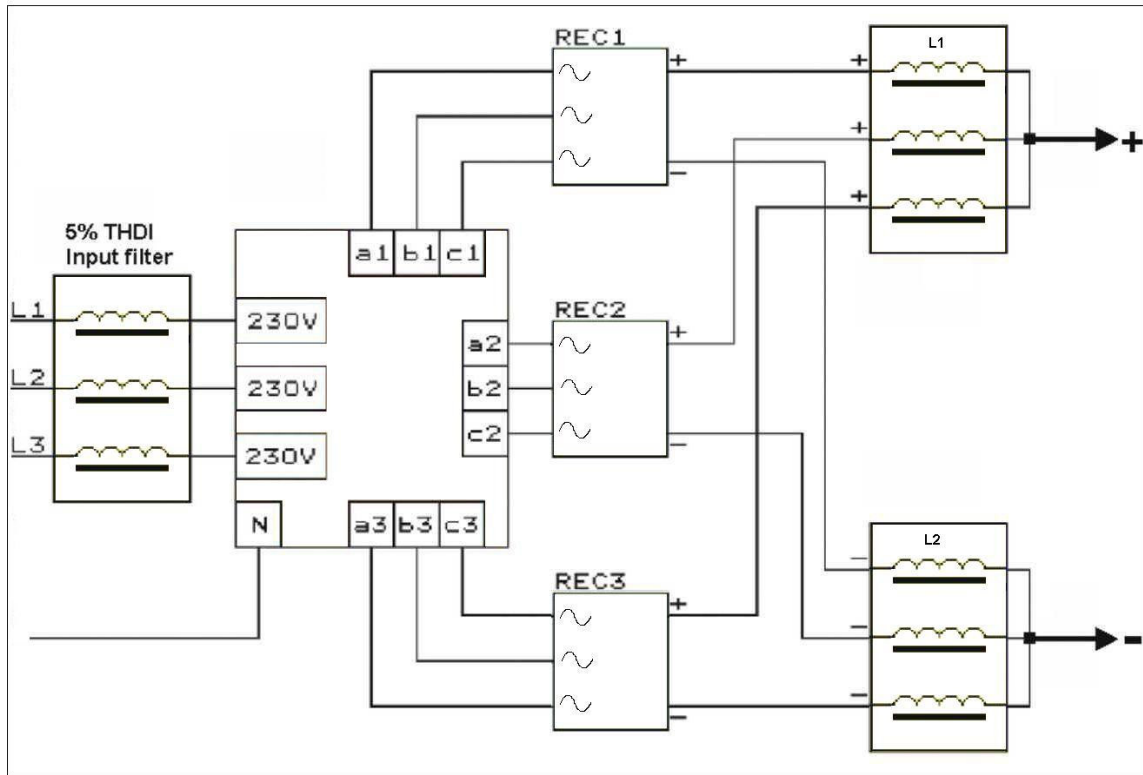
Özetlenecek olursa 12 darbeli doğrultuculara;

Giriş güç faktörü $Pf = 0,8 - 0,85$

Giriş akım $THD \leq 12$

3.1.2.3 Onsekiz Darbeli Doğrultucular

18 darbeli doğrultucular KGK girişindeki akım harmoniklerini azaltmak ve güç faktörünü iyileştirmek amacıyla tasarlanır. Doğrultucu giriş devresi birbirine paralel çalışan 20 derecelik faz farkı olan üç adet 6 darbeli kontrolsüz doğrultucudan oluşmaktadır. 20 derecelik faz farkı girişte kullanılan ekstra trafo ile sağlanır. Her bir doğrultucunun negatif ve pozitif çıkışları L1 ve L2 ile sembolize edilen arafaz trafosuna (IPT) bağlanarak doğrultucuların çıkışındaki gerilim farklılıkları absorbe edilir. 18 darbe doğrultuculu sistemin blok diyagramı Şekil 3.13'de gösterilmiştir. İyi regüle edilmiş DC gerilim ile akü grubu şarj edilir. Girişte kullanılan şok trafolarıyla giriş akım harmonikleri (THD_i) %5'in altına çekilir ve giriş güç faktörü (PF) %96 ve üzeri bir değer alır. Çizelge 3.1'de 18 darbeli bir doğrultucunun giriş akım harmonik ve güç faktörü değerleri çeşitli yüklere göre gösterilmiştir.



Şekil 3.13 18 Darbe doğrultucu devre şeması

Çizelge 3.1 18 Darbe doğrultuculu KGK'nın giriş güç faktörü ve akım harmoniği değerleri

I/P PF	L1	L2	L3
I/P PF %100 yükte	0,97	0,96	0,96
I/P PF %50 yükte	0,97	0,97	0,98
I/P PF %25 yükte	0,97	0,96	0,98
I/P THDI	L1	L2	L3
I/P THDI %100 yükte	%3,5	%3,7	%4
I/P THDI %50 yükte	%6	%6	%6,4
I/P THDI %25 yükte	%7,4	%10,1	%9

Özetlenecek olursa 18 darbeleri doğrultucularda;

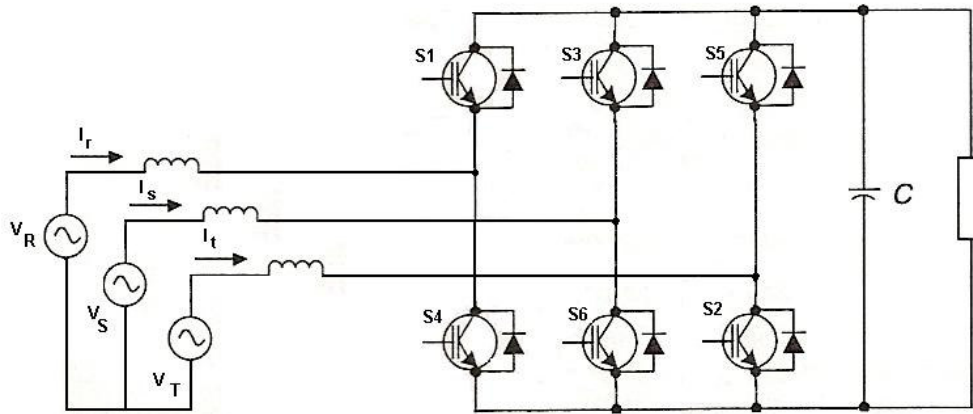
Giriş güç faktörü $Pf > 0,98$

Giriş akım $THD \leq 11$

İlave Giriş Şoku İle Giriş akım $THD \leq 5$

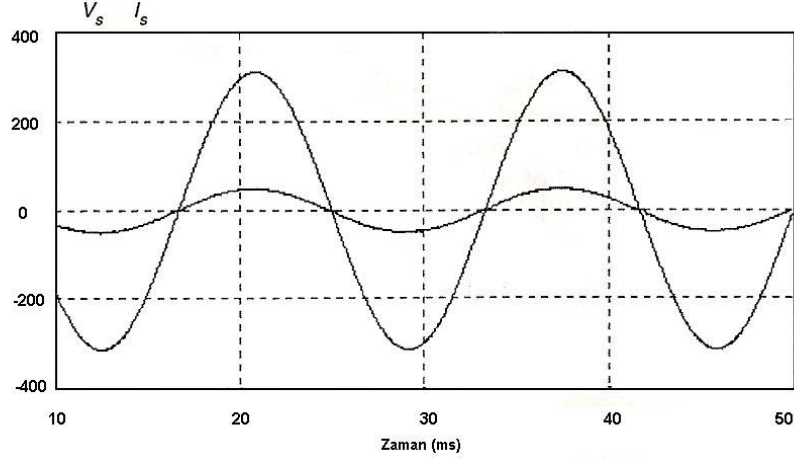
3.1.2.4 IGBT Doğrultucular

Bir diğer doğrultucu modeli ise teknolojik olarak en son yıllarda geliştirilen IGBT doğrultuculardır. Doğrultucuların şebekeye yaymakta olduğu akım harmoniği problemini en aza indirecek bu yeni tasarım doğrultucular giderek 6 ve 12 darbe doğrultuculu cihazların yerini alacaklardır. IGBT doğrultuculu cihaza ait devre Şekil 3.14'de gösterilmiştir.



Şekil 3.14 IGBT doğrultucu devre şeması

Üç faz AC gerilimden DC gerilime boost (artıran) doğrultuculardır. Bu konverterler, 6 adet IGBT anahtardan oluşur. Endüktans ve kapasitörler yüksek frekans anahtarlama frekanslarını süzerler ve düşük frekans AC elemanların dalga biçimleri üzerinde küçük bir etkiye sahiptirler. Her fazın anahtarları, ya ortalama akım kontrolünü kullanan kontrolör düzeneğini çoğaltarak ya da diğer birkaç yaklaşımla giriş direnç benzeşimi elde etmek için kontrol edilir.



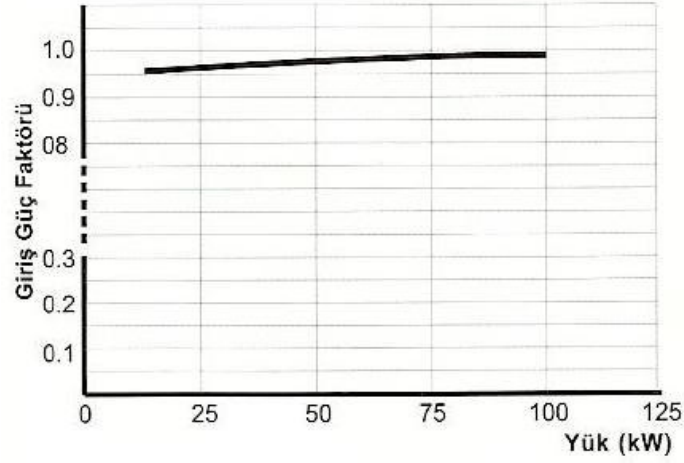
Şekil 3.15 IGBT doğrultucunun şebekeden çektiği akım ve gerilim dalga şekli

Bozulmamış hat akım dalga biçimleri elde etmek için, DC çıkış gerilimi (V) giriş faz-faz geriliminin pik değerine eşit veya daha büyük olmalıdır. Tipik bir uygulamada, DC çıkış gerilimi giriş faz-faz geriliminin pik değerinden biraz fazla olmalıdır. Bu konverter, konverterin doğrultucu olarak çalıştırılması durumu dışında iyi bilinen gerilim kaynak inverterine benzer ve yüksek frekans darbe genişlik modülasyonu vasıtasıyla kontrol edilir. Şekil 3.15'te IGBT doğrultucunun şebekeden çektiği akım ve gerilim dalga şekli verilmiştir.

Özetlenecek olursa IGBT doğrultucularda;

Giriş güç faktörü $Pf \geq 0,99$

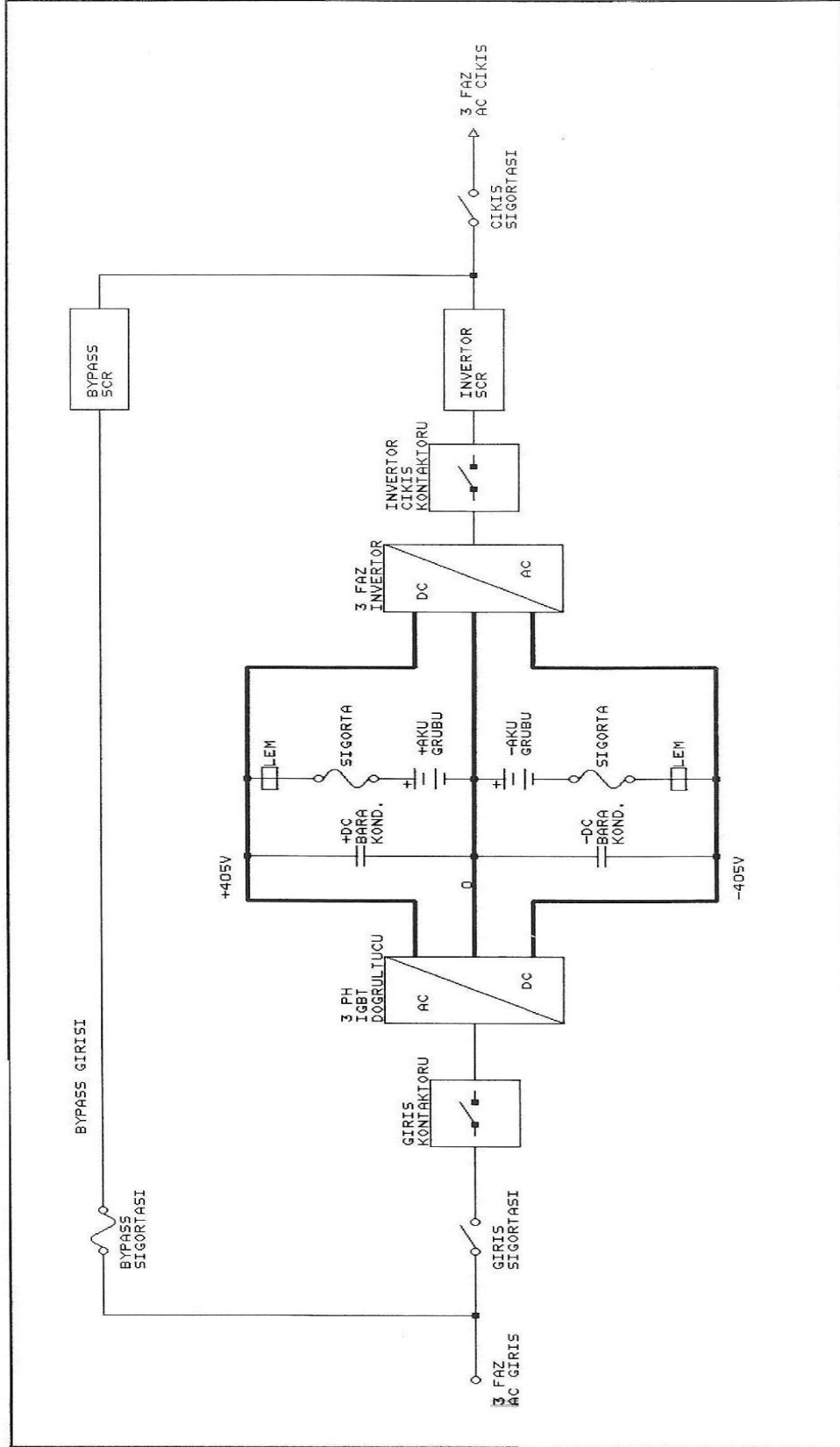
Giriş akım $THD \leq 5$



Şekil 3.16 IGBT doğrultucu giriş güç faktörü değişim grafiği

Çizelge 3.2 Kesintisiz güç kaynaklarında doğrultucu tiplerine göre şebekeye yayılan akım harmonik değerleri

Harmonik	IEC61000-3-4standartları	IGBT Doğrultuculu	12 darbeli Doğrultuculu	6 darbeli Doğrultuculu
5	10,7%	1,2%	0,4%	28%
7	7,2%	0,8%	0,7%	8%
11	3,1%	0,3%	9%	7%
13	2%	0,5%	6%	5%
17	1,2%	0,4%	1%	4,7%
19	1,1%	0,2%	1%	2%
23	0,9%	0,3%	3,2%	3,2%
25	0,8%	0,4%	2,4%	3%
THD	<8%	2,3%	12%	32%

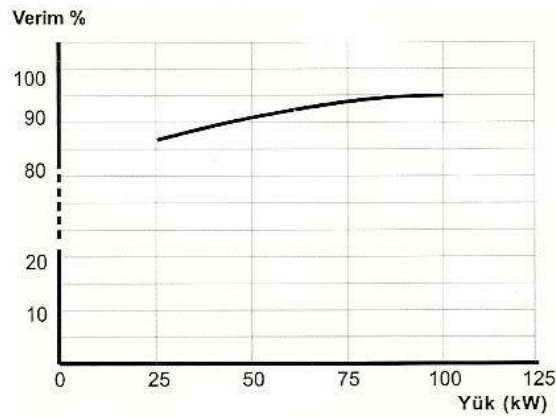


Şekil 3.17 IGBT doğrultuculu 3F/3F kesintisiz güç kaynağı blok diyagramı

IGBT Doğrultuculu KGK'ların kontrol kartı girişte 3-faz IGBT'li doğrultucunun kontrolünde kullanılır. UPS girişinde IGBT doğrultucu kullanılmasının nedeni giriş güç faktörünün artırılması (tam yükte > 0.99) ve giriş akım distorsiyonunun azaltılmasıdır. ($\leq 5\%$) Kontrol kartının başlıca görevleri;

- IGBT doğrultucuya gelen AC giriş gerilim örneğini alarak, giriş güç faktörünü düzeltecek ve akım distorsiyonunu azaltacak şekilde Darbe Genişlik Modülasyonlu (PWM) IGBT sürme sinyallerini her faz için ayrı ayrı olmak üzere üretir.
- IGBT doğrultucu çıkışındaki DC bara kondansatörleri üzerinden pozitif ve negatif doğrultucu çıkış gerilimlerini izleyerek kullanılan akü sayısına uygun olarak bu gerilimleri sabit tutacak şekilde sürme sinyal darbe genişliklerini ayarlamak. (Standart seride pozitif ve negatif doğrultucu çıkışlarına paralel olarak bağlı 30'ar adet 12V akü vardır, bu durumda doğrultucu çıkış gerilimleri $\pm 405\text{VDC}$ olarak ayarlanmalıdır.)
- IGBT Doğrultucu çıkışına bağlı olan "+" ve "-" akü gruplarının kapasitesine uygun akımlarla şarj edilmesi için akım sınırlaması yapmak. (Akü kapasitesine uygun olarak "+" ve "-" akü şarj akımları ayrı ayrı ayarlanabilir). Normal çalışmada IGBT doğrultucu hem invertörü beslemekte hem de çıkışlarına paralel bağlı olan aküleri şarj etmektedir. Kontrol kartı akülere giden şarj akımını sınırlayacak şekilde doğrultucu çıkış gerilimini düşürmektedir. Ayrıca AC girişlerden çekilen akımlar da doğrultucunun beslediği invertörün gücüne uygun şekilde sınırlanmaktadır.

Mikroişlemciyle gerçekleştirilen kontrolün yardımıyla IGBT'li doğrultucu, giriş güç faktörünün 1 olmasını sağlamaktadır. Böylece girişten çekilen akım 6 ve 12 darbeleri doğrultuculara göre daha düşük değerlerdedir.



Şekil 3.18 IGBT doğrultuculu kesintisiz güç kaynaklarının verim grafiği

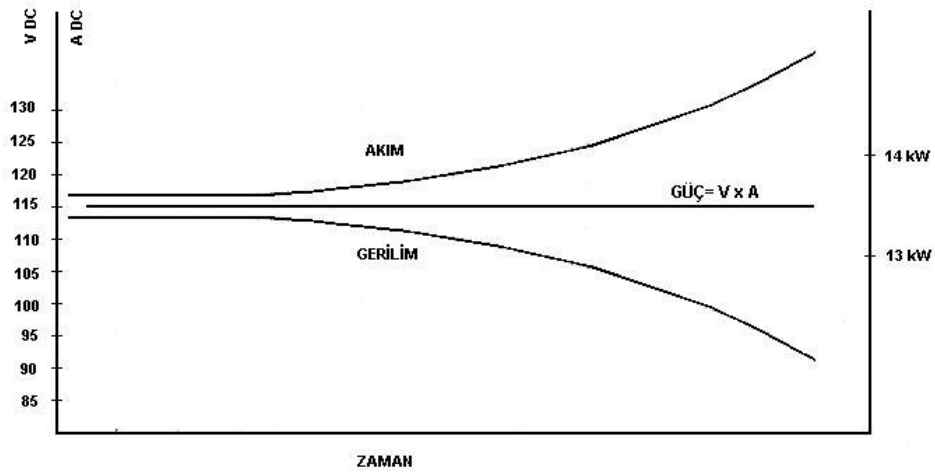
Giriş akımının düşük olması kullanılan kabloların daha küçük kesitlerde ve kullanılan şalterlerin nominal değerlerinin daha düşük olmasına olanak sağlar.

Tüm bunlar kullanıcıya maliyet avantajı getirecektir. Bir diğer avantajı ise çoğunlukla trafosuz tasarlanmasından dolayı verimi 6 ve 12 darbeli sistemlere göre daha yüksektir. Şekil 3.18'de IGBT doğrultuculu KGK'ların verimi görülmektedir.

3.2 Akümülatör Ünitesi

Akümlatör şarj esnasında elektriksel enerjiyi kimyasal enerjiye ve deşarj anında ise kimyasal enerjiyi elektriksel enerjiye çeviren ve elektrik akımını depo eden elektrokimyasal bir cihazdır. İlk akümülatör, 1985 yılında sulandırılmış sülfürik asit içerisinde iki adet saf kurşundan yapılmış plaka batırılarak tek yönde üzerinden akım geçirilerek yapılmıştır.

KGK'larda elektrik enerjisini depolayarak şebeke gerilimi kesildiği anda inverter ünitesinin ihtiyaç duyduğu DC gerilimi sağlayan bölümdür. Genellikle 12V veya 6V'luk aküler kullanılır. KGK'ların DC beslenme gerilimleri akülerin seri olarak birbirine bağlanmasıyla elde edilir. Şebeke geriliminin kesilmesinden sonra KGK'nın çalışma süresi akülerin adetleri ve kapasiteleri ile belirlenir.



Şekil 3.19 Sabit güç ile akü deşarjı

On-line KGK şarj ünitesinin ürettiği DC gerilimin filtrelenmesi işlevini de yerine getirirler. Bu yüzden Online KGK'lar şebeke kesildiğinde aküsüz çalıştırılmazlar. Eğer böyle bir çalışma isteniyorsa şarj ünitesi filtrelerinin arttırılması gerekir.

Akülerde iki tip verimden bahsedilebilir;

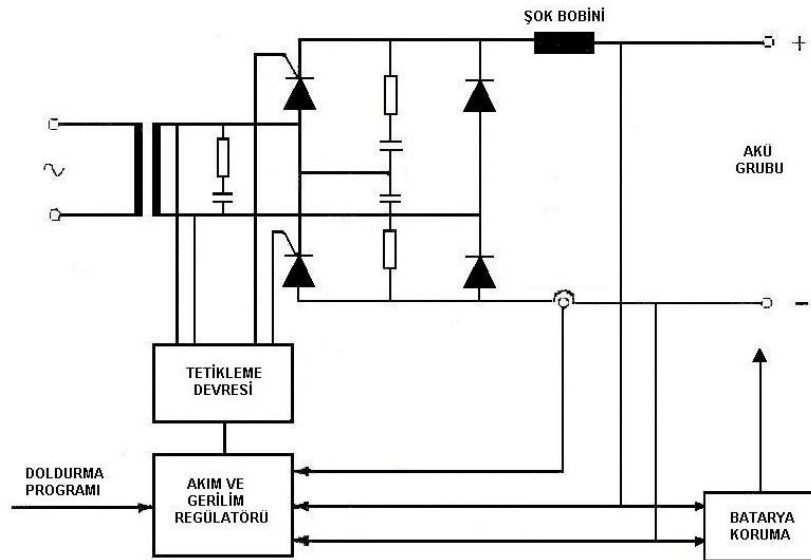
Kapasitif Verim: Deşarjda verdiği elektrik yükü miktarının şarjda aldığı elektrik yükü miktarına oranıdır.

Enerji Verimi: Sanayide ençok kullanılan verim ifadesidir. Deşarjda verdiği elektrik enerjisinin şarjda aldığı elektrik enerjisine oranıdır.

Akümülatörlerin doldurulması sırasında aşığıda belirtilen noktalar göz önünde bulundurulmalıdır

1. Boşaltılmış bir akünün uç gerilimi düşmüş olacağından şarj akımı başlangıçta yüksek olacaktır.
2. Akümülatör doldukça uç gerilimi yükseleceğinden şarj akımı azalacaktır.
3. Akümülatör dolu bile olsa bu durumunu korumak için küçük değerde bir akıma ihtiyaç duyacaktır.
4. Bir akümülatör sürekli olarak dolu tutuluyorsa, uç değerinin hangi değerde korunduğu akümülatörün ömrünü etkiler.
5. Doldurma düzeneğinde akım dalgalanmaları mümkün merteye düşük düzeyde tutulmalıdır.

Bataryalar normal koşullar altında anma kapasitelerine oranla oldukça düşük bir akımla ve uzun zamanda doldurulduğundan genelde büyük güçlere gerek duyulmaz. Örneğin 100 Ah kapasiteli bir akünün 10 A' lik akımla 10 saatte doldurulması uygundur.



Şekil 3.20 Yarı denetimli örnek akü şarj düzeneği

Ayrıca akümülatör doldurma düzeneklerinde yarım denetimli kaynaklar kullanılabilir. Batarya doldurma düzeneklerinin tasarımında başka bir noktada akım dalgalanması için öngörülen sınırlamadır. Devrenin çıkışında yük olarak akü grubu olacağından akımın dalgalılığı geriliminkine göre çok daha büyüktür. Akımdaki dalgalılığı en aza indirmek için çıkışa seri bir endüktans bağlanır. Çok fazlı kaynaktan beslemede dalgalanmayı azaltır. Şekil 3.20’de tek fazlı basit bir akü şarj devresi verilmiştir.

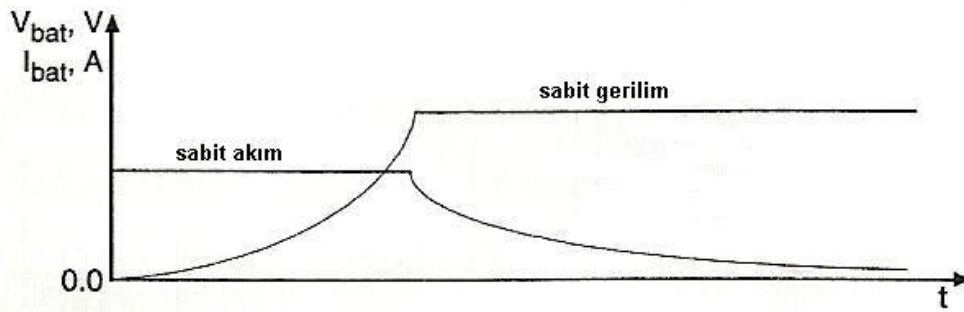
3.2.1 Kesintisiz Güç Kaynaklarında Kullanılan Akü Çeşitleri

Genel olarak KGK’larda iki tip aküden bahsetmek mümkündür.

- Kurşun asit aküler
- Nikel- kadmiyum aküler

3.2.1.1 Kurşun Asit Aküler (Valve Regulated Lead Acid – VRLA)

Kurşun asit aküler gerilimlerine göre çeşitli sayılarda hücrelerden oluşmakta her hücre kurşun elektrolitleri içermektedir. Kurşun asit aküler, sabit gerilim ve sabit akım metodu ile şarj edilir. Deşarj olmuş bir akünün şarjı esnasında sabit akım prensibi uygulanır. Bu sırada V terminal voltajı yavaş yavaş artar. Belli bir süre şarjdan sonra terminal V voltajı hızlıca artmaya başlar. Keskin artış, gazlanma konumunda oluşur. Bu gazlanma hali, elektrolitleri içeren suyun elektrolizinden kaynaklanır. Bu esnada sabit akım ile şarja son verilerek sabit gerilim ile şarj işlemi devam ettirilir. Şekil 3.21’de sabit akım ve sabit gerilim şarj grafiği verilmiştir.



Şekil 3.21 VRLA tip akülerin şarj grafiği

Elektroliz, pozitif plakada O_2 gazının, negatif plakada H_2 gazının oluşmasına sebep olur.

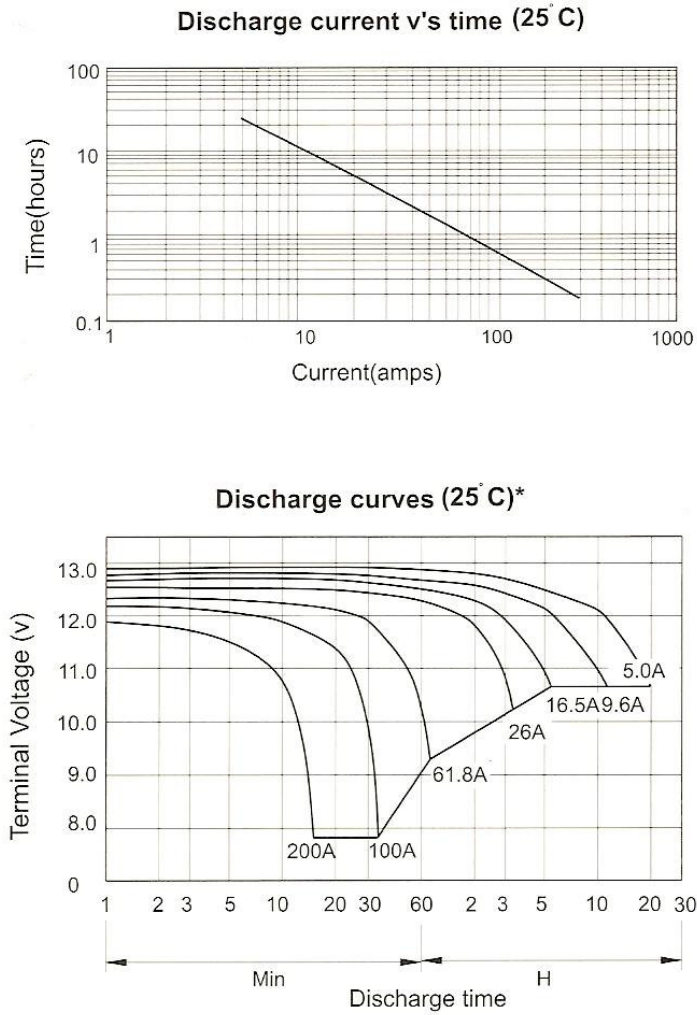
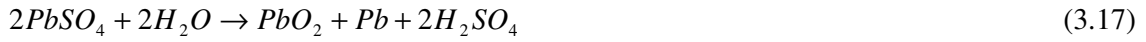


Bu süre içinde gaz basıncını azaltmak için kataliz işlemi uygulanır. Yüksek gazlanma koşulları altında akü şarj olurken akünün gaz basıncı ve sıcaklığı artmaya devam eder. Oluşan bu sıcaklık ve gaz, akülerin ömrünü azaltır ve hatta patlama tehlikesine sebep olurlar. Gaz halindeki terminal voltajı akü tipine bağlı olarak değişir. Bu değer, kurşun asit akü için (12 V -6 hücreli) 13,6 V 'tur.

Kurşun asitli akülerin deşarj anı kimyasal reaksiyonu şu şekildedir;



Şarj esnasındaki kimyasal reaksiyon ise deşarj denkleminin (3.16) tersidir.



Şekil 3.22 100Ah VRLA akünün deşarj akım ve deşarj eğrileri

Şekil 3.22’de örnek olarak kurşun asitli 100Ah’lık tam bakımsız kuru tip akünün zamana göre deşarj akımları ve çekilen çeşitli akımlara göre deşarj gerilim eğrileri verilmiştir.

Örnek:

Akü besleme süresine göre akü grubu seçimi şu şekilde yapılmaktadır;

KGK Çıkışında Kullanılan Güç	: 75kVA
KGK Çıkış Güç Faktörü	: 0.8
İnverter Verimi	: 0,93
Akü Sayısı	: 30
İstenilen Akü Besleme Süresi	: 10dk

$$kWb = \frac{75000 \times 0.8}{0.93} = 64.516$$

$$\text{Akü Başına Düşen Güç} = \frac{64.516}{30} = 2.150W$$

Akü başına düşen güç değeri Çizelge 3.3’deki 10dk kolonuna bakılarak 100 Ah’lık akü ile eşleştiği görülmektedir. KGK çıkışında beslenen 75kVA’lık güç 30 adet 12V-100Ah akü grubuyla herhangi bir kesinti anında 10dk süreyle çıkışındaki kritik yükü besleyecektir. KGK’larda genellikle 12 Voltluk aküler kullanılmaktadır. Akü grubundaki herbir akü 13,5 Volt şarjda tutulur. Deşarj esnasında ise 10Volta kadar besleme yaparlar.

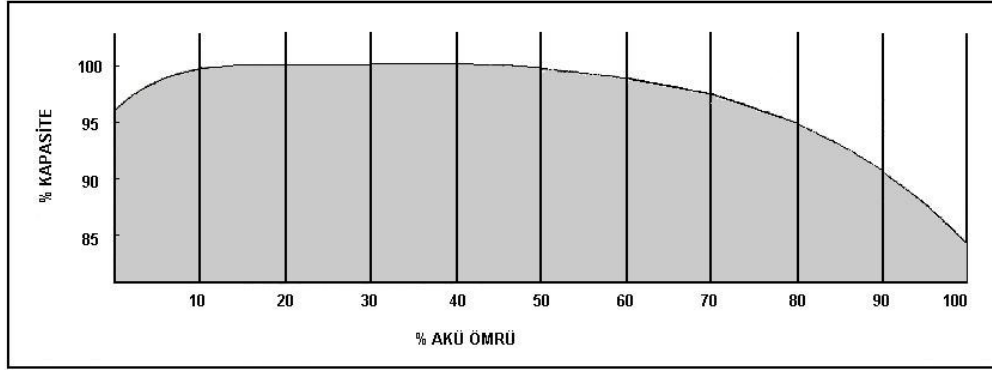
Çizelge 3.3 Değişik Ah değerlerindeki akülerin sabit güç altında akü başına düşen güce göre deşarj çizelgesi

25 °C Ortam Sıcaklığında Sabit Güç Altında Akü Deşarj Tablosu

Deşarj Sonu Gerilim : 1.70V/Hücre								
AH	5	10	15	30	60	3h	5h	10h
7 Ah	282	180	146	84,7	50,6	20,8	14,2	7,8
9 Ah	363	231	187	109	65	26,7	18,3	10
12 Ah	483	309	250	145	86,7	35,6	24,4	13,3
18 Ah	668	424	345	208	120	51,3	34,4	19,6
26 Ah	981	664	504	297	181	77,2	51,9	28,8
40 Ah	1257	862	696	448	276	120	85	48
65 Ah	2042	1400	1131	728	448	195	138	78
80 Ah	2514	1724	1391	896	552	240	170	96
100 Ah	3142	2150	1739	1120	689	300	213	120

Genellikle VRLA (Valve Regulated Lead Acid) akülerin kapasitesi, kullanım ömürlerinin ilk %5’i boyunca artan bir özellik gösterir. Bu ömrün %70’lik basamağına kadar %100 kapasite

devam eder. Kullanım ömrünün %80'inden sonra ise akü kapasitesi düşme eğilimi gösterir. Bundan sonra kalan süreçte akü kullanım ömrünü tamamlamış demektir. Şekil 3.23'de VRLA akülerin kapasite-ömür eğrisi verilmiştir. Doğal olarak, eğer aküden ömrünün sonunda %80 performansla 15 dakika besleme yapması isteniyorsa, normal kullanım süresi boyunca yitireceği kapasiteyi karşılamak üzere, başlangıçta daha büyük seçilmelidir.



Şekil 3.23 VRLA akü kapasitesi-ömür eğrisi

Akü ömrünü etkileyen en önemli parametre ise sıcaklıktır. Ayrıntılı testler göstermiştir ki çalışma ortam sıcaklığının arttığı her 5°C için akü ömrü %10 kısalmaktadır. Bu yüzden KGK akülerinin bulunacağı ortam sıcaklığının 20–25°C olması akülerin dizayn ömürlerine yakın kullanılmasını sağlayacaktır.

3.2.1.2 Nikel Kadmiyum Aküler

Nikel-Kadmiyum (NiCd) akümülatörler temelde iki tip olarak üretilirler. Birinci tip açık hücrelidir ve dik durumda çalıştırılabilir. Bunlar oldukça yüksek kapasitelidirler ve sularının tamamlanması için kapakları vardır. İkinci tip hücreler ise gaz sızdırmaz elemanlardır ve bakım gerektirmezler. Bundan dolayı bakımsız olan tipler sanayide ağırlıklı kullanılmaya başlanmıştır.

Nikel-kadmiyum akülerin şarjına yarayan çok sayıda devre tasarımı gösterilebilir. Bu devrelerde, akümülatörlerin otomatik olarak doldurulması amacıyla çok karmaşık ve pahalı düzeneklerin kullanılması yoluna gidilmektedir. Eğer devre aşırı basit olursa aküler kısa bir süre içinde, zarar göreceğ biçimde doldurulurlar. Bu özellik, modern elektronik düzenlerin beslenmesinde kullanılan kesintisiz güç kaynaklarındaki sürekli tampon çalışmada kalan akümülatörler için bir sorundur. Bu yüzden genelde otomatik Ni-Cd doldurucu devreleri

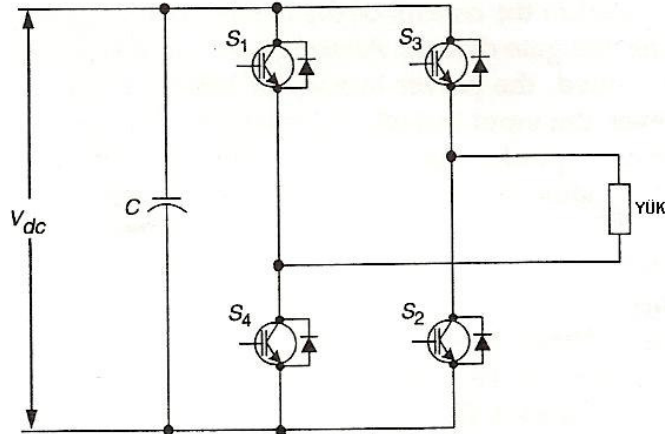
kullanılmaktadır.

Nikel kadmiyum aküler kurşun asit akülere göre sıcaklığa daha dayanıklıdır. Yüksek sıcaklıklarda akü ömürleri kurşun asitli akülerde hızlı bir şekilde azalırken nikel kadmiyum akülerde akü ömrü daha dayanıklı olmaktadır. Ama yine de kullanım ömrü ve fiyat performansı karşılaştırıldığında kurşun asitli aküler nikel kadmiyum akülere göre daha çok tercih edilmektedir.

3.3 İnverter Ünitesi

Kesintisiz güç kaynağında inverterin görevi; doğrultucudan veya akü grubundan gelen DC gerilimi, AC gerilime dönüştürmektir. Çıkışta elde edilen gerilim ve frekans değeri sabit veya değişken olabilir. Girişteki DC gerilim, değiştirilmek ve inverter kazancı sabit tutulmak suretiyle, değişken bir çıkış elde edilebilir. Diğer taraftan giriş geriliminin sabit olması halinde, inverter kazancı değiştirilmek suretiyle de değişken bir çıkış gerilimi elde edilebilir. İnverter kazancı çıkıştaki AC gerilimin girişteki DC gerilime oranı olarak tarif edilir.

Şekil 3.24'de tek fazlı tam köprü bir inverter bağlantı şeması verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi DC gerilim kaynağının orta uçlu olmasına gerek yoktur. S1 ve S2 transistörleri birlikte ilettime sokulduğunda, yükün uçlarında $+V_{dc}$ gerilimi oluşur. Diğer yarım periyotta bu kez S3 ve S4 birlikte ilettime geçirilirse, yük gerilimi yön değiştirerek $-V_{dc}$ 'ye eşit olur.



Şekil 3.24 Bir fazlı tam köprü inverter

S1 ve S3 iletimde, S2 ve S4 kesimde iken çıkış gerilimi 0'dır. Aynı şekilde S2 ve S4 iletimde, S1 ve S3 kesimde iken çıkış gerilimi 0 olmaktadır. Her güç yarı iletkenin belirli bir "İletimden Çıkma Zamanı" vardır. Bir eleman tamamen iletimden çıkmadan diğerinin ilettime geçirilmesi, kaynağın bu elemanlar üzerinden kısa devre olmasına neden olur. Güvenli bir

çalışma için elemanlardan biri iletimden çıkarıldıktan "ölü zaman" adı verilen belirli bir süre sonra, diğer elemana iletme geçme kumandası verilmelidir. Bu şartı sürme devrelerinin lojik yapısı mutlaka yerine getirilmelidir. Çıkışı kare dalga olan inverterin çıkış geriliminin efektif değeri

$$U_a = \sqrt{\frac{2}{T_a} \int_0^{T_a/2} U_{dc}^2 dt} = U_{dc} \quad (3.18)$$

Çıkış değerinin ani değeri Fourier serisine açılabilir.

$$U_a = U_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos n\omega t + b_n \sin n\omega t \quad (3.19)$$

Yarı dalga simetrisinden dolayı kosinüslü bileşenlerin genlikleri olan a_n sıfır olur.

$$b_n = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} U_d \sin n\omega t d\omega t \quad (3.20)$$

$$b_n = \frac{4}{\pi} \int_0^{\pi/2} U_d \sin n\omega t d\omega t \quad (3.21)$$

$n = 1,3,5$ için $b_n = \frac{4U_d}{n\pi}$ olacağından,

$$U_a = \sum_{n=1,2,3}^{\infty} \left(\frac{4U_d}{n\pi} \right) \sin n\omega t \quad (3.22)$$

elde edilir.

Filtresiz bir inverter çıkışında oluşacak toplam harmonik distorsiyon;

$$d = \frac{U_{nef}}{U_{ef}} \quad (3.23)$$

bağıntısıyla verilir. Kare dalga için $d = 0,435$ olarak elde edilir. (3.23) bağıntısındaki U_{ef} , harmonik distorsiyonu bulunacak alternatif büyüklüğün, başka bir deyişle çıkış dalgasının efektif değeri, U_{nef} ise aynı büyüklüğün temel bileşen dışındaki harmoniklerin toplam efektif değeridir. Toplam harmonik distorsiyonu % 44 mertebesinde olan bu dalgada (3.22) bağıntısına göre, çift harmonikler yok olmakta, sadece tek harmonikler bulunmaktadır. Temel bileşene en yakın harmonik ise 3. olup, bunun oluşturduğu distorsiyon,

$$d_3 = \frac{U_3}{U} = 0.30 \quad (3.24)$$

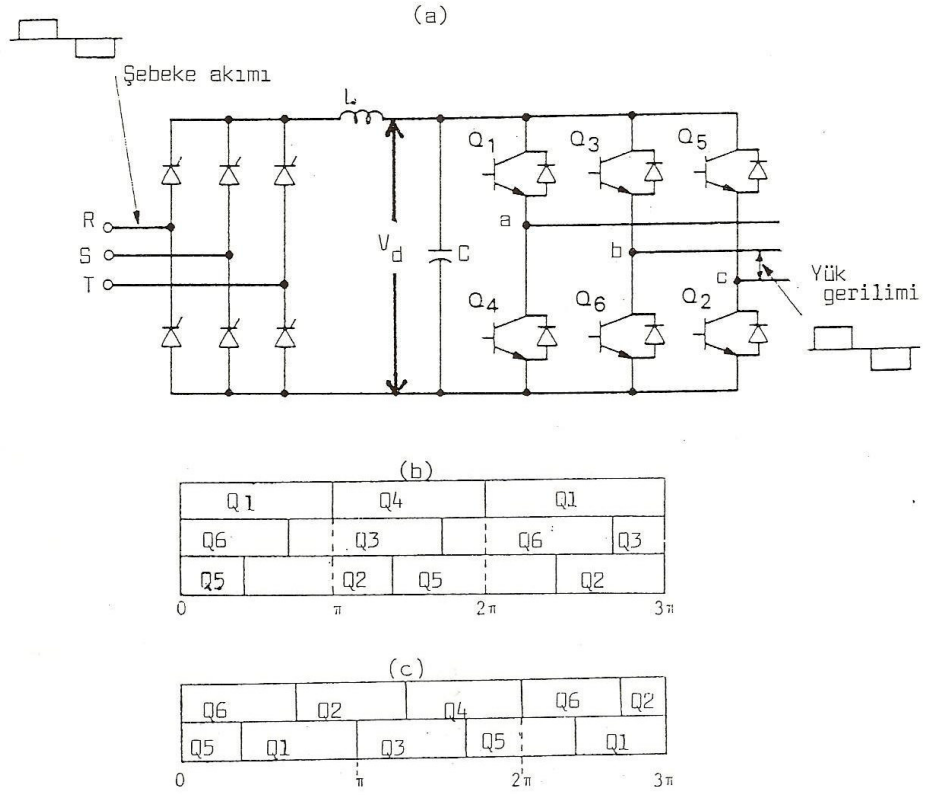
olmaktadır. Burada U_3 3. harmoniğin efektif değeridir. Bu durumda temel bileşeni elde etmek için 3. ve daha yüksek mertebeden bir alçak geçiren filtre gerekir. Üç fazlı kare dalga inverterin çalışma prensibi ise tek fazlı köprü montajındaki inverterdeki gibidir. Şekil 3.25.a'da üç fazlı kare dalga transistörlü inverter görülmektedir.

Bu temel devre iki şekilde çalıştırılabilir:

1. Üç transistörü aynı anda iletimde tutarak
2. İki transistörü aynı anda iletimde tutarak

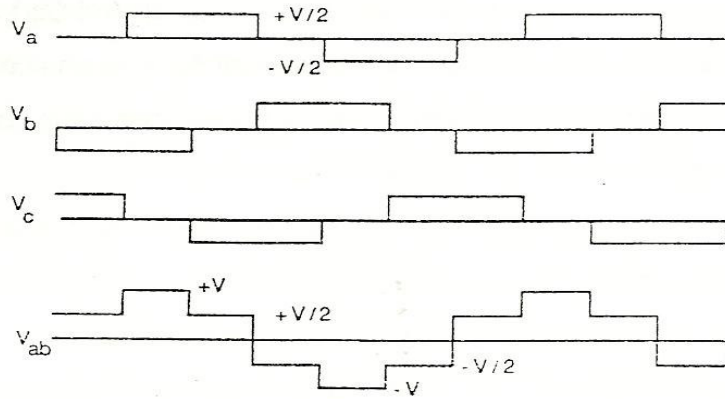
Her iki çalıştırma şeklinde de kapı sinyal işaretleri 60° 'lik aralıklarla uygulanır ve kaldırılır. Dolayısıyla bir çevirimde altı aktarım gerçekleştirilir. Şekil 3.25.b. 'de üç transistörü aynı anda iletimde tutarak çalışmada kullanılabilecek bir kapı sinyali işaretleri dizgesi verilmiştir. Bu dizgeden inverter çıkış geriliminin dalga biçimi kolaylıkla elde edilir. Burada dikkati çekmesi gereken nokta Q_1 iletimden çıkarken, Q_4 'ün girdiğidir. Pratikte Q_4 'ü iletime sokmadan önce, Q_1 'in tıkamaya geçmesine yetecek kadar bir süre beklenir. Fakat yinede Q_1 'in herhangi bir nedenle tıkamaya geçmemesi ve bir kısa devre olması olasılığı vardır. Bu nedenle Şekil 3.25.c'de gösterilen ve aynı anda iki transistörü iletimde tutan tetikleme düzeni daha çok kullanılır.

Görülebileceği üzere bu dalga biçimi altı basamaktan oluşmaktadır. Dolayısıyla inverter altı basamaklı inverter olarak bilinir. Ayrıca üç adet tek fazlı inverter aralarında uygun bağlama ile üç fazlı bir inverter oluşturabilir. Üç fazlı dengeli bir ana dalga gerilimi temin etmek için, tek fazlı inverterlerin anahtarlama sinyalleri arasında 120° faz farkı bulunmalıdır. İverter çıkışındaki transformatör primer sargıları birbirinden izole olmak zorundadır. Fakat sekonder sargılar yıldız veya üçgen bağlı olabilir. Çıkış geriliminde meydana gelen 3 ile bölünebilen harmonikleri yok etmek için sekonder sargılar genellikle yıldız bağlanır. Aynı zamanda böylece özellikle genel amaçlı inverterlerde tek fazlı ve üç fazlı muhtelif yüklerin beslenmesi sağlanabilir.



Şekil 3.25 - (a) Üç fazlı dalga transistorlü inverter
 (b) 180° için kapı sinyali
 (c) 120° için kapı sinyali

120° için kapı sinyali sinyali uygulandığında Şekil 3.26'da görülen çıkış gerimi dalga biçimleri kolaylıkla elde edilebilir.



Şekil 3.26 Üç fazlı transistorlü inverterde çıkış gerilimi dalga şekilleri

Üç fazlı köprü inverterde güç transistörü (BJT) yerine anahtarlama elemanı olarak tristör, GTO, IGBT, MOSFET veya MCT kullanılabilir. MOSFET kullanılması halinde elemanın içinde yapısı nedeniyle entegre olarak bir ters paralel bağlı diyot bulunduğundan, çoğunlukla dış devrede diyot kullanılmaya gerek yoktur. BJT 'ler, tristörlere göre hızlı ve MOSFET 'e göre yavaştır. En büyük sakıncaları kazançlarının düşük olması nedeniyle büyük taban akımlarına ihtiyaç göstermeleridir. Taban akımlarının kesilmesi suretiyle kolayca iletimden çıkarılabilirler. Tristörlerde olduğu gibi komütasyon devrelerine gerek yoktur. Taban akımları yeterli düzeyde tutularak doymada çalıştırılmaları halinde, iletimdeki gerilim düşümleri azdır.

Temelde inverter çıkış geriliminin denetlenmesi üç şekilde gerçekleştirilir:

1. İnverter çıkışı ile yük arasında bir alternatif akım denetleyicisi kullanarak
2. Kaynak ile inverter giriş uçları arasında, invertere girişindeki DC gerilimini denetleyecek bir devre kullanılarak
3. İnverterin kendisini çıkış gerilimini değiştirebilecek şekilde denetleyerek

Bu yöntemlerden birincisi genellikle kullanılmaz. İkinci yöntem de eğer ana kaynak DC ise bir DC kıyıcı kullanılabilir. Ana kaynak AC ise, denetimli bir köprü doğrultucu ve bir kıyıcı ile ara devre gerilimi değiştirilebilir. İnverter çıkış geriliminin inverter içinde denetimi ise iki şekilde yapılabilir.

1. Darbe genişlik denetimi
2. Darbe genişlik modülasyonu (PWM)

Darbe genişlik denetiminde yarı iletken anahtarlama elemanları faz kaydırması yapılarak iletme sokulur. Faz kaydırmasının büyüklüğüne göre çıkış geriliminin değeri değiştirilebilir. Kesintisiz güç kaynaklarında kullanılan basamaklı dalga inverterlerin çeşitli avantajları, bunların yanında da limitasyonları vardır. Bu tür bir inverterin denetleyici devresi oldukça basit olup bir yarım çevrimdeki anahtarlama sayısı az olduğundan anahtarlama kayıpları azdır. Fakat inverter çıkış geriliminin frekansla birlikte değişmesi gerektiğinde eğer bu DC kaynağını denetleyerek gerçekleştirirse, düşük gerilimlerde aktarım devrelerinin etkinliği azalır ve aktarımın gerçekleştirilmesi zorlaşır. Ayrıca harmonikler de bir sorun yaratır. Çıkış dalga biçimi basamaklı kare dalga şeklinde olduğundan oldukça yüksek oranda harmonikler içerir. Üç fazlı kare bir inverterde bulunan harmonikler ise Fourier analizi yapıldığında; n basamak sayısını gösteren bir tamsayı olmak üzere $6n \pm 1$ 'inci harmoniklerdir. UPS 'lerde

harmonik distorsiyonun % 5 'den büyük olmaması istendiğine göre bu harmoniklerin kontrol edilmesi gerekir. Harmoniklerin filtre ile süzülmesinde kullanılacak devre hem inverterin fiziksel boyutlarını büyültür, hemde maliyeti çok yüksek olabilir.

Bu anlatılan sorunlar "Darbe Genişlik Modülasyonlu = PWM" inverter kullanılarak çözülebilir. Bu modülasyona göre darbe genişliği, inverter çıkışı her yarım çevrimde belirli bir sayıda anahtarlayarak yarı iletken elemanın iletimde olduğu sürenin, tıkamada olduğu süreye oranının değiştirilmesi ile denetlenir. Sonuçta genellikle düşük harmonik içeren bir dalga biçimi elde edilir.

3.3.1 Kesintisiz Güç Kaynaklarında Darbe Genişlik Modülasyonu

Bu bölümde AC gerilim ve frekansını değiştirmede temel yöntemlerden biri olan darbe genişliği modülasyonun, kesintisiz güç kaynağında kullanılan teknikleri üzerinde durulmuştur.

3.3.1.1 Genel Olarak Darbe Genişlik Modülasyonu (PWM)

İnverter katının çıkış gerilim şeklinin sinüs olması istenmektedir. Bu sinüs içerisindeki harmonik bileşenlerin mümkün olduğu kadar küçük olması UPS 'de aranan en önemli özelliklerden biridir. Harmonik yüzdesinin durumunu belirten bir büyüklük olarak toplam harmonik distorsiyonu şeklinde bir büyüklük tanımlanır. Distorsiyonun geniş güç katsayısı değişimleri için % 5 'den büyük olmaması istenir.

$$\text{Distorsiyon Faktörü} = d = \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{U_n}{U_1} \right)^2} \quad (3.25)$$

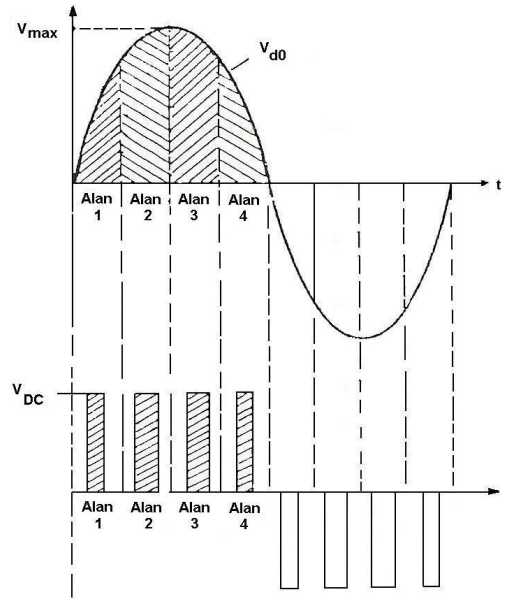
U_1 = Temel bileşenin gerilimi

U_n = n. harmoniğin gerilimi

Çıkış geriliminin sinüs olması için iki yol mevcuttur:

1. Doğrudan sinüs biçimli bir işaret, bilinen kuvvetlendirici devrelerle elde edilmeye çalışılır. Fakat bu yol oldukça kullanışsızdır. Zayıf bir işaretin kuvvetlendirilerek kullanılması esasına, dayanır. Devrede kayıplar, fazla ve dolayısıyla verim düşüktür, Büyük güçlü olarak yapılamazlar,
2. İçerisinde istenilen temel frekansta sinüs bileşeni bulunan farklı görünüşlü gerilim dalga şekilleri elde edilerek diğer bileşenler bir filtre ile süzülür.

Darbe genişliği modülasyonu, günümüz inverter katlarında çok yaygın olarak kullanılan bir modülasyon türüdür. Bu modülasyon yönteminde yarı iletken elemanların anahtarlama sayısı çok fazladır. Ancak bu yöntemin getirdiği diğer yararlar yanında ihmal edilir yöntemin en önemli özelliği; inverter girişindeki DC 'yi değiştirmeksizin, çıkış frekans ve gerilimini değiştirmektir. Darbe sayısının artırılması elimine edilen harmonik sayısını artırarak inverter çıkış filtresinin basitleşmesini sağlayacaktır.



Şekil 3.27 PWM ile elde edilen çıkış dalga şekli

Ancak çok sayıda darbe çok sayıda anahtarlama gerektirdiğinden kayıplar artacaktır. Bu nedenle inverter katının gerçekleştirilmesinde optimum darbe sayısını belirlemek oldukça önemlidir. Örneğin klasik tristörlerle gerçekleştirilen köprü türü inverterlerde, bu darbe sayısı genelde 5-6 iken, güç transistörü ve GTO ile kurulan inverter devrelerinde çok daha yüksektir.

PWM 'nin elde edilme şekillerine geçmeden önce, darbe genişlik modülasyonu ve bunun sonunda meydana gelen sinüs eğrisi arasındaki ilişkiyi tespit etmekte yarar olacaktır. Bütün bir sinüs eğrisi daha önceden belirlenen bir M değerine göre M eşit parçaya bölünür ve her sinüs parçasının altında kalan alan hesaplanması istenen darbe süresinin altındaki alana eşittir. $M=8$ için yukarıdaki şekil verilmiştir.

Şekil 3.27'de görüldüğü gibi çıkış dalga şekli için darbe genişlikleri ayarlanmaktadır. Çıkış değerleri;

$$V_{do} = V_{\max} \cdot \sin w_0 \cdot t \quad (3.26)$$

$$w_0 = 2 \cdot \pi \cdot f \quad (3.27)$$

V_{do} = İstenen çıkış gerilimi

V_{\max} = İstenen çıkış geriliminin maksimum değeri

w_0 = İstenen açısal frekans

ise herhangi bir t_A ve t_B süreleri arasındaki alan;

$$Alan = V_{\max} \int_{t_A}^{t_B} \sin wtdt \quad (3.28)$$

Formülüyle hesaplanır. (3.28) ifadesinin integrali alındığında;

$$Alan = \frac{V_{\max}}{w} (\cos wt_A - \cos wt_B) \quad (3.29)$$

Eğer inverter DC giriş gerilimi V_{DC} ve hesaplanması istenen süre ΔT ise darbeler için;

$$Alan = V_{DC} \cdot \Delta T \quad (3.30)$$

olmalıdır. (3.29) ve (3.30) ifadelerini eşitlersek;

$$V_{DC} \cdot \Delta T = \frac{V_{\max}}{w} (\cos wt_A - \cos wt_B) \quad (3.31)$$

$$\Delta T = \frac{V_{\max}}{w \cdot V_{DC}} (\cos wt_A - \cos wt_B)$$

bulunur. Bu ifade bir sinüs parçasının altında darbe süresinin belirlenmesine yardımcı olur.

(3.31) ifadesindeki V_{\max}/V_{DC} oranı kullanma faktörü olarak adlandırılır ve r ile gösterilir. Bu yerine konursa;

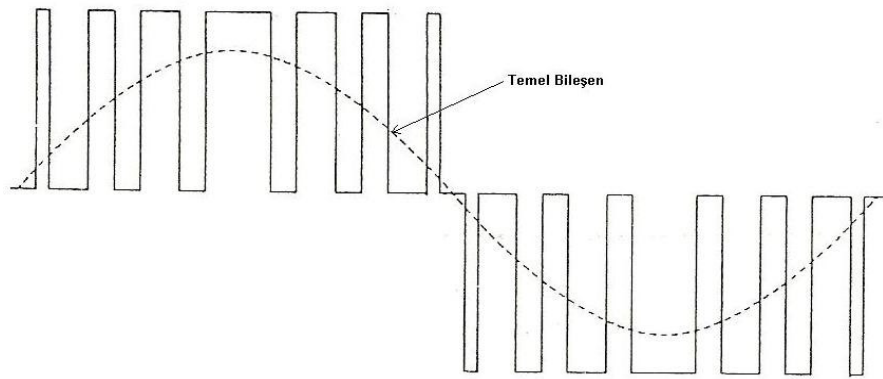
$$\Delta T = \frac{r}{w} (\cos wt_A - \cos wt_B) \quad (3.32)$$

elde edilir. Bu eşitlikte görüldüğü gibi darbelerin genişliği kullanma faktörü ile doğru ve çıkış frekansı ile ters orantılıdır. İnverter çıkış dalga şekli çeyrek dalga simetrisine sahip

olduğundan 0 ile $\pi/2$ arasındaki darbeleri hesaplamak yeterlidir. Çünkü diğer darbeler simetriden dolayı bulunabilir.

3.3.1.2 Kesintisiz Güç Kaynaklarında Darbe Genişlik Modülasyonunun Kullanımı ve Modülasyonu Elde Etme Yöntemleri

Çıkış dalga biçimi kare dalga şeklinde olan inverterler oldukça yüksek oranda harmonikler içerirler. (Üç fazlı kare dalga bir inverterde bulunan harmonikler, n basamak sayısını gösteren bir tam sayı olmak üzere, $6n\pm 1$ 'inci harmoniklerdir.) Birçok uygulamalarda bu harmoniklerin belirli bir düzeyin altında tutulması gerekir. Bunu sağlayabilmek için ise harmoniklerin süzülmesi veya düşük harmonik içerecek bir dalga biçimi oluşturulması yollarından birini seçmek gerekir. Harmoniklerin süzülmesi ancak sabit frekans çıkışlı inverterlerde başvurulabilecek bir yoldur. Çünkü değişken frekans çıkışları için yeterli bir süzme devresi tasarımı oldukça zordur. Sabit frekans uygulamalarında bile harmoniklerin süzülmesi için kullanılacak devre hem inverterlerin fiziksel boyutlarını büyütür, hem de maliyeti çok yüksek olabilir. Bu nedenlerle dalga biçiminin mümkün olduğu kadar az harmonik içerecek şekilde oluşturulmasına dikkat etmek gerekir. Bu sorunlar UPS 'deki inverterde darbe genişlik modülasyonu (PWM) kullanarak çözülür. İnverter içindeki yarı iletken elemanlar bir çevirimde birçok defa iletme sokularak ve çıkarılarak çıkış gerilimi denetlenir. Sonuçta genellikle düşük harmonik içeren bir dalga biçimi elde edilir. Şekil 3.28. 'de darbe genişlik modülasyonuna ait çıkış dalga şekli görülmektedir.



Şekil 3.28 Tekrarlı darbe genişliklerinin kontrolü ile elde edilen çıkış dalga şekli
(darbe genişlik modülasyonu)

3.3.1.3 Üçgen Sinüs Karşılaştırma Yöntemi

Yöntem, genliği değişken çok küçük bir referans sinüs işareti ile frekansı sinüsten daha büyük bir üçgen dalga işaretinin karşılaştırılması esasına dayanır. Bu karşılaştırma daha değişik dalga şekilleri arasında da olabilir. Bunda amaç referans işaret ile taşıyıcı işaretin kesişme noktalarını belirtmektir. Eğer tespit edilen noktalarda yarı iletken güç elemanlarına tetikleme darbeleri gönderilirse PWM elde edilmiş olur. PWM dalgalarının bu şekilde elde edilmesine "Doğal Örnekleme" adı verilir.

Lineer çıkış geriliminin ayarlanmasında etkin olan iki büyüklük vardır. Bunlar;

$$P = f_C / f_R \quad (3.33)$$

$$M = V_{cont} / V_{tri} \quad (3.34)$$

P = Frekans modülasyonu indeksi

f_C = Taşıyıcı dalga frekansı

f_R = Referans dalga frekansı

M = Modülasyon indeksi

V_{cont} = Referans dalga genliği

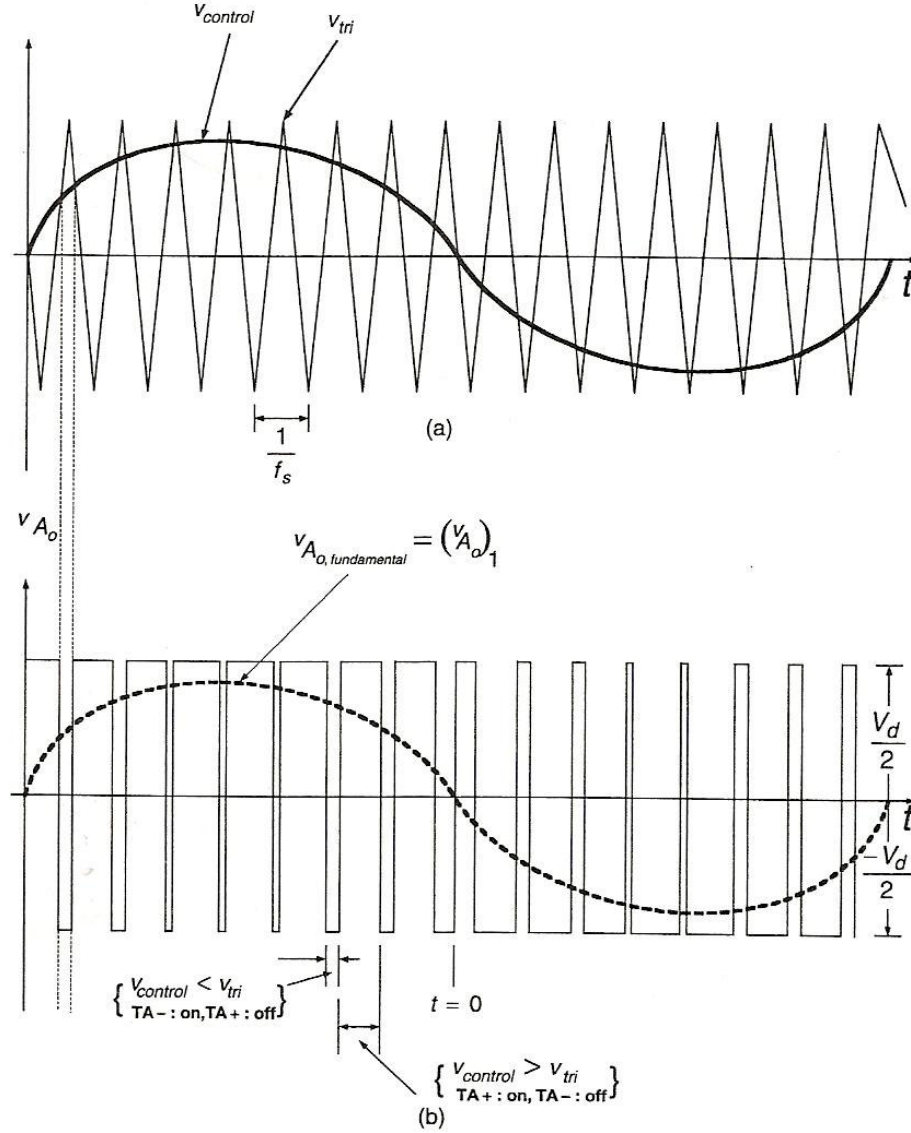
V_{tri} = Taşıyıcı sinyalin genliği'dir.

Tanımlanan bu iki parametre PWM kullanılan inverterde oldukça önemlidir. Sinüs- üçgen karşılaştırılmasında PWM' nin nasıl elde edildiği Şekil 3.29'da verilmiştir. Bu üç seviyeli bir PWM 'dir.

Şekil 3.24'de gösterilen tam köprü inverterde S_1 , S_2 , S_3 ve S_4 ile sembolize edilmiş IGBT'ler V_{cont} ve V_{tri} 'nin genlikleri karşılaştırılarak kontrol edilirler.

$$V_{cont} > V_{tri} \quad S_1, S_2: \text{Açık} \quad \& \quad S_3, S_4: \text{Kapalı} , \quad V_{A0} = V_d / 2 \quad (3.35)$$

$$V_{cont} < V_{tri} \quad S_3, S_4: \text{Açık} \quad \& \quad S_1, S_2: \text{Kapalı} , \quad V_{A0} = -V_d / 2 \quad (3.36)$$

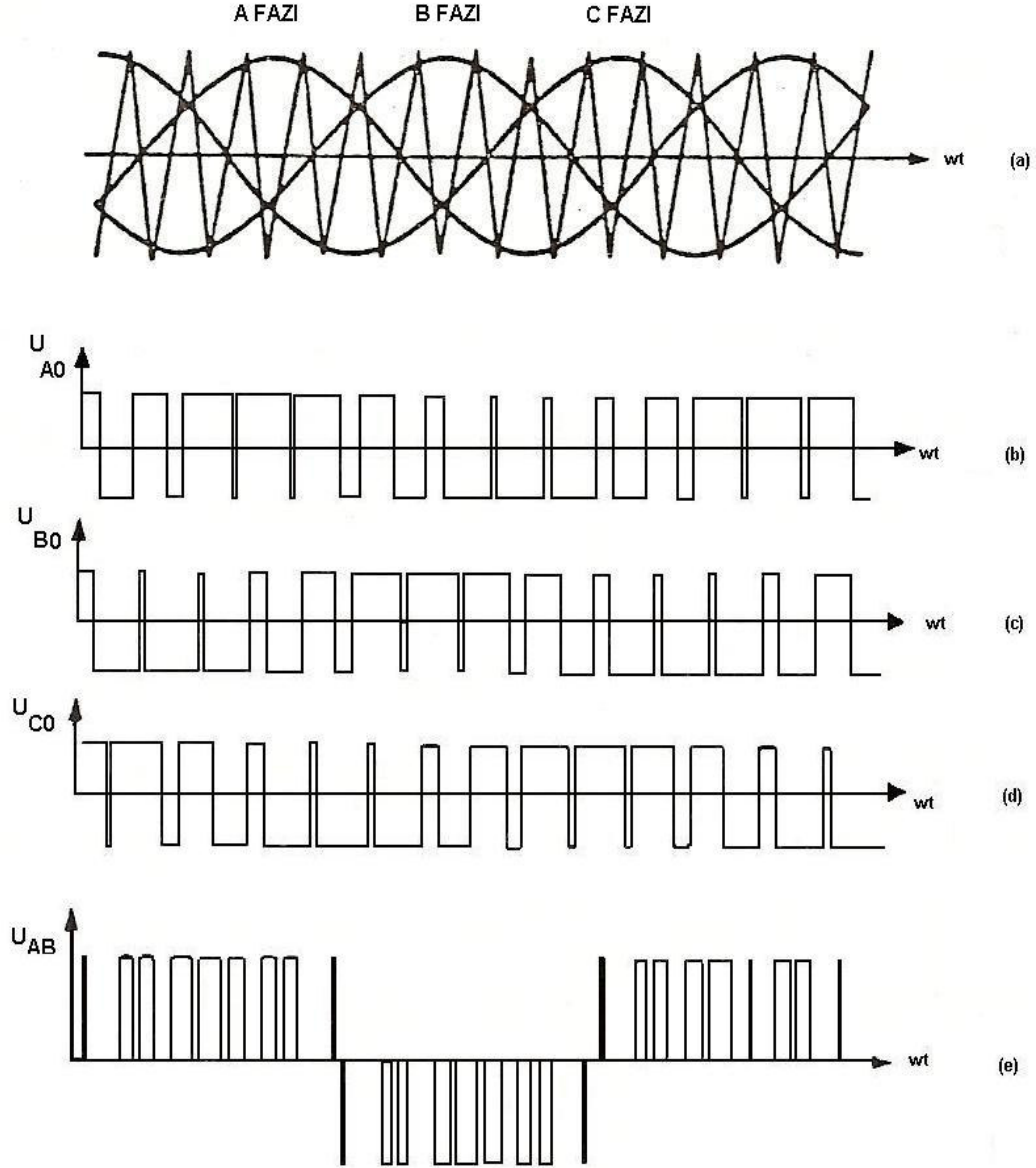


Şekil 3.29 Bipolar PWM anahtarlama tekniğinin şematik gösterimi

3.3.1.4 Üç Fazlı Sistemlerde Sinüzoidal PWM Yöntemi

Üç fazlı PWM inverterin ana akım devresi Şekil 3.25.a' daki gibi olup, kare dalga inverterin ana akım devresinin aynısıdır. Fakat kollarındaki elemanların anahtarlama sırası daha karmaşıktır. Çıkış gerilimi dalga şekli değiştirilerek gerilim kontrolü inverterin kendi içinde yapılır. Girişindeki DC gerilimin ayarı gerekmediği için doğrultucu eleman olarak tristör yerine diyot kullanılabilir. İnverter AC çıkışlarındaki gerilim dalgaları birbirinin aynı olmalı ve aralarında 120° faz farkı bulunmalıdır. Dengeli üç fazlı bir sistem elde etmek için 120° faz farkı bulunan üç adet referans gerilimine ihtiyaç vardır. Aynı taşıyıcı üçgen dalgadan yararlanılabilir. Komparatör çıkışlarında elde edilen sinyallerinin birbirinin aynı olması için,

taşıyıcı oranının (referans modülasyon indeksinin) 3 ile bölünebilmesi gerekmektedir. inverter çıkış geriliminin sinüzoidale mümkün mertebe yakın olması için referans gerilimi de sinüzoidal olmalıdır. Bilindiği gibi buna sinüzoidal PWM adı verilir. Her inverter fazının veya yarım köprüsünün birer komparatörü vardır. Şekil 3.30'da görüldüğü gibi bu eleman, o faza ait referans dalgası ile bütün fazlar için müşterek olan simetrik üçgen dalgayı karşılaştırır.



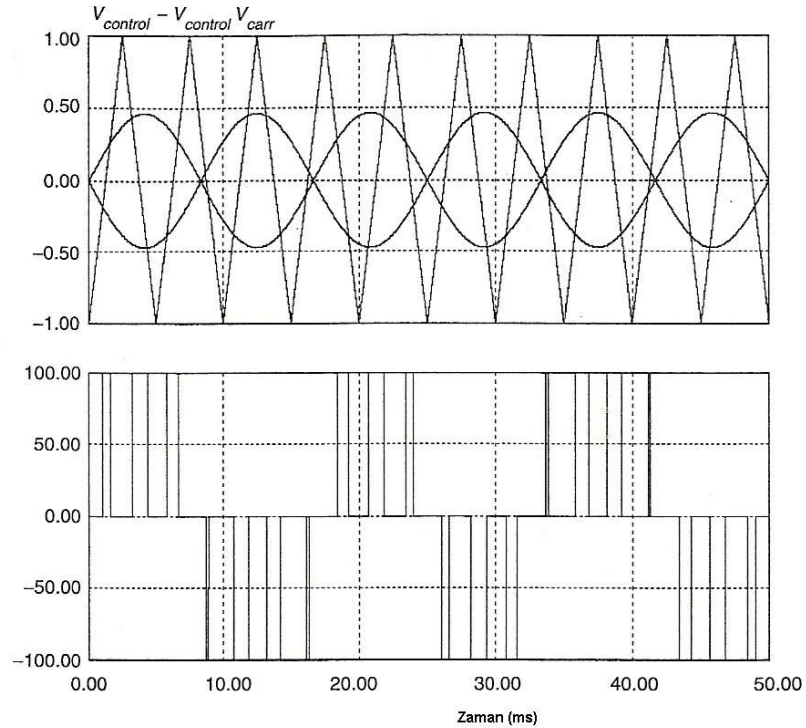
Şekil 3.30 Üç fazlı sinüzoidal PWM'de gerilim dalga şekilleri

Çıkış geriliminin kontrolü, sinüs dalga genliğinin değiştirilmesi ile sağlanır. Böylece çıkış gerilimi dalga şeklindeki darbe genişlikleri ayarlanmış olur. Fakat sinüzoidal dalga örnekleri aynen korunur. Şekil 3.30'da taşıyıcı oranı 9 ve modülasyon indeksi ise takriben 1'dir. Uç gerilimleri ve faz arası gerilimin değişimi Şekil 3.30 b-c-d-e'de sırasıyla görülmektedir. Büyük taşıyıcı oranlarında (frekans modülasyonu indeksinde) sinüzoidal PWM inverter etkili harmonikleri yüksek mertebeden olan, iyi kaliteli bir çıkış gerilimi dalga şekli verir. Bu harmoniklerin mertebesi, taşıyıcı frekansı ve onun harmonikleri olarak kümelenmiştir.

UPS'lerde sabit gerilim ve frekansla çalışma şartı sinüzoidal PWM inverterlerde kolaylıkla yerine getirilebilir. Çıkış frekansı ile orantılı bir ana dalga gerilimi almak için modülasyon indeksi, referans dalgasının frekansı ile lineer olarak değiştirilir. inverterin anahtarlama kayıplarını sınırlamak için, yüksek çıkış frekanslarında taşıyıcı oranı küçültülebilir. Taşıyıcı oranının yüksek olması, başlıca harmonik mertebelerini yükseltmek suretiyle, dalga şeklinin kalitesini iyileştirir.

3.3.1.5 Tek Kutuplu Gerilim Anahtarlama PWM

Bu devrede, tam köprü invertere ait A ve B kolları birbirinden ayrı olarak, V_{carr} gerilimi $V_{control}$ ve $-V_{control}$ gerilimleriyle sırasıyla karşılaştırılarak kontrol edilirler.



Şekil 3.31 Unipolar PWM anahtarlama tekniği

$$V_{control_1} > V_{carr} \quad S_1 \text{ açık; } S_4 \text{ kapalı} \quad (3.37)$$

$$V_{control_1} < V_{carr} \quad S_4 \text{ açık; } S_1 \text{ açık} \quad (3.38)$$

$$V_{control_2} > V_{carr} \quad S_3 \text{ açık; } S_2 \text{ kapalı} \quad (3.39)$$

$$V_{control_2} < V_{carr} \quad S_2 \text{ açık; } S_3 \text{ kapalı} \quad (3.40)$$

3.3.1.6 Çıkış Gerilimindeki Seçilmiş Harmoniklerin Yok Edilmesi

Bu bölümde, PWM 'nin üstün özelliklerinden olan çıkış gerilimindeki istenilen harmoniklerin yok edilmesi tekniği üzerinde fourier analizi yardımıyla inceleme yapılmıştır. Kesintisiz güç kaynaklarında kullanılan PWM 'e göre çalışan bir inverterde, çıkıştaki harmonik oranının darbe sayısına ve açılara ne kadar bağımlı olduğu; ancak yapılan bir harmonik analizi ile anlaşılabilir. Aşağıda tek faz için bu hesaplar ele alınmıştır.



Şekil 3.32 PWM yönteminde çıkış gerilimi

Burada inceleme $\pi/2$ için yapılmış ve darbe süreleri, taşıyıcı işaretlerin ortasına yerleştirilmiştir. Böylece çeyrek dalga simetrisi sağlanmış olur. Şekil 3.32'deki darbe şekillerinin Fourier Analizi, çıkış gerilimi hakkında bazı bilgiler verir. Çıkış gerilimi;

$$V_0 = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \sin nwt + b_n \cos nwt) \quad (3.41)$$

Çeyrek durum simetrisinden dolayı $\frac{a_0}{2} = 0$ ve $b_n = 0$ 'dır.

Ayrıca n 'nin çift değerleri de toplamda bulunmaz. Böylece 3.33 ifadesi değiştirilerek 3.34 ifadesi şeklini alır.

$$V_0 = \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin nwt \quad n = 1,3,5,\dots \quad (3.42)$$

X , çeyrek periyotta ki darbe sayısını göstermek üzere;

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(\omega t) \sin n\omega t d\omega t$$

$$a_n = \frac{2}{\pi/2} \int_0^{\pi/2} f(\omega t) \sin n\omega t d\omega t$$

$$a_n = \frac{4V_{DC}}{\pi} \left[\int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \sin n\omega t d\omega t + \int_{\alpha_3}^{\alpha_4} \sin n\omega t d\omega t + \dots + \int_{\alpha_{x-1}}^{\alpha_x} \sin n\omega t d\omega t \right]$$

$$a_n = \frac{4V_{DC}}{\pi n} \sum_{i=1}^{x-1} (\cos n\alpha_i - \cos n\alpha_{i+1}) \quad i = 1, 2, 3, \dots, x-1 \quad (3.43)$$

darbe süresi açısı olarak alınırsa,

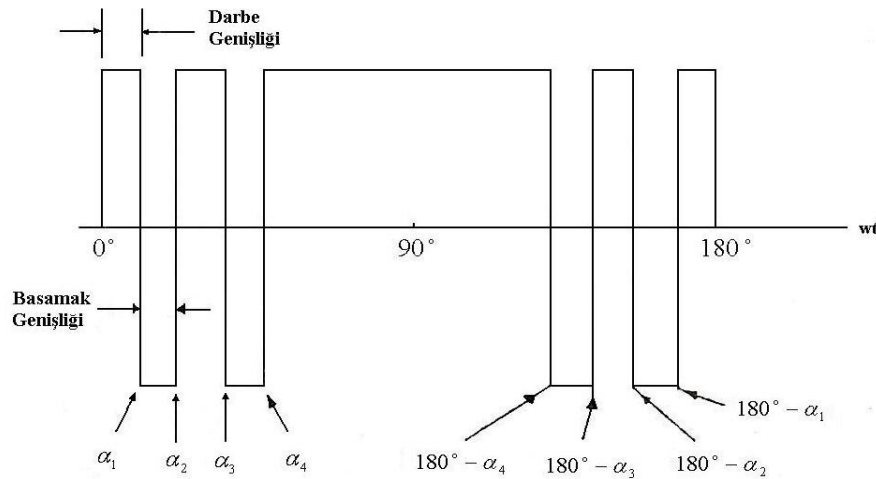
$$\delta_i = \omega \cdot \Delta t \quad (3.44)$$

$$a_n = \frac{4V_{DC}}{\pi n} \sum_{i=1}^{x-1} [\cos n\alpha_i - \cos n(\alpha_i + \delta_i)] \quad (3.45)$$

elde edilir. Buradan çıkış gerilimi;

$$V_0 = \sum_{i=1}^{x-1} \left[\frac{4V_{DC}}{\pi n} \sum_{i=1}^{x-1} (\cos n\alpha_i - \cos n(\alpha_i + \delta_i)) \right] \sin n\omega t \quad (3.46)$$

ifadesi bulunur. Bu ifade, çıkış geriliminde temel bileşenin tek katları olan harmoniklerin bulunduğunu göstermektedir.

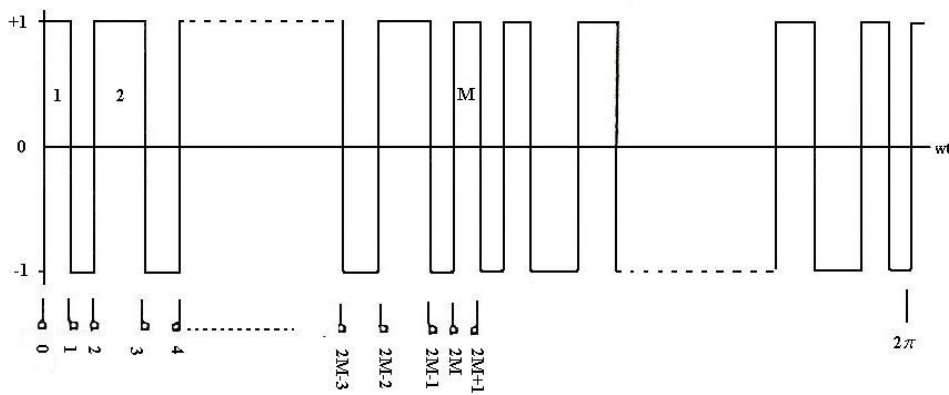


Şekil 3.33 Darbe genişlik modülasyonlu inverter çıkışında istenilen harmoniklerin yok edilmesi

UPS inverter çıkışındaki istenmeyen harmonikler harmonik eliminasyon yöntemi olarak bilinen bir yöntemle ortadan kaldırılabılır ve aynı zamanda da denetlenebilir. Yöntemin genel ilkesi bir yarım çevrim için Şekil 3.33 'de gösterilmiştir.

Gösterilen $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ 'ün denetlenmesi ile çıkış geriliminin denetlenebileceği ve aynı zamanda ilk üç harmoniğin elimine edilebileceği gösterilmiştir. Dolayısıyla da üç fazlı bir inverterde aksi takdirde var olacak 5. ve 7. ve 11. harmonikler ortadan kaldırılabilecektir. Elimine edilecek harmonik sayısı hesaplanması gereken α sayısından bir eksiktir. Örneğin sadece 5. ve 7. harmonikler ortadan kaldırılmak istenirse α_1, α_2 ve α_3 hesaplanır ve bir yarım çevrimde 6 aktarım gerçekleştirilir. Bu yöntemde mikroişlemci uygulamaları için özellikle uygundur. Bir yarım çevrimde gerçekleştirilebilecek aktarım sayısına, yani elimine edilecek harmoniklere karar verdikten sonra çeşitli çıkış gerilimi değerleri için tetikleme açıları önceden hesaplanır ve bir başvuru tablosunda saklanır. Çevirim için çalışma sırasında istenilen çıkış gerilimine karşılık gelen α değerleri bu tablodan kolaylıkla elde edilir.

Analog olarak üçgen- sinüs karşılaştırması ile elde edilen PWM işaretlerinde küçük dereceli harmonik bileşenler her ne kadar darbe sayısı artırılarak küçültülebilirse de Fourier Spektrumu, modülasyon indeksi M 'e, göre sürekli değişmektedir. Burada matematik modeli incelenecek Fourier Spektrumu ise sabit bir darbe dizisine sahip olmaktadır. Genel olarak yok etmek istediğimiz harmonik sayısı kadar denklem yazılır ve bu denklem takımı çözülerek gerekli açı değerleri bulunur.



Şekil 3.34 Yarı periyotta M darbe bulunan iki seviyeli PWM işareti

Şekil 3.34 incelendiğinde, $f(wt)$ fonksiyonunun her yarı periyodunda M darbe olduğu ve darbe açılarının $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{2M}$ şeklinde değiştiği görülür. Fonksiyonun Fourier ifadesi

$$f(wt) = \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \sin nwt + b_n \cos nwt]$$

şekindedir. Harmonik analizinden anlaşılacağı gibi $\frac{a_0}{2} = 0$ ve $b_n = 0$ 'dır. O halde harmonikleri a_n terimi belirler. a_n için ,

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(wt) \sin wtdwt$$

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(wt) \sin nwt dwt$$

yazılabilir. $f(wt) = \pm 1$ birim veya yarım dalga simetrisi söz konusu olduğundan,

$$a_n = \frac{2}{\pi} \left[\int_0^1 \sin nwt dt - \int_1^2 \sin nwt dt + \int_2^3 \sin nwt dt + \dots + \int_{2M}^{2M+1} \sin nwt dt \right]$$

$$a_n = \frac{2}{\pi} \sum_{k=0}^{2M} (-1)^k \int_k^{k+1} \sin nwt dt \quad (3.47)$$

$\alpha_0 = 0$, $\alpha_{2M+1} = \pi$ ve $\alpha_0 < \alpha_1 < \alpha_2 < \dots < \alpha_{2M+1}$ bilindiğinden 3.39 ifadesi

$$a_n = \frac{2}{n\pi} \sum_{k=0}^{2M} (-1)^k [\cos n\alpha_k - \cos n\alpha_{k+1}]$$

$$a_n = \frac{2}{n\pi} \left[\cos n\alpha_0 - \cos n\alpha_{2M+1} + 2 \sum_{k=1}^{2M} (-1)^k \cos n\alpha_k \right]$$

$$a_n = \frac{2}{n\pi} \left[2 + 2 \sum_{k=1}^{2M} (-1)^k \cos n\alpha_k \right] \quad (3.48)$$

şekline gelir.

$$\alpha_k = \pi - \alpha_{2M-k+1} \quad k = 1, 2, \dots, M$$

$$\cos \alpha_k = -\cos \alpha_{(2M-k+1)}$$

Eşitlikleri 3.40'da yerine koyulursa;

$$a_n = \frac{4}{n\pi} \left[1 + 2 \sum_{k=1}^M (-1)^k \cos n\alpha_k \right] \quad (3.49)$$

elde edilir.

Son ifade, yok edilmek istenen harmonik denklemleri teşkil ederken kullanılır. Örneğin, n_1, n_2, \dots, n_m yok edilmek istenen harmonikler ise yukarıdaki ifade yardımıyla M denklem yazılır. Bu denklem sisteminin çözümü aranan açı değerini verir. İki seviyeli PWM için, 5. ve 7. harmonikleri elde etmek için (3.41) ifadesini kullanarak 2 denklem (M=2) yazılır.

$$f_5(\alpha) = 1 + 2 \sum_{k=1}^M (-1)^k \cos n\alpha_k = 1 + 2 \sum_{k=1}^2 (-1)^k \cos 5\alpha_k = 0$$

$$f_7(\alpha) = 1 + 2 \sum_{k=1}^M (-1)^k \cos n\alpha_k = 1 + 2 \sum_{k=1}^2 (-1)^k \cos 7\alpha_k = 0$$

Çizelge 3.4 Seçilmiş harmoniklerin eliminasyon tablosu

Harmonik No	Harmonik Katsayıları	Harmoniklerin Temel Bileşene Göre Yüzdeleri
1	1.1879	100.00
3	0.2070	17.43
5	0.0000	0.00
7	0.0001	0.01
9	0.1086	9.14
11	0.2412	20.31
13	0.3223	27.13
15	0.3084	25.96
17	0.2030	17.09
19	0.0514	4.33
21	0.0825	6.94

ifadeleri daha açık yazılırsa,

$$f_5(\alpha) = 1 + 2[-\cos 5\alpha_1 + \cos 5\alpha_2] = 0$$

$$f_7(\alpha) = 1 + 2[-\cos 7\alpha_1 + \cos 7\alpha_2] = 0$$

5. ve 7. harmonikleri elimine için bir çözüm:

$$\alpha_1 = 16.2448^\circ ; \alpha_2 = 22.0630^\circ$$

3.3.2 İverter Ünitesinden Beklenen Özellikler

Günümüzde ileri teknolojiye sahip KGK sistemlerindeki evirici bloğunda, IGBT (Isolated Gate Bipolar Transistor) denilen yalıtılmış kapılı bipolar transistörler kullanılmaktadır. IGBT ile dizayn edilmiş inverterlerin çıkış gerilimi daha kaliteli ve dinamik yüklerle karşı cevap süresi çok daha kısadır. Evirici ünitelerinin seçiminde rol oynayan bazı kriterler ve bu kriterlerin seçiminde dikkat edilmesi gereken noktalar şöyledir.

Statik Yükte Gerilim Değişimi: Stabil haldeki yüklenme durumunda KGK çıkış gerilim dalga şeklindeki değişimlerinin oranını gösterir. Standart olarak bu değer %1 maksimum %2 olmalıdır.

Dinamik Yükte Gerilim Değişimi: Genellikle 3 fazlı sistemlerde yada daha farklı bir değişle yüksek akımlı ve endüktif – kapasitif güçlerde çok önem kazanan bu özellik KGK'nın çıkış gerilim dalga şeklinin yükteki değişimlerden etkilenme oranını gösterir. Özellikle hassas sistemlerin KGK'dan beslendiği yapılar için son derece önemli olan dinamik yükteki çıkış gerilim değişimi %2-%3 değerlerini geçmemelidir. Bu rakam ne kadar küçük ise ideale okadar yakındır.

Toparlanma Zamanı: Dinamik yük etkisinde kalan KGK'nın çıkış geriliminin normal değerine dönmesi için gerekli zamanın gösterildiği bu kriter ne kadar küçük ise eviricinin cevap hızı okadar yüksek demektir. Bu kriter için olması gerekli değer 2-3 milisaniyedir.

Çıkış Geriliminin %100 Dengesiz Yükte Faz Kayması: 3 fazlı sistemler için geçerli olan bir kriter olup fazlar arasındaki 120° olan faz açılarının sapma değerlerini gösterir. Bu değer $\pm 2^\circ$ 'yi geçmemesi KGK'dan beslenen hassas yüklerin verimli ve sağlıklı çalışması açısından tercih edilmelidir.

3.4 Haberleşme Ünitesi

Gelişen haberleşme teknolojileri günümüzde teknolojinin her alanında önem kazanmaktadır. Bununla birlikte bilgisayar ağlarının (network sistemleri) kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmakta ve lokal network ağları daha geniş ağlar içerisine dahil edilmektedir. Artık birçok sistem çalışmak için bilgisayar sistemlerine ihtiyaç duymaktadır. Bu sebeplerden

dolayı sistem güvenliklerini sağlamak artık daha büyük önem arz etmektedir. İşte tam bu noktada Kesintisiz Güç Kaynağı devreye girip sistem güvenliğini sağlayan en önemli ünite haline gelir. Bir Kesintisiz Güç Kaynağı kontrol ve haberleşme sisteminin düzgün bir gerilim altında kesintisiz olarak çalışmasını güvence altına alarak üretim güvenliğini maksimum seviyeye çıkarır. Bununla birlikte haberleşme olanaklarını kullanıma sunarak kompleks sistemlerin tek bir merkezden kontrol ve izlenmesini sağlar. Bu şekilde hatalardan dolayı ortaya çıkan zaman kayıpları önlenmiş olur ve sistem verimliliği maksimum düzeye ulaşır.

UPS'lerde kullanıcı ile ilgili bilgilerin herhangi bir aracıyla kullanıcıya iletilmesini sağlayan bilgisayar ile seri haberleşme ünitesidir. UPS'in çıkış gerilim değeri, yük yüzdesi, şebekenin olup olmadığı ve akü grubunun durumuna ilişkin bilgiler seri haberleşme ile bilgisayara aktarılarak herhangi bir kesinti ve arıza durumunda kullanıcı uyarılmış olur. Bu ünite özellikle yüksek güçlü cihazlarda gereklidir. Çünkü bu cihazlar büyük boyutlu olurlar ve kullanıcıdan uzak bir yerde bulunurlar. Dolayısıyla kullanıcı UPS ön panel bilgilerini ve ses uyarılarını algılayamaz. Ayrıca UPS'lerde kesintiden bir süre sonra Network sistemini otomatik olarak kapatan yazılımlarda vardır. Programlamanın gelişmesiyle birlikte UPS uzaktan izleme yazılımlarında da yenilikler ortaya çıkmıştır. Bunlardan birkaçını örnek vermek gerekirse UPS üzerindeki olası arıza kodunu belirlenen e-mail adresine veya UPS firmasının teknik servisine mail gönderen veya cep telefonuna SMS yollayan programlar günümüzde kullanılmaktadır.

Bu bölümde KGK sistemlerindeki değişik haberleşme sistemlerinden bahsedilecektir.

3.4.1 Değişik İletişim Araçları ile Haberleşme Seçenekleri

Kesintisiz Güç Kaynakları oldukça geniş bir kullanım alanına sahip olduğundan dolayı farklı haberleşme imkânlarına sahip olmalıdır.

Günümüz KGK'larında RS232 seri haberleşme portu ve SNMP (Simple Network Management Protocol) haberleşme seçenekleri standart olarak sunulmaktadır. RS232 iki istasyonun seri haberleşmesi için kullanılan bir akıllı arabirimdir. Bu arabirim kesintisiz güç kaynağına servis vermek, bilgisayarları ve network sistemini kontrol etmek ya da mevcut sisteme bağlanmak için kullanılır. Normalde tescilli protokol, haberleşme dili olarak kullanılır. KGK'ların mevcut sistemler ile haberleşebilmesi için kendilerine ait olan protokollerin uygun protokol dönüştürücüler ile adaptasyonunun olması gerekmektedir.

KGK'larda bulunan başka bir arabirimde network adaptörüdür. Bu adaptör sayesinde KGK network sistemine direkt olarak bağlanabilir ve KGK'daki parametreler network üzerinden

doğrudan izlenebilir. Değişik firmaların üretmiş olduğu birçok KGK sistemi, standart olarak KGK üzerinde bulunan SNMP protokolü sayesinde NMS (Network Management Software) yazılımına adapte olabilir.

3.4.1.1 Lokal İzleme

Lokal izleme, bilgisayar ile KGK arasında direk data hattı kurularak uygulanır. RS232 standartları gereği bu uygulamada cihaz ile izleyici terminal arasındaki mesafe 15 metreden fazla olamaz. Aradaki mesafenin daha uzun olduğu durumlarda RS232-RS485 çevirici kullanılır. Böylelikle mesafe 1000 metreye kadar artırılabilir. Tesisatta EMC uyumu göze alınmalı güç kablolarına yakın mesafede tesis edilmemelidirler. Fiber optik kablolar için kullanılan özel dönüştürücüler ile mesafe 30km'ye kadar çıkarılabilir.

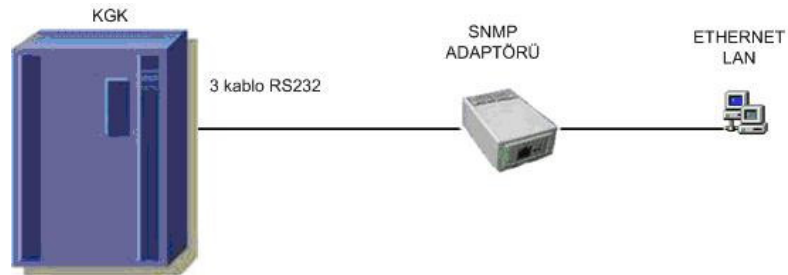
3.4.1.2 Çevirmeli Bağlantı (Dial Up) ile Telefon Hattı Üzerinden İzleme

Telefon hattı kullanarak KGK izlemesi modem ile mümkündür. Bu alternatif, telefon hatlarının kolaylıkla sağlanabildiği yerlerde ve KGK'nın farklı bölgelerden izlenmesinin gerektiği durumlarda kullanılır. Bu sistemde KGK tarafına bir modem monte edilir ve bu modem ile telefon hattı kullanılarak bağlantı sağlanır. Birçok modem üzerine güvenlik amacı ile parola konfigürasyonu yapılabilir. Her işletim sisteminin standart olarak sunduğu terminal programları kullanılarak KGK aranır ve izlenebilir.

RS232 kullanılarak Kesintisiz Güç Kaynağı tarafından modemin bütün fonksiyonları kontrol edilebilir. Bu sayede, gerektirdiği durumlarda Kesintisiz Güç Kaynağının daha önceden belirlenen numarayı (kontrol merkezi) araması da sağlanabilir.

3.4.1.3 SNMP Modülü ile Ethernet Üzerinden İzleme

Bu bağlantı şeklinde ise KGK network sistemine direk olarak bağlanır. Network sistemindeki herhangi bir bilgisayar üzerinden KGK parametreleri izlenebilir.

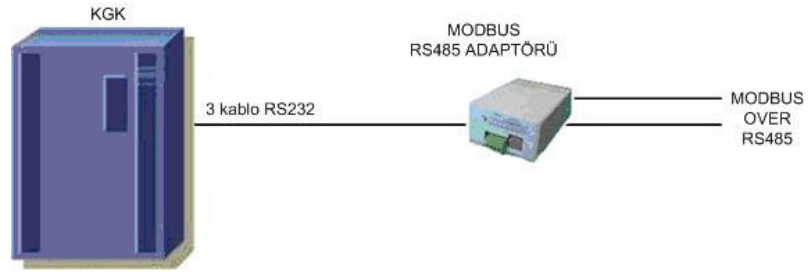


Şekil 3.35 KGK-SNMP haberleşme bağlantı şekli

Network ile izlemenin sağladığı önemli bir avantaj da KGK'nın herhangi bir yerden izlenebilmesidir. Bu izleme geniş alan network (WAN) sistemlerinde de sağlanabilir. Bu şekilde uzak şehirlerdeki KGK'ya merkezden ulaşarak parametreleri gözlemlenebilir.

3.4.1.4 Modbus RS485-TCP Adaptörü ile Haberleşme

Bu yöntem ile Modbus haberleşme protokolüyle haberleşebilen cihazların KGK'yı sorgulayabilmesi, TCP veya RS485 haberleşmesi, SCADA sistemleriyle uyumluluk ve protokol bağımsız olarak tablolardan bilgi alma sağlanır.



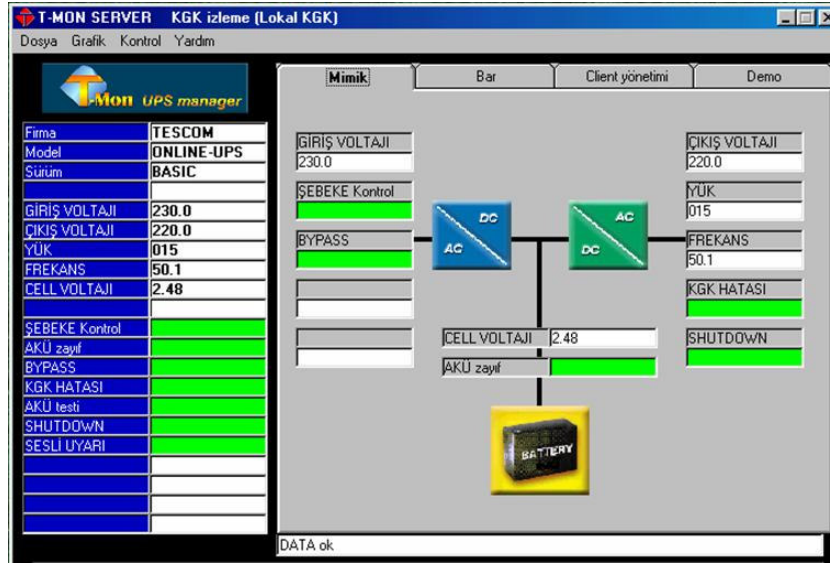
Şekil 3.36 KGK-Modbus haberleşme bağlantı şekli

3.4.2 Bilgisayar Sistemleri İçin KGK Haberleşme Yazılımları

Windows NT, OS / 02 ve UNIX türevi olan sunucu sistemleri gibi işletim sistemleri kapatılmadan önce düzenli bir kapatma işlemine ihtiyaç duyarlar. UNIX versiyonları, VMS, OS/400 gibi karmaşık işletim sistemlerinin kullanıldığı uygulamalarda, meydana gelen elektriksel arızalarda, sisteme ait kayıtlı bilgilerin kaybedilmesi çok önemlidir. Arıza durumunda kaybedilen bilgileri geri kazanma imkanı yoktur veya çok pahalıya mal olmaktadır. Bu yüzden bu tür sistemlerde KGK kullanımı oldukça önem kazanmaktadır. Haberleşme teknolojilerinin kısıtlı olduğu dönemlerde Kesintisiz Güç Kaynağının akü yedekleme süresinin sonuna yaklaşıldığı Güç Kaynağı tarafından kullanıcıya sesli ya da görüntülü olarak ulaştırılır ve sistem kullanıcı tarafından manuel olarak kapatılırdı. Bu işlem için bilgisayar merkezlerinde acil durumlar için daima bir personelin bulundurulması gerekliydi. Geçmişte personel tarafından yapılan bu işlem günümüzde otomatik olarak sistem tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu yüzden KGK'nın değişik işletim sistemleri ile haberleşmesi büyük önem kazanmaktadır. Kesintisiz Güç Kaynağı ile ilgili yazılımlar her üreticiye göre farklılıklar göstermektedir. Kullanılan standart bir yazılım yoktur. Genellikle her üretici kendi yazılımını kullanır.

3.4.2.1 T-MON KGK Haberleşme Yazılımı

T-MON Server programı yerel ağlar için hazırlanmış olup TCP/IP protokolünü kullanan bir uzaktan izleme ve yönetim yazılımıdır. KGK'nın giriş çıkış gerilimleri, çıkış frekansı, % yük, akü gerilimlerini tüm modellerde, bazı modellerde ise giriş akımlarını, şarj akımlarını, kabin içi ısısını gösterir. KGK üzerinde oluşan tüm alarmları gösterir ve saati ve tarihi ile kaydeder.



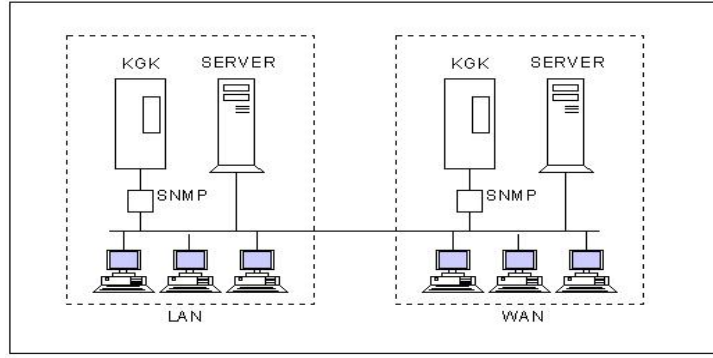
Şekil 3.37 Kesintisiz güç kaynağı izleme yazılımı

Kesintisiz Güç Kaynağı uzaktan izleme ve yönetim yazılımı ile şu işlemler yapılabilir;

- Akü testi
- Sesli uyarı açıp kapatma
- Haftalık ve bir defalık KGK kapatma ve açma
- KGK ile ilgili seçilen parametrelerin istenilen zaman aralıklarında kaydedilmesi ve sonradan tablo şeklinde izlenebilmesi
- KGK ile seçilen bir parametrenin grafik olarak izlenmesi
- Bilgisayara bağlı modem vasıtası ile KGK'nın uzaktan dial-up bağlanıp KGK'nın yanındaymış gibi izlenip yönetilmesi.
- Bilgisayarın internet bağlantısı var ise tanımlanan e-mail adresine alarm bilgilerini iletmesi.
- Bilgisayara bağlı modem ile pagerlara uyarı mesajı göndermesi.
- Yerel ağ (LAN) üzerinde bulunan kullanıcılara elektrik kesintisi ve akü durumunu bildirmesi.

- Yerel ağda bulunan kullanıcıları 2 gruba ayırarak gruplardan birinin erken kapatılmasını sağlayarak kalan bilgisayarların daha uzun süre çalışmasını sağlar.
- SNMP agent yaratarak her türlü Ethernet üzerinde çalışan işletim sistemleri ile haberleşmesi.
- T-MON admin sistemine KGK ile ilgili bilgileri iletip KGK'nın geniş ağ (WAN) üzerinden izlenebilmesi.

Yetki verilen PC'ler tarafından ağdaki herhangi bir bilgisayardan KGK izlenebilir ve kumanda edilebilir.



Şekil 3.38 LAN-WAN üzerinden KGK haberleşmesi

Şekil 3.38'de LAN (yerel ağ) ve WAN (uzak ağ) üzerindeki KGK'ların konumlandırılması gösterilmiştir.

3.5 Statik Ve Manuel By-Pass Üniteleri

Statik by-pass ünitesi KGK çıkışının inverter üzerinden veya direk olarak şebekeden beslenmesine hükmeden birimdir. Statik By-Pass, tristör blokları ve bir kontrol kartından oluşur. Kontrol kartı inverterin çıkış gerilimini, çıkış akımını ve frekansını sürekli olarak kontrol eder ve tolerans dışı kaymalar olursa yükü kesintisiz olarak şebekeye aktarır. Hata ortadan kalkıncaya kadar yük şebekede kalır. Statik by-passın birinci amacı yükte oluşabilecek kısa devrelerde veya aşırı yüklenme durumlarında inverter modülünün zarar görmesini engellemektir. İkinci amacı ise inverterde oluşabilecek herhangi bir arızadan dolayı KGK çıkışındaki limit dışı gerilim ve frekans değişimlerini algılayarak aktive olmak ve yükü direk olarak şebekeden beslemektir.

UPS' nin arıza yapması ya da bakım esnasında yükün şebekeye aktarılması için manuel By-Pass şalteri kullanılır. Manuel By-Pass anahtarı iki konumlu bir pako şalterdir. Bazı

KGK'larda 1–0–2 şalter kullanıldığı için aktarma anında bir kesinti oluşur. Ancak bazılarında 1 -2 özel pako şalter kullanıldığı için çıkışta kesinti oluşmaz. Bu şalter geçiş anında şebeke ile KGK'yı kısa devre ettiği için aktarma yapılırken şebeke ile KGK'nın gerilim ve faz olarak birbirinden çok farklı olmamasına dikkat edilmelidir

3.6 Filtre Ünitesi

Güç elektroniğinde, devre çıkış veya girişlerinde gerilim dalga şekli ideal bir dalga şekli olmayıp, harmonikler içerir. Filtreler, bu harmonik bileşenlerin yapısını değiştirip düzeltmek amacıyla kullanılırlar. Filtrelerin en önemli kullanma alanları; doğrultucudan beslenen herhangi bir yükün gerilim dalgasını süzmek, inverter çıkışında dalga şeklinin harmonik bileşenlerini azaltmak, alternatif akım sisteminde bulunan istenmeyen harmonik bileşenlerini önlemek ve radyo frekans parazitlerini engellemek sayılabilir.

Çeşitli şekillerde tasarlanan filtreler, ana yapı olarak endüktans, kapasite ve direnç elemanlarından oluşur. Giriş veya çıkışa konulabilen filtrelerde, belirli yapılarda birbirleriyle bağlantılar yapılarak kullanılma yerine en uygun dalga şekli elde edilebilir. Her bir ünite için ayrı malzemelerden dizayn edilirler ve farklı işlevleri vardır.

3.6.1 AC Şebeke Filtreleri

Şebeke hattındaki elektriksel gürültüleri yok etmek çok kısa süreli ani gerilim piklerinin şarj veya by-pass ünitelerine zarar vermesini önlemek ve UPS şarj ünitesinden kaynaklanan bozulmaların şebekeye yansımalarını engellemek amacıyla kullanılır. AC endüktans ve AC kondansatörlerle yapılırlar. (Endüktanslar ses yapmamaları için hava nüveleri olarak imal edilirler). KGK'nın yapısına göre bir fazlı veya üç fazlı olabilirler. KGK'nın gücüyle orantılı olarak güçlerin artması gerekir. Düşük güçlü KGK'larda kullanılmayabilirler.

3.6.2 DC Şarj Filtreleri

Şarj ünitelerinde tristör kontrollü olarak doğrultulup elde edilen bozuk DC geriliminin akü şarjına uygun düzgün bir DC gerilimine dönüştürülmesi ve ani akım yüklemelerinin tristöre zarar vermesinin engellenmesi için kullanılırlar. Ripple düzeltme ünitesidir. DC endüktans ve DC kondansatörlerden oluşur.

Filtrelerdeki DC endüktansın değeri yüksek olduğu için saç üniteleri olarak imal edilebilirler. Endüktör DC akü hattının + ve - gücüyle orantılı güçte olduğu için boyutları büyük maliyetleri yükseltir. Off-Line KGK'lar ve Line-Interactive KGK'lar ve sinüzoidal çıkışlı On-Line KGK'larda kullanılmazlar. Dolayısıyla bu KGK'ların maliyetleri düşük olur. İnverter

filtre kondansatörleri AC yapıda, gerilimleri akü geriliminin en az iki katı değerinde ve güçleri KGK gücüyle orantılı olacak şekilde kullanılırlar. Yüksek güçlerde boyutları ve maliyetleri büyüktür.

3.6.3 AC Çıkış Filtreleri

İnverter ünitesinde üretilerek çıkış trafosu ile yükseltilen çıkış gerilimi üzerindeki düşük güçlü ve kısa süreli elektriksel gürültülerin yok edilmesi ve dalga şeklinin sinüs biçimine dönüştürülmesi amacı ile kullanılırlar. Taş dirençlerle AC kondansatörlerle yapılırlar. AC kondansatörler genellikle 400 V AC gerilim değerinde ve UPS marka, model ve gücüne göre değişik kapasitede olurlar. Taş dirençlerin gücü ve direnç değeri UPS çıkış gücüne bağlı olarak değişir.

Kare dalga çıkışlı Off-Line KGK modeli dışında bütün UPS'lerde kullanılması gerekir. Genellikle küçük boyutlu olurlar ve maliyetleri yüksek değildir.

3.7 Trafo Ünitesi

Trafolar kısaca manyetik alan etkileşimi ile çalışan AC gerilim dönüştürücüleri olarak tanımlanabilirler. KGK'larda kullanılan trafoları giriş trafoları, çıkış trafoları, besleme ve işaret trafoları olarak üç gruba ayırabiliriz.

3.7.1 Transformatör Tanımı

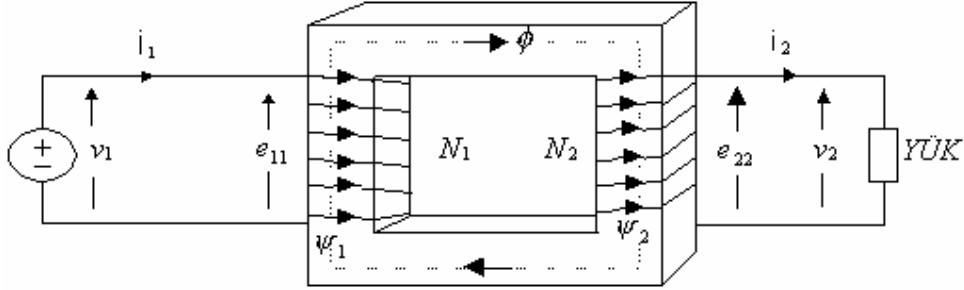
Transformatörler elektrikî sistemin farklı gerilim seviyelerindeki iki kapısını kuplajlı bobinlerin meydana getirdiği magnetik alan ile bağlayan, magnetik alan üzerinden kapılar arasında her iki yönde elektrik enerjisinin alınıp verilmesine izin veren, statik cihazlardır. Trafo; düşük güçlü, düşük akımlı elektronik ve kontrol devrelerinden, çok yüksek gerilimli güç sistemlerine kadar değişik türden sistemlerin en önemli parçalarından biridir. Trafolar haberleşme sistemlerinde kullanılan küçük ünitelerden yüksek gerilim sistemlerinde kullanılan yüzlerce ton ağırlığındaki çok büyük güçlü ünitelere kadar geniş bir alanda kullanılırlar.

Trafoların en önemli görevleri;

- Elektrik güç sistemlerinde akım ve gerilim seviyelerini değiştirmek.
- Elektronik ve kontrol devrelerinde maksimum güç transferi için kaynak ve yük empedansı uyumunu sağlamak.
- Elektriksel izolasyonu sağlamak. (Bir devreyi diğerinden izole etmek. Örneğin

doğrultma devrelerinde alternatif akım tarafında sürekliliği sağlarken doğru akım tarafını izole etmek.)

Primer ismini taşıyan birincil sargıya belli bir gerilim ve frekansta elektrik gücü verilir. Sekonder yani ikinci sargıdan ise değiştirilmiş gerilimde güç alınır. Şekil 3.39'da görüldüğü gibi N_1 sarımlı primer sargı uçlarına V_1 gerilimi uygulanırsa sargıdan i_1 akımı geçer. $N_1 \cdot i_1$ mmk'sı nüvede ϕ akısını ve böylece N_1 sargısında ψ_1 akı halkalanmasını meydana getirir. Transformatorün girişine bir DC gerilim uygulanırsa çıkışında herhangi bir gerilim ölçülmez. Bundan dolayı KGK çıkışlarında kullanılan trafolar cihaz içerisindeki yüksek DC gerilimin herhangi bir olumsuzlukta KGK çıkışındaki yüklere iletilmesini önler. Gerek zayıf akım, gerekse kuvvetli akım tekniğinde transformatorler çok çeşitli isimler almaktadır.



Şekil 3.39 Tek fazlı transformatorün prensip şeması

Örneğin redresör (doğrultucu) transformatorleri flaman transformatorleri, izolasyon transformatorleri, çıkış transformatorleri, güç transformatorleri, gerilim transformatorleri vb. Zayıf akımda kullanılan şebeke transformatorleri, yalıtma transformatorleri, oto-transformatorleri, gerilim transformatorleridir. İdeal halde, bir transformator girişine uygulanan alternatif güç, çıkışındaki alternatif güce eşittir. Transformatorlerde verim çıkış gücünün, giriş gücüne oranı olarak tanımlanmaktadır. Verim şu şekilde ifade edilmektedir.

$$P_0 = \text{Çıkışta Alınan Güç}$$

$$P_1 = \text{Girişten Tüketilen Güç}$$

$$\text{Verim} = \eta = \frac{P_0}{P_1} \quad (3.50)$$

Transformator; tasarım frekansı, akımı, gerilimi ve gücü (nominal değerleri) ile ifade edilir. Nominal gerilimin nüvedeki akı yoğunluğunu doymanın altında tutan, nominal akımın ise;

transformatörün fazla ısınmasına neden olmayan değerde olması gerekir. Bu sebepten trafonun güç kapasitesi, Watt olarak Aktif Güç ile değil, Volt-Amper ile ölçülen Görünür Güç (S) ile verilir.

V_1 :Primer gerilimi (V)

V_2 :Sekonder gerilimi (V)

N_1 :Primer sargı sayısı

N_2 :Sekonder sargı sayısı

I_1 :Primer akımı (A)

I_2 : Sekonder akımı (A)

Olduğuna göre dönüştürme oranı ;

$$a = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} \quad (3.51)$$

3.7.2 Transformatör Hesabı

Transformatör yapımında kullanılan malzemeleri;

1. İletken Malzemeler
2. Yalıtkan Malzemeler
3. Magnetik Malzemeler

olmak üzere üç kısma ayırabiliriz. Sargı teli olarak bakır teller tercih edilmektedir. Yalıtkan malzemeler seçilirken elektriksel, mekanik, termik ve kimyasal özellikler göz önüne alınır. Kullanılan yalıtkan malzemeler şunlardır; Ağaç, fiber, ebonit, bakalit, kağıt, yalıtkan bez, makaron, amyant, mika, keten şerit, ipek şerit ve vernikleri sayabiliriz. Magnetik- çekirdek malzemesi olarak silisyumlu çelik saclar kullanılmaktadır.

$$V_1 = 4,44 \cdot \phi \cdot N_1 \cdot f \cdot 10^{-8} \quad (3.52)$$

$$V_2 = 4,44 \cdot \phi \cdot N_2 \cdot f \cdot 10^{-8} \quad (3.53)$$

ϕ : Magnetik Akı (Maxwell)

f : Transformatör Girişine Uygulanan Frekans (Hz)

KGK'larda olduğu gibi, gerilim daha yüksek değere çıkarmak için transformatör girişine uygulanan sinyal kare dalga şekli olmalıdır. Bu durumda 4,44 katsayısı yerine 4 kullanılır. Burada bahsi geçen Φ magnetik akısı şu bağıntıyla hesaplanır.

$$\phi = B \cdot S \quad (3.54)$$

B magnetik akı yoğunluğu birimi (Gauss), S magnetik gövde kesiti birimi cm'dir. Günümüzde, SI birim sisteminde B magnetik akı yoğunluğu birimi $Weber/m^2$, ϕ magnetik akı birimi de $Weber$ 'dir. Kısaca $Weber/m^2$ birimi Tesla (Tesla = 10000 Gauss), 1Weber = 10¹⁰ Maxwell eşitlikleri kullanılır.

Transformatör sac cinsine göre B = 6000 ile 16000 Gauss arasında muhtelif değerler alır. Adi transformatör sacları için yaklaşık 7500 Gauss alınır. Hesaplamalar daha tutarlı sonuç verecektir. Magnetik çekirdeğin gövde kesidi; primer ve sekonder sargılarının sarıldığı bobin karkasının kavradığı çekirdeğin yüzölçümüdür. Buna göre; A ve H boyutlarının çarpımına eşittir.

Transformatörlerde akım yoğunluğu soğutmasız tiplerde $I_d = 1.7 A/mm$ ve soğutmalı tiplerde $I_d = 3 A/mm$ olarak alınır. Bu telin çapı d ile kesiti Q ile arasında şu bağıntı vardır.

$$Q = 0.8 \cdot d \quad (3.55)$$

3.7.3 Kesintisiz Güç Kaynaklarında Giriş Trafoları

Şebeke gerilimini düşürerek veya yükselterek aküleri şarj edebilecek düzeye getiren trafolardır. Giriş trafoları oto trafoları ve izole trafoları olarak iki farklı yapıda olabilirler. Giriş trafoları On-Line KGK'larda çıkış gücünün %30'u kadar bir güçtedir. Off-Line ve Line-Interactive KGK modellerinde çıkış gücünün %10'u veya %30'u civarında yapılırlar. İzole giriş trafoları özellikle On-Line KGK'larda çok fazla yer kaplarlar ve maliyeti yükseltir. Maliyeti düşürmek için bazı yerlerde oto-trafoları kullanılır.

3.7.4 Kesintisiz Güç Kaynaklarında Çıkış Trafoları

Çıkış trafoları inverter ünitesinin akü gerilimi civarında ürettiği AC işareti 220 V AC 'ye yükselten izole yapıdaki trafolardır. KGK'nın yapısına göre değişik sargılara sahip olabilirler. Off-Line KGK'larda aynı zamanda giriş trafosu olarak kullanıldıkları için bu cihazlarda tek trafo vardır.

Çıkış trafosu Kesintisiz Güç Kaynağının çıkış gücünü karşılayabilecek güçte olmak zorundadır. Boyutları büyük ve maliyetleri yüksektir.

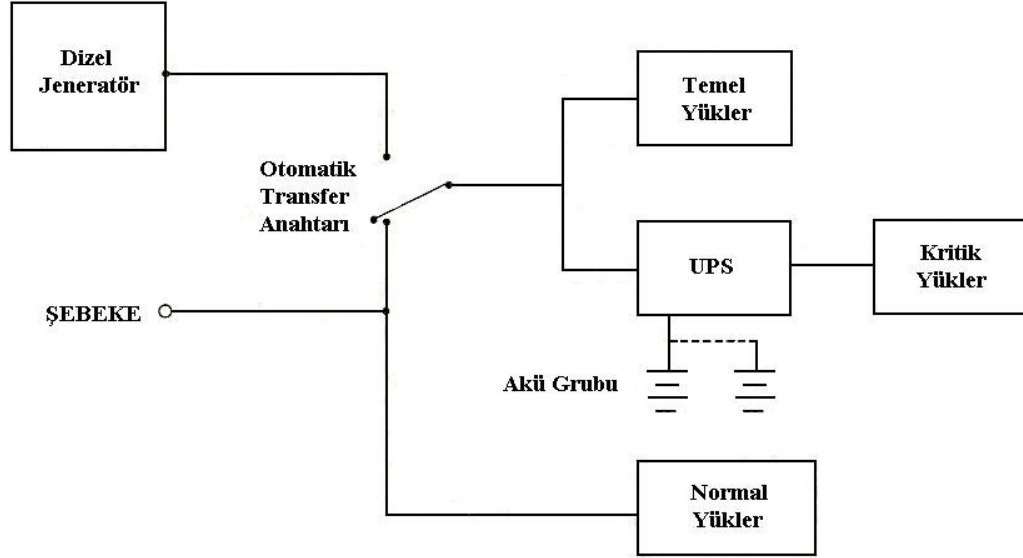
3.7.5 Besleme Ve İşaret Trafoları

Elektronik kartların beslenmesini sağlayan ve giriş-çıkış geriliminden küçük genlikli, işaret boyutunda örnekler almak için kullanılan izole tipte trafolardır. Besleme trafoları KGK modellerine göre 10–20 W gücünde olabilirler. KGK çıkış gücüyle doğrudan bir bağlantıları yoktur. Aynı marka ve modeldeki KGK'nın kontrol kartları bütün güçlerde ayrı olduğu için besleme trafoları da değişmez. İşaret trafoları giriş ve çıkış gerilimlerini ölçmek ve elektronik kartlara geri besleme bilgisi vermek için kullanılırlar. Güçleri 10–15 W civarındadır ve bütün güçlerdeki KGK'larda aynıdır. Maliyetleri yüksek değildir.

4. KESİNTİSİZ GÜÇ KAYNAKLARININ JENERATÖR ile ORTAK ÇALIŞMASI

Daha önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi uzun süreli elektrik kesintilerinde akü grubunun toplam Ah değerini artırarak yükü beslemek yerine, KGK'nın jeneratör sistemleriyle birlikte projelendirilmesi en sağlıklı çözüm olmaktadır. Jeneratörlerin yükü üzerine kesintisiz alamaması, bazı kritik yükleri besleyecek yeterli kalitede çıkış dalga şekli oluşturamaması ve frekans kararlılığı bakımından eksik olması gibi negatif yanları da vardır. KGK ise jeneratörün aksine yükleri kesintisiz olarak üzerine alabilmekte ve kritik yükleri şebekede meydana gelecek her türlü bozulmalara karşı besleyebilecek kalitede ve kararlı frekansta çıkış gerilimi ve üretebilmektedir.

Yaşanacak elektrik kesintisinin süresinin tahmin edilememesi, uzun süreli akü gruplarının sınırlı bir kullanım ömrünün olması ve kuru tip akülerin maliyetlerinin oldukça yüksek olmasından dolayı uzun süreli işletme maliyeti düşünülerek Kesintisiz Güç Kaynaklarının 5–15dk akü grubuyla jeneratör destekli çalışması günümüzde birçok işletme için en optimum kullanım şekli olmaktadır.



Şekil 4.1 Dize jeneratör ile KGK ortak besleme şeması

Şekil 4.1'de gösterildiği gibi şebekeye paralel bağlı dize jeneratör sistemi olası bir elektrik kesintisinde veya şebekenin uygun limitler dışında olması esnasında devreye girecektir. Jeneratörlerin devreye girme süreleri günümüzde 6–8 saniyeye kadar inmiştir. Herhangi bir elektrik kesintisinde kritik yük olarak tanımlanan yükler KGK üzerinden beslenecektir. Bu

esnada jeneratör sistemi devreye girerek otomatik transfer anahtarı vasıtasıyla sistemi beslemeye devam edecektir. Böylelikle KGK girişi jeneratör ile beslenecektir. KGK bu esnada hem akülerini şarj edecek hemde çıkışındaki kritik yükleri kararlı gerilim ve frekansta beslemeye devam edecektir.

Kesintisiz güç kaynaklarının doğrultucu üniteleri yapılarına göre şebekeye akım harmonikleri yayarlar. Bu değerler doğrultucu ünitesi ele alınırken ayrıntılı olarak verilmiştir. Bu akım harmoniklerini bastırmak amacı ile pasif filtre kullanarak ekonomik çözümler üretme yoluna gidilse bile pasif filtre çözümleri beraberinde bir takım problemleri ve verim kayıplarını da getirir.

Çizelge 4.1 Çeşitli KGK güçlerine ve giriş akım bozulmalarına göre jeneratör gücü

KGK Gücü	KGK Giriş Güç Faktörü	KGK Giriş Akım THD	Jeneratör Gücü
10kVA	0,8	%30–35	21kVA
10kVA	0,98	%5	13kVA
40kVA	0,8–0,85	%10–12	68kVA
40kVA	0,98	%5	52kVA

Kesintisiz güç kaynakları ve jeneratörlerin beraber çalıştıkları uygulamalarda, göz önünde bulundurulması gereken hususları, şu şekilde sıralamak mümkündür.

4.1 Adım Yüğü

Jeneratör, çalışmaya başlayıp yükü üzerine almaya kalktığı anda, KGK'nın üzerinde ki toplam yükü kaldıramayıp çıkış geriliminde ve frekansında salınımlara yol açabilir. Bu problemin iki sebebi vardır. Birincisi jeneratör sistemlerinde daha ekonomik olması nedeniyle düşük kapasiteli motor-alternatör gruplarının kullanılması ve bu sebeple jeneratör adım güçlerinin, anma güçlerine oranla %35 - %50 seviyelerinde kalmasıdır. Diğer bir deyişle 100kVA'lık bir jeneratör, KGK ile birlikte çalışırken aslında 35-50kVA'lık bir sistem gibi davranacaktır. Çünkü jeneratör parça parça üzerine yük olarak tam kapasitede çalışabilen, ancak yükün KGK gibi aktif olarak üzerine bindiği durumlarda düşük performans gösteren elektro mekanik bir sistemdir. İkincisi KGK'da bulunan doğrultucu ünitesinin akım sınırlamasını yeterince hızlı bir şekilde yapamamasıdır. Power walk-in (soft start, yumuşak kalkış) denilen, doğrultucunun rampa şeklinde start alması da bazen yeterli olmamaktadır. Bu durumda KGK'nın ani demeraj akımları çekmesini önlemek için jeneratör mod akım sınırlama kartı

kullanılması ve jeneratörden çalışma sırasında farklı şarj rejimleri kullanılması ve farklı akım sınırlama rejimlerine geçilmesi ile problem çözümlenebilir.

4.2 Sinüs Dalga Şeklinde Bozulmalar ve Harmonik Akımlar

Pek çok KGK sisteminin doğrultucuları enerji kaynağında (jeneratör) bozulmalara neden olabilir. Bu bozulmalar jeneratörlerin kontrol ünitelerinin zarar görmesine yol açabilir. Ayrıca doğrultucular harmonik akımları nedeni ile sinüs akım çekmeyebilir. Akımın sinüs dalga şeklinden uzaklaşmasına yol açan etki Toplam Harmonik Distorsiyon (THD) olarak adlandırılabilir. Bu harmonik akımlar jeneratörlerin aşırı ısınmalarına, regülasyonlarının bozulmalarına yol açabilir. Başlıca doğrultucu tipi olarak pek çok üretici 6 darbeli doğrultucuyu tercih etmektedir ki bu yapıların şebekeden çektikleri akım şekli daha önceki bölümlerde gösterildiği gibidir ve akım harmonik oranı %33'ler civarındadır. 6 darbeli olmaları nedeni ile burada etkin olan harmonik bileşen $n-1 = 6-1 = 5$ ve buna ek olarak 7. harmoniktir. Oysa 12 darbeli bir sistemde etkin olan harmonik bileşen 11. ve ek olarak 13. harmoniktir. Buradaki THD ise opsiyon olarak üretilen 12 darbeli sistemlerde %10-12 civarındadır. Bu değer KGK ile jeneratörün problemsiz çalışması için yeterlidir.

Bazı üreticiler ucuz bir çözüm olması için filtre kullanmayı tercih ederler ancak filtre çözümü beraberinde başka problemleri de getirir. Başlıca problem, filtrelerin belirli bir akım ve empedans değeri göz önüne alınarak dizayn edilmiş olmaları ve pasif olarak görev almalarından dolayı yük değişimlerine cevap verememeleridir. Bunun en basit açılımı düşük yüklerde filtre giriş akımı harmoniklerini bastırmak bir yana problemin ana kaynağı olarak başrolü oynayacaktır. Dikkat edilmesi gereken konu 6 darbeli herhangi bir doğrultucuda dahi %33 olan akım harmoniği yanlış yük ve harmonik filtre seçimi nedeniyle burada %49,5'e kadar çıkmaktadır. Bu nedenle 80kVA ve üzeri güçlerde yük değişimi büyük farklılıklar gösterebileceğinden KGK sisteminin 12 darbe doğrultuculu olanları tercih edilmesi gerekmektedir.

4.3 Gerilim Yükselmesi

Bu bir uygulama hatası olup genellikle KGK gücü ile jeneratör gücünün birbirine yakın seçilmesi ve KGK dışında büyük yük olmaması halinde ortaya çıkar. KGK jeneratöre ilk geçtiği anda doğrultucu kapalıdır ve soft-start (yumuşak kalkış) ile çalışmaya başlar. Eğer bu durumda jeneratör üzerindeki tek yük harmonikleri bastırmak için kullanılan giriş filtresi ise bu jeneratör için aşırı uyarma enerjisi yaratır. Pek çok jeneratör kontrol sistemi bu aşırı uyarılmaya yeterince cevap veremez ve gerilimde % 120'lere varan kontrolsüz gerilim

üretmesi (genellikle jeneratör demirinin manyetik doyuma gitmesi sebebiyle) gibi problemlere yol açar. Bu yüzden jeneratörlere filtre ile çalışma durumlarında ön yük ile start verilerek bu problemin üstesinden gelinmeli ya da KGK üreticisinin filtre sistemini geçici olarak kapatan bir mekanizma sunması gerekmektedir ki bu durumda da harmonik problemi ortaya çıkabilecektir.

4.4 Frekans Dalgalanmaları

Jeneratörler yük değişimlerine cevap verebilmek ve frekansı kontrol edebilmek için doğal limitlere sahiptir. Fonksiyon karmaşıktır ve sadece jeneratörün özelliklerine bağlı olmayıp, governör (jeneratörün ürettiği çıkış geriliminin frekansının kararlı olmasını sağlayan hız kontrol ünitesi) cevap hızının dönme ataletine ve yükün frekans değişimlerine reaksiyonuna da bağlıdır. Jeneratördeki frekans dalgalanmasının en belirgin sonucu olarak kronik bir şekilde ortaya çıkan KGK-By-Pass senkronizasyon olamama durumudur.

İyi bir kontrol yapısı ile hem motor-jeneratör, hem de KGK üreticisi frekans dalgalanma problemlerini ya ortadan kaldırmalı ya da minimize etmelidir.

Motor, hızlı yanıt veren bir governöre sahip olmanın yanı sıra yüke göre ayarlanmış ve doğru boyutlandırılmış olmalıdır. Benzer şekilde de KGK geniş bir frekans kabul aralığına sahip olacak şekilde tasarlanmış olmaktadır. Tabi ki bu arada jeneratörün voltaj regülâtörü governörden daha hızlı reaksiyon göstermemelidir. Aksi takdirde KGK'nın doğrultucu kısmı ile kararlı olmayan bir durum ortaya çıkar. KGK üreticisi hızlı frekans değişimlerine cevap verebilen bir sistem geliştirmek durumundadır. KGK'nın doğrultucusu saniyede en az 3Hz'lik değişimlere cevap verebilecek kabiliyete sahip olmalıdır.

4.5 By-Pass'a Senkron Olmak

KGK çıkışının kesintisiz olması ve evirici-bypass hatları arası geçişlerde çakışma olmaması için KGK evirici çıkışının by-pass hattına senkron olması gerekmektedir. Bunun sağlanabilmesi için kararlı frekansta çalışan jeneratör ve frekans cevap aralığı genişletilmiş KGK kullanılmalıdır. Aksi takdirde jeneratörden çalışma esnasında KGK By-Pass hattına bağlı olan jeneratöre senkron olamayacak ve By-Pass transfer işlemini gerekmesi durumunda KGK ve jeneratör durumları uygun olamayacaktır.

4.6 Otomatik Transfer Panosu

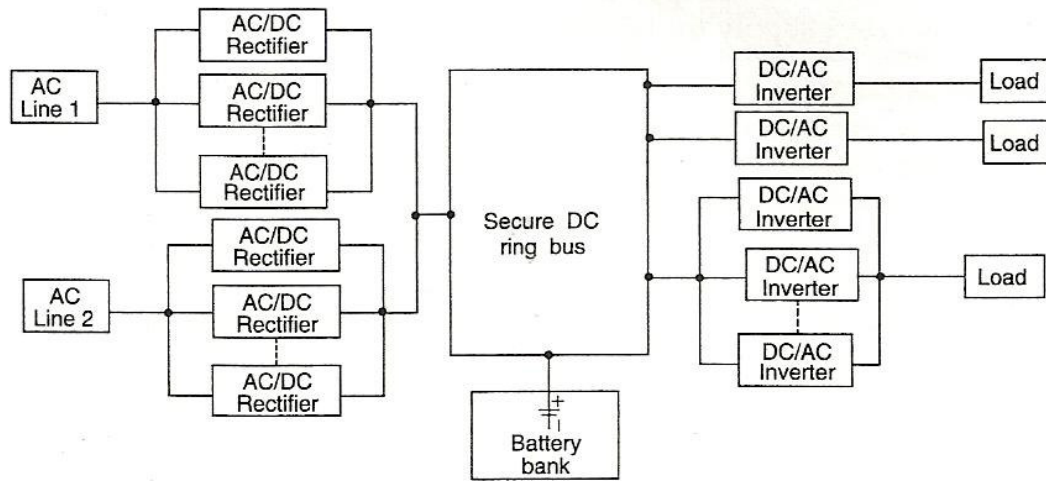
Pek çok KGK-Jeneratör bağlantısı otomatik transfer anahtarı ile çalışır ve şebekenin geri gelmesi durumunda KGK şebekeden beslenecek şekilde aktarma işlemi yapılır. Bu şekilde yapılan hızlı bir transfer işlemi bir problemin kaynağı olabilir. Eğer KGK girişinde 12 darbeli doğrultucu yerine pasif filtre kullanılmışsa ve transfer anahtarı motor yükleri de içeriyorsa filtre transfer esnasında bir uyarma enerjisi yaratır. Bu uyarma kaynağı bu motorları, onların ataletlerini bir enerji kaynağı gibi kullanarak onları jeneratör gibi davranmaya iter. Eğer bu transfer çok hızlı olursa ortaya çıkan alternatif enerji kaynakları gerilimde beklenmedik faz çakışmalarına ve sonucunda da hem bu motor yüklerinin hem de KGK'nın zarar görmesine yol açar. Bu amaçla özellikle 100kVA üzerindeki büyük sistemlerde kullanılan filtre yapılarının jeneratörden şebekeye geçişi esnasında KGK tarafından otomatik olarak devreden çıkartılan yapılar ile birlikte sunulması gereklidir.

5. KESİNTİSİZ GÜÇ KAYNAKLARINDA PARALEL ÇALIŞMA

Günümüz teknolojisiyle birlikte yük karakteristiklerinin kalitesi ve hassasiyeti artmıştır. Bundan dolayı kritik yük olarak tanımlanan birçok yükün tek bir KGK tarafından desteklenmesi, yatırım maliyeti olarak avantajlı olsa bile güvenlik açısından yeterli olamamaktadır. Şebekeden çalışma ve herhangi bir KGK arıza riskine dayanamayacak yapıda olan yüklerde yüksek güvenilirlik elde etmek için KGK'lar paralel çalıştırılırlar. Paralel çalışmaların bir diğer avantajı ise sürekli büyüyen sistemlerde, KGK gerekli gücü karşılayamaz duruma geldiğinde KGK'yı değiştirmek yerine mevcut sisteme ilave edilen bir KGK ile güç artırılabilir.

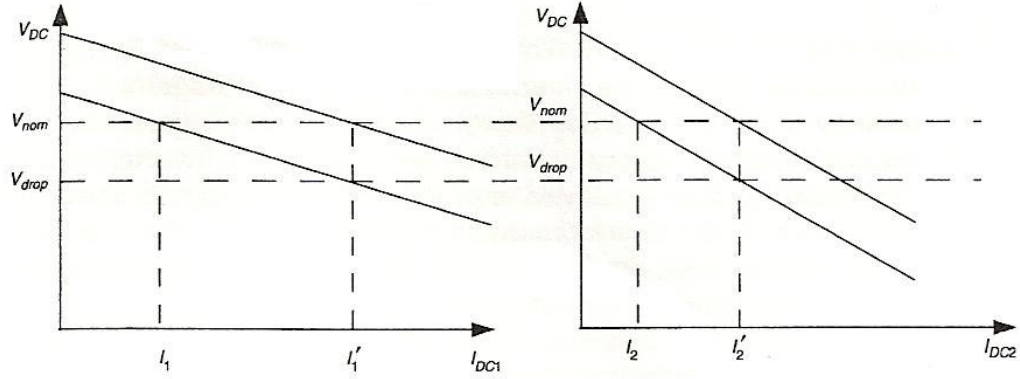
Paralel sistemlerde adından da anlaşılacağı üzere KGK'ların çıkışları bir dağıtım panosunda birleştirilir. Dağıtım panosunun amacı arızalı KGK'yı yükü etkilemeden çıkarmaktır.

Şekil 5.1 'de iki farklı şebekeden beslenen paralel doğrultucular ile elde edilen DC bara ve yine paralel çalışan inverterler ile beslenen kritik yükler sembolize edilmiştir.



Şekil 5.1 Çift beslemeli paralel doğrultuculu KGK blok diyagramı

Şekil 5.1'deki sistemin çalışma prensibi Şekil 5.2 yardımıyla açıklanabilir. Beslenen yüklerdeki bir değişim karşılığında DC bara gerilimi düşer. Bu sistemde doğrultucular gerilim kontrol modunda çalışır. Düzgün DC gerilime dönmek için akımlarını artırırlar. Akımdaki tüm artış ($\Delta I = \Delta I_1 - \Delta I_2$) iki ayrı doğrultucu arasında gerilim düşümüne göre dağıtılır.



Şekil 5.2 Şekil5.1'deki sistemin gerilim düşümü karakteristikleri

Şekil 5.1'deki sistem sanayide oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Ortak DC bara geriliminden beslenen yükler önem derecelerine göre gruplandırılarak daha düşük öncelikli yükler daha yüksek DC bara geriliminde kapatılarak önemli yüklerin besleme süreleri uzatılabilir.

5.1 Paralel Operasyonun Temel Prensipleri

İnverterden V_{in} çıkış voltajı ile V_c kritik bara voltajı arasında transfer edilen gerçek ve reaktif güç şu şekilde ifade edilir.

$$P = (V_{in} \cdot V_c \cdot \sin \delta) / Z \quad (5.1)$$

$$Q = (V_{in} / Z) - (V_{in} \cdot V_c \cdot \cos \delta) / Z \quad (5.2)$$

V_{in} ve V_c aynı fazda fakat farklı genlikte olduğunda reaktif güç tüketilir. V_{in} ve V_c aynı genlikte fakat farklı fazda olduğunda aktif güç vardır. V_{in} ve V_c farklı faz ve genlikte olduğunda hem aktif hemde reaktif güç vardır. δ küçük olduğunda gerçek güç akışı ana olarak bu δ 'ya ve reaktif güç akışı da ana olarak V_{in} geriliminin büyüklüğüne bağlıdır. Frekansın kontrolü dinamik olarak güç açısını kontrol eder ve sonuç olarak gerçek güç akışını kontrol etmiş olur. UPS inverterlerinin çok düşük çıkışlı empedansı (Z) nedeniyle çok düşük değerlerdeki δ bile aktif güç akışında çok büyük dalgalanmaya yol açar.

5.2 Kesintisiz Güç Kaynaklarında Paralel Çalışma Şekilleri

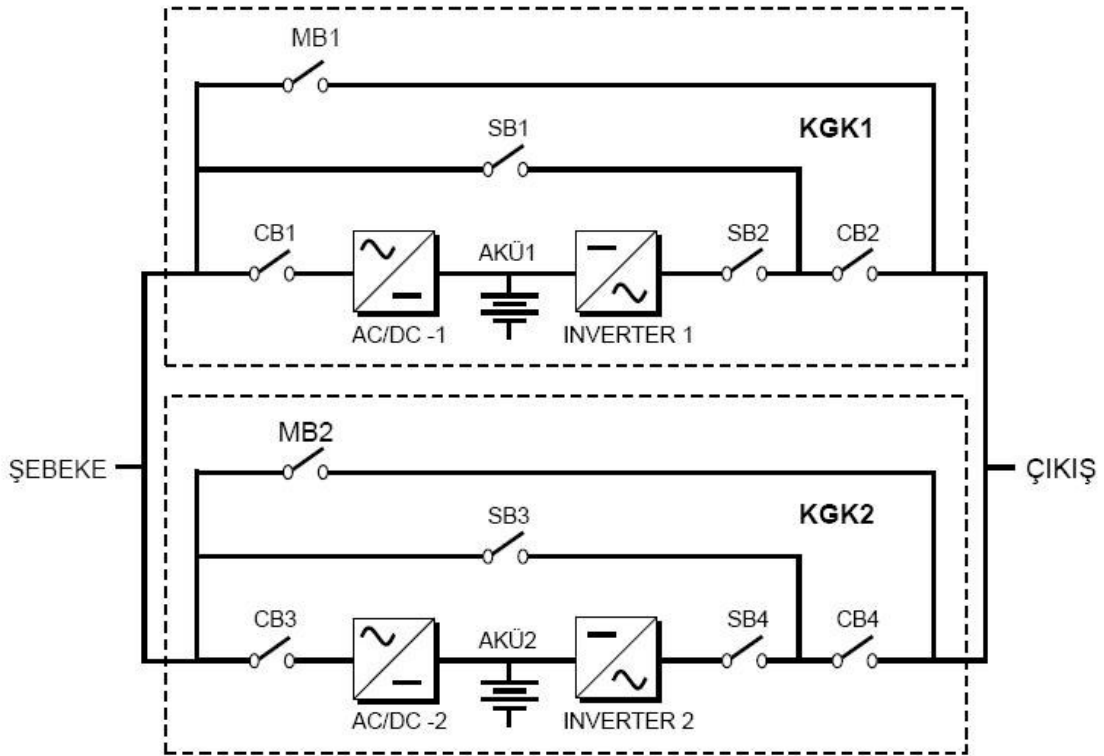
Paralel çalışmada üç tip çalışma şekli mevcuttur;

- Redundant Paralel Çalışma
- N+1 Redundant Paralel Çalışma
- Simetrik Paralel Çalışma

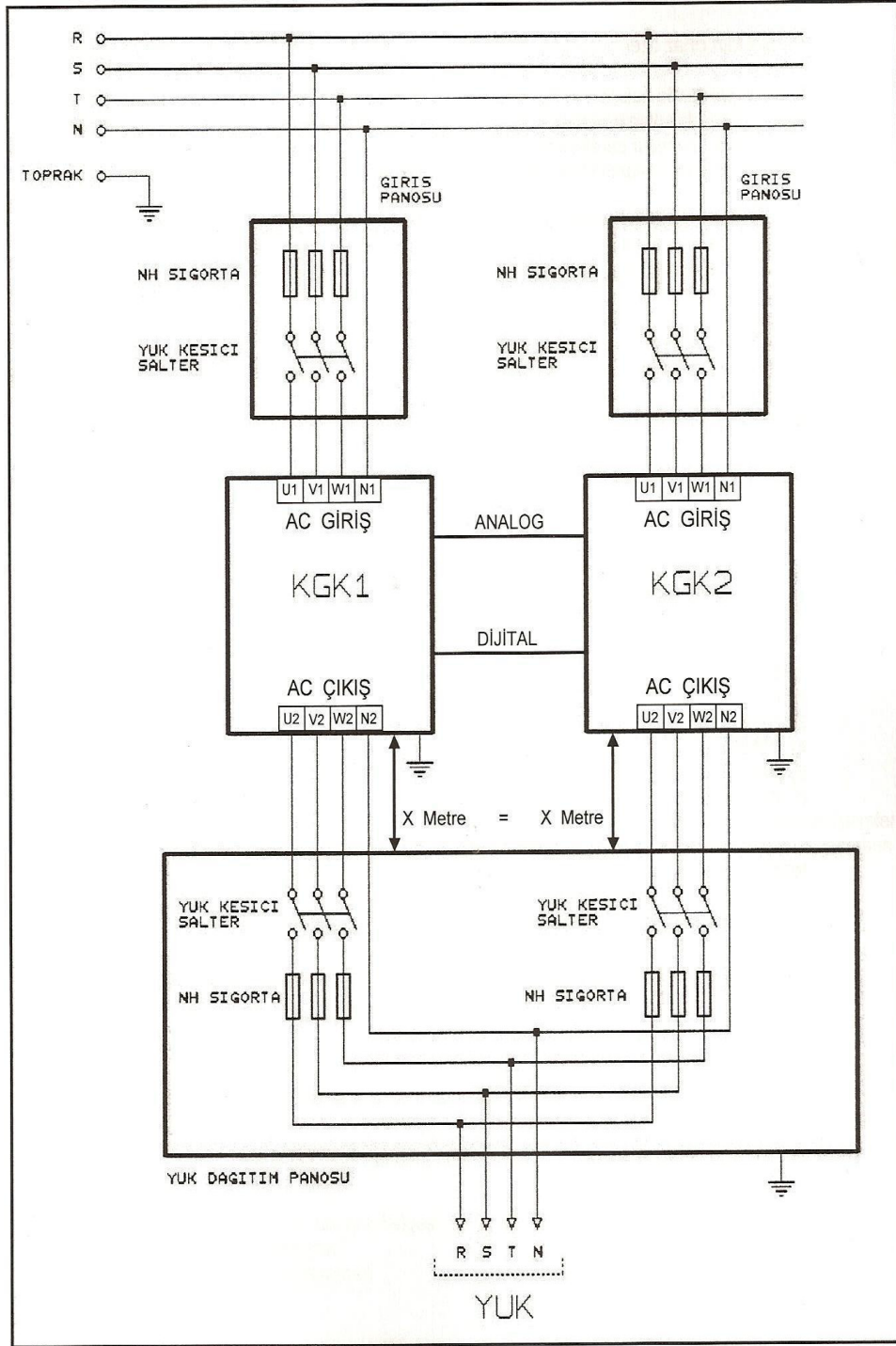
5.2.1 Redundant Paralel Çalışma Modu

Şekil 5.3'de 2 adet paralel bağlı KGK grubu görülmektedir redundant paralel modunda cihazların giriş ve çıkışları direkt olarak birbirlerine bağlanmıştır. Her iki KGK beraber aynı fazda ve frekansta elektrik üretir ve yükü beslerler.

Şekilde CB1-CB2-CB3-CB4 elemanları devre kesici şalterlerdir. Bunlarda CB1-CB3 KGK girişine gelen voltajı keser, CB2-CB4 şalterleri ise yüke giden voltajı keser. Normal çalışmada bütün şalterler açıktır.



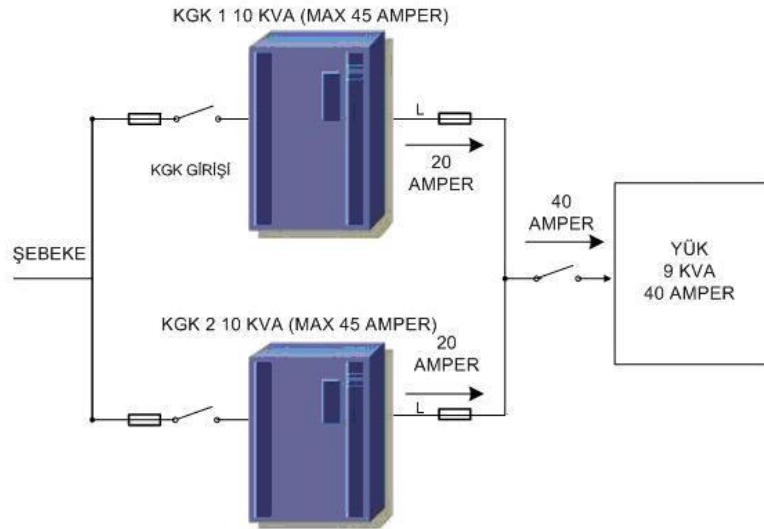
Şekil 5.3 Paralel bağlı iki KGK'nın oluşturduğu grubun prensip şeması



Şekil 5.4 Paralel KGC sistem bağlantı şeması

Cihazların girişinde ve çıkışında devre kesiciler vardır ve istenilen KGK devreden manuel olarak çıkarılabilir. KGK'lardan birinde herhangi bir arıza olursa kontrol devresi arızalanan KGK'yı devreden çıkarır. Bazı uygulamalarda akü grubu sadece bir tanedir, aynı grup iki KGK'yı birden besler. Amaç güç arttırımı veya yedekleme bile olsa bağlantı değişmez. Redundant çalışmada mevcut yük 2 KGK üzerinden ortak yük paylaşımıyla beslenir, olası bir KGK arızasında yük kesintiye uğramadan paralelindeki KGK üzerine devredilir.

Bu tür bağlantılarda çıkıştaki güç miktarının tek bir KGK'nın gücünden fazla olmaması gerekmektedir. Şekil 5.5'de iki adet 10kVA gücünde redundant paralel bağlı KGK sembolik olarak gösterilmiştir. Burada çıkıştaki 9kVA'lık bir yük için 2 adet 10kVA'lık KGK kullanılmıştır. Normal çalışma esnasında çıkış gücünü 2 KGK eşit oranlarda yüklenerek besler. Olası bir arızada ise çıkıştaki yükü tek bir KGK üstlenip beslemeye devam edecektir.



Şekil 5.5 Redundant paralel KGK sisteminin prensip şeması

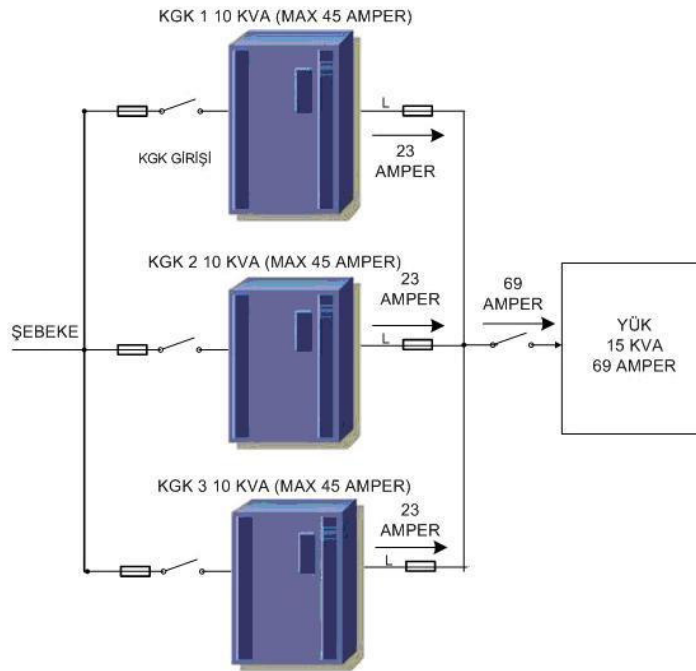
Redundant paralel çalışma modunun özellikleri:

- Tek bir KGK ya göre daha yüksek güvenilirlik
- Arıza durumunda kritik yükün KGK sız kalmaması.
- Düşük yük kapasitesi ile çalışmadan dolayı KGK cihazlarının ömrünün uzaması cihazın içinde bulunan ömürlü parçalar daha uzun süre hizmet verir.
- Servis anında sistemin KGK sız kalmaması bir KGK serviste iken diğerinin çalışması.
- KGK adedi+bypass kaynağı sayısı kadar enerji kaynağı ile çalışma.

- 2 KGK'dan daha fazla KGK'lı çok yüksek güvenilirlik seviyesinde sistemlerin kurulabilmesi.

5.2.2 N+1 Redundant Paralel Çalışma Modu

Bu modda aynı güçte en az 3 KGK kullanılır. Bu sistemin amacı 2 KGK cihazının her zaman devrede kalmasını sağlamak ve 3.cihazında arızalanacak herhangi bir KGK'nın yerini almasını sağlamaktır. Bu modda çalışma çıkış yük değeri 1 KGK'nın maksimum gücünden fazla ancak 2 KGK'nın toplam gücünden daha azdır.



Şekil 5.6 N+1 Redundant paralel KGK sistemini prensip şeması

Örnek olarak; 15kVA olan bir yük için 3 adet 10kVA çıkış gücünde KGK kullanılabilir, bu durumda KGK cihazlarından herhangi biri arızalanır ise kalan diğer 2 KGK sistemi beslemeye devam edecektir. Şekil 5.6'de N+1 redundant paralel çalışmanın prensip şeması verilmiştir.

Şekil 5.6'de gösterilen örnekte 10kVA çıkış gücüne sahip yani 220 volt gerilimde maksimum 45 Amper akım verebilen 3 adet KGK cihazının girişleri ve çıkışları birbirlerine bağlanmıştır. Sistemin maksimum akım besleme kapasitesi $45 \times 3 = 135$ Amperdir ancak bu devamlı yük olarak çekilemez bu durumda yedek güç kapasitesi kalmaz.

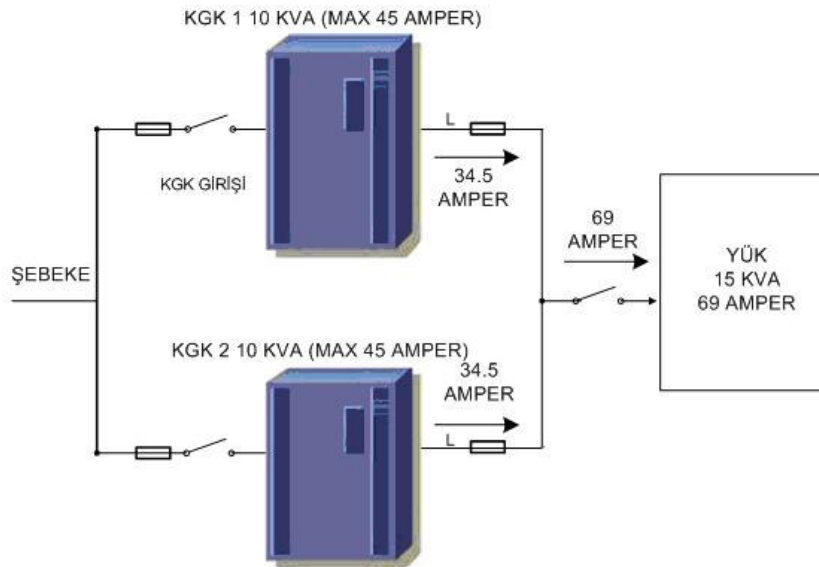
Eğer cihazların ön panelinden N+1 redundant (yedekli çalışma) modu seçilir ise 3 KGK toplam 69 amper akım isteyen bir yükü 23+23+23 amper olarak besleyeceklerdir. Sistemde iki cihazın birden arıza yapma olasılığı bir cihazınkine göre oldukça düşüktür hatta üç KGK birden arızalansa bile bypass kaynağı yedekte beklemektedir sistem yükü çok hızlı olarak bypass kaynağına aktarır.

N+1 Redundant modunun özellikleri:

- Tek bir KGK ya göre daha yüksek güvenilirlik
- Arıza durumunda kritik yükün KGK'sız kalmaması
- Düşük yük kapasitesi ile çalışmadan dolayı KGK cihazlarının ömrünün uzaması cihazın içinde bulunan ömürlü parçalar daha uzun süre hizmet verir.
- Servis anında sistemin KGK sız kalmaması bir KGK serviste iken diğer iki KGK'nın çalışması.
- 3 seviyeli enerji yedeklemesi
- Yedek olarak kullanılacak KGK diğer iki paralel KGK'dan birinin yerine geçeceği için yedek KGK maliyetinin düşük olması (yarı güçte)

5.2.3 Simetrik Paralel (Güç arttırımı) Çalışma Modu

Bu çalışma modunda yedek güç yoktur ve ihtiyaç duyulan güç paralel kullanılan KGK'ların toplam gücüne yakındır.



Şekil 5.7 Simetrik paralel (güç arttırımı) KGK sisteminin prensip şeması

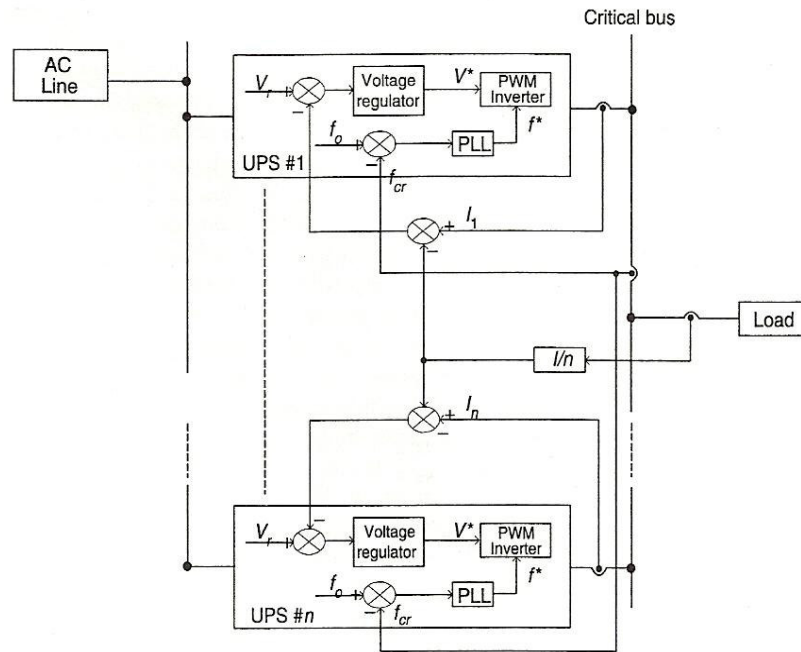
Yani sistemde kullanılan 10kVA gücünde bir KGK, yükün artmasından dolayı yetersiz duruma düşebilir bu gibi durumlarda ikinci bir 10kVA KGK daha sisteme paralel bağlanır ve toplam 20kVA gücünde bir kaynak oluşturulur. Sistemde iki veya daha fazla KGK kullanılabilir.

Şekil 5.7’de gösterilen örnekte 10kVA çıkış gücüne sahip yani 220 Volt gerilimde maksimum 45 Amper akım verebilen 2 adet KGK cihazının girişleri ve çıkışları birbirlerine bağlanmıştır. Sistemin maksimum akım besleme kapasitesi $45 \times 2 = 90$ amperdir. Eğer cihazların ön panelinden paralel modu seçilmiş ise 2 KGK toplam 69 Amper akım isteyen bir yükü $34.5 + 34.5$ Amper olarak besleyeceklerdir.

Sistemde KGK yedeği yoktur bypass kaynağı yedek enerji olarak kullanılır. Simetrik paralel modunda 2 KGK ile paralel sistem oluşturulur ise 2 seviyeli bir yedekleme oluşur. Simetrik paralel modunun diğer modlara göre bir avantajı yoktur ancak güç yetersiz kaldığı durumlarda mecburiyetten kullanılır.

5.3 Master-Slave Kontrol

Ana ünite de PLL aktif durumdadır. Sürekli olarak çıkış voltajının frekansını senkronize etmeye destek olur. Diğer inverter slave olarak çalışır. Paralel kontrol üniteleri tarafından sağlanan referans akımı incelemekte kontrol edilir.



Şekil 5.8 Konsantre kontrol stratejisi blok diyagramı

Paralel kontrol ünitesi konsantre kontrol metodunun aynı özelliklerine sahiptir. Bu nedenle yük akımından alınan referans akım, frekans ve faz referansı olarakta hizmet eder. Sonuç olarak slave ünite ayrı çalışan bir PLL devresine sahip olmak zorunda değildir. Ana ünite hata verirse slave ünitelerden birinin PLL devresini devreye alarak onun yerine koyar.

6. 200 kVA 12 DARBE DOĞRULTUCULU KESİNTİSİZ GÜÇ KAYNAĞI ÜZERİNDE İNCELEME ÖLÇÜM ve ANALİZLER

Bu bölümde, kritik yük olarak nitelendirdiğimiz medikal cihazlarda sıkça kullanım alanı bulan KGK'ların bir dijital görüntüleme merkezindeki MR (Manyetik Rezonans) cihazı ile çalışması ele alınarak, KGK'nın yapısı ve giriş çıkış karakteristikleri yapılan ölçümlerde incelenmiştir. Üzerinde incelemeler yapılmış olan 200 kVA KGK'nın elektriksel bağlantı şeması Şekil 6.1'de verilmiştir.

6.1 200kVA-12 Darbe Doğrultuculu KGK Sisteminin Kart Bilgileri

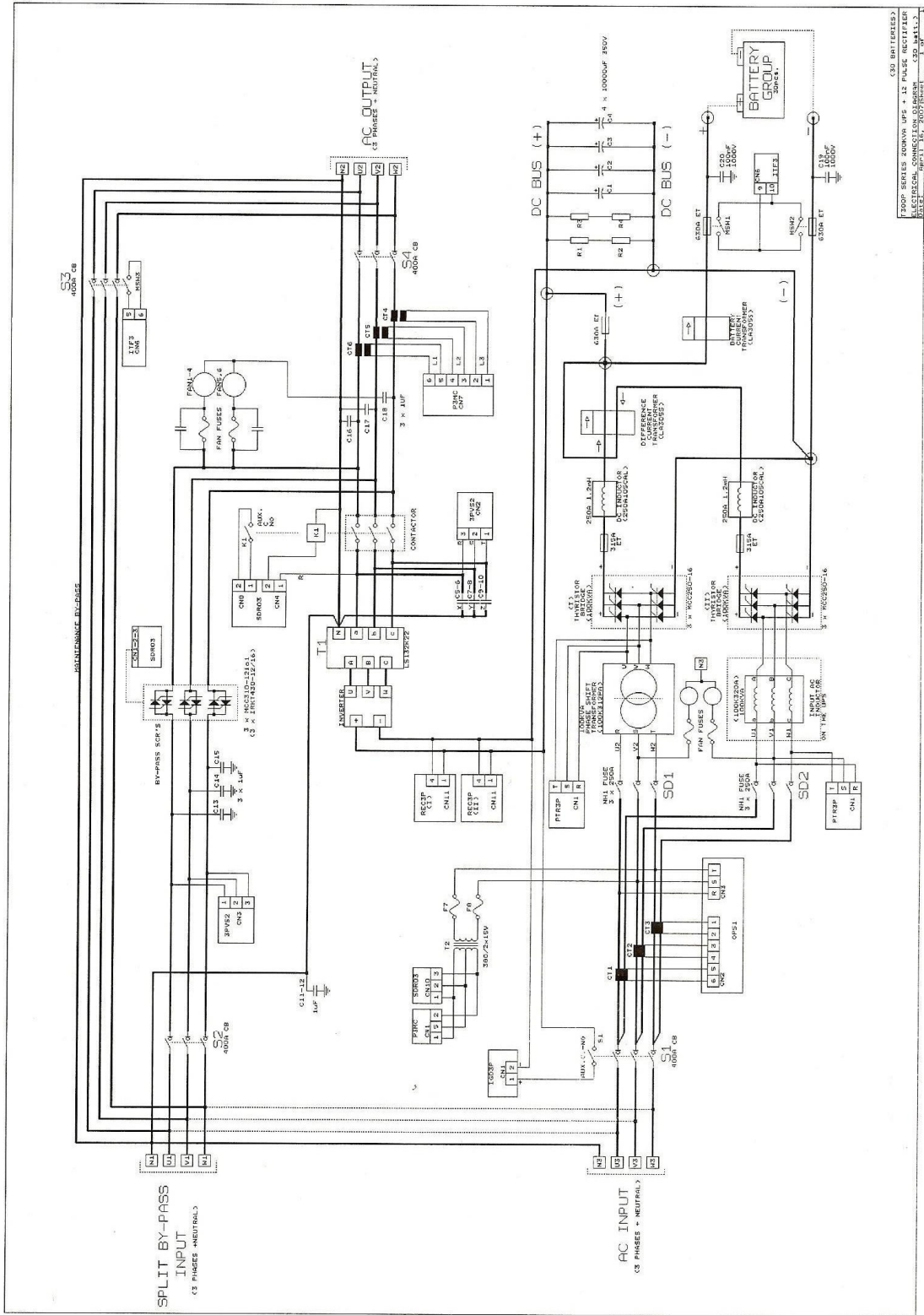
6.1.1 Doğrultucu Kontrol Kartı (REC3P)

Ele alınan KGK'da (Şekil 6.1) standart DC Bara gerilimi 405 voltur. Doğrultucu kontrol kartı akülerin tampon şarj gerilimine göre DC Bara voltajını kontrol eder. DC Bara voltajı 300V (akü tam deşarj gerilimi) ile 405 Volt arasında değişir. Aküler boşalmış ise, akülere verilen şarj akımı doğrultucu kontrol kartında ayarlanan maksimum akım limit seviyesinde olur. Akım yükselir ise doğrultucu otomatik olarak DC Bara gerilimini azaltacaktır. Akım sıfır olduğunda DC Bara gerilimi 405 Volt olur.

DC Bara evirici çıkış grubundaki IGBT elemanlarına bir sigorta ile bağlanmıştır. DC Bara kondansatörü sigortadan sonra konmuştur. Böylece kondansatör arızalarında sistem korunmuş olur. XT-300P Serisinin DC bara gerilimi normal olarak 405 voltur. Doğrultucu DC bara gerilimini Akü şarj gerilimine göre ayarlar. DC bara gerilimi 300V'tan (Akü zayıf seviyesi) 405V'a (Tampon şarj gerilimi) kadar değişebilir.

Doğrultucu kontrol kartının fonksiyonları aşağıda listelenmiştir.

- Şebekeye senkron olarak doğrultucu tristör grubunu sürer.
- DC Bara gerilimini kontrol eder.
- Akü şarj akımını kontrol eder.
- Boost şarj voltajı ayarlanabilir.
- Akü testi işlemini yapar.
- Giriş faz sırasını takip eder ve sıra hatalı ise ana kontrol kartına sinyal gönderir.



Şekil 6.1 200kVA-12 Pulse doğrultuculu KGK'nın elektriksel bağlantı şeması

6.1.2 Ana Kontrol Kartı (P3MC)

Ana kart üzerindeki mikroişlemci KGK'nın bütün fonksiyonlarını kontrol eder. Analog sinyaller direkt olarak ana karta gelir burada ölçülür ve değerlendirilir. Çıkış gerilim ayarı, çıkış frekansı ayarı, şebeke senkronizasyon ayarı bu kart üzerinde yapılır. RS232 haberleşme fonksiyonu bu kart tarafından gerçekleştirilir.

6.1.3 İnterface Kartı (ITF3)

İnterface kartının fonksiyonları aşağıda listelenmiştir

- KGK üzerindeki tüm şalter konumlarını ana karta irtibatlar.
- Aşırı ısı alarm termiklerini ana karta irtibatlar
- Akü kontaktörünü ana kontrol kartına bağlar.
- Şebeke kesik, akü zayıf ve by-pass alarmları ile ilgili KGK dışına bilgi verir.
- Uzaktan acil kapatma anahtarını ana kontrol kartına bağlar.
- Harici güç kaynağının durumunu ana karta bildirir.
- Akü trip sinyalini akü kontaktörünü gönderir.

6.1.4 Voltaj Örnek Kartı (3PVS2)

Voltaj örnek kartının görevleri şu şekildedir;

- Evirici çıkış gerilim örneğini ana karta gönderir.
- By-pass ve giriş gerilim örneklerini ana karta bildirir.

6.1.5 IGBT Sürücü Kartı (IGD3P)

IGBT sürücü kartının görevleri aşağıda listelenmiştir.

- Ana kart ile IGBT sürücü sinyallerini izole eder.
- Ana (harici) güç kaynağı bu kart üzerine yerleştirilmiştir.
- IGBT sürücü devreleri bu kart üzerindedir.
- DC Bara voltajı örnekleme elemanları bu kart üzerindedir.
- DC Bara çok düşük algılama devresi ve rölesi bu kart üzerindedir.
- IGBT sürücülerinden gelen IGBT hata alarm sinyalini ana karta gönderir.

6.1.6 By-Pass Tristör Sürücü Kartı Hakkında Bilgiler (SDR03)

By-pass tristör sürücü kartının fonksiyonları aşağıda listelenmiştir

- By-pass tristörleri sürme sinyallerini ana karttan izole eder.
- Tristör sürücüleri bu kart üzerine yerleştirilmiştir.
- Evirici çıkış tristörleri (opsiyon) bu kart üzerine yerleştirilmiştir.
- Opsiyonel evirici çıkış kontaktörü sürme devresi bu kart üzerindedir.
- Doğrultucu kartına giden sinyalleri ana karttan doğrultucu kartına iletir.

6.1.7 3 Faz Transformatör Kartı

Bu kartın görevleri aşağıda listelenmiştir

- Doğrultucu kontrol kartına besleme gerilimi sağlar
- Giriş 3 faz senkron sinyallerini doğrultucu kontrol kartına temin eder.

6.1.8 Haberleşme Kartı (RS330)

Haberleşme kartının görevleri;

- Ana kontrol kartı ile dışarıdan bağlanan bilgisayarı birbirlerinden izole eder.
- RS232 hat sürücüleri bu kart üzerindedir.
- KURU kontak röle çıkışlarını standart bağlantı kablosuna irtibatlar.

6.1.9 LCD Panel Kartı (P3 Panel)

LCD panel kartının fonksiyonları aşağıda listelenmiştir.

- LCD alfa nümerik (harf ve rakam gösterebilen) ekran bu kart üzerindedir.
- KGK 'nın durumu hakkında bilgi veren Mimik panel lambaları bu kart üzerindedir.
- Ön paneldeki butonları ana karta bağlar.
- Sesli uyarı elemanı bu kart üzerine takılmıştır.

6.2 KGK Giriş Çıkış Güç Ölçüm ve Analizleri

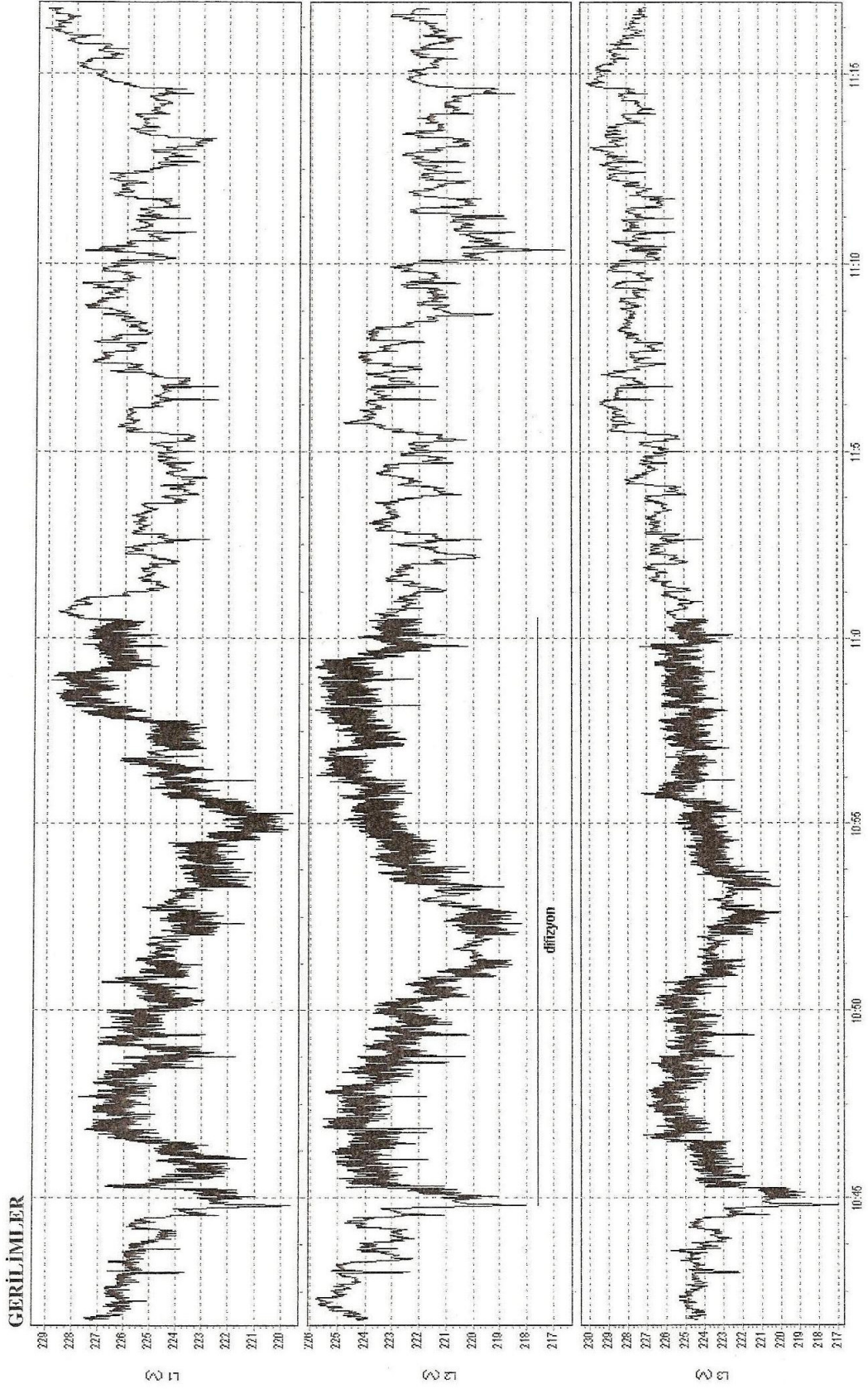
Ölçümler 200kVA gücündeki 12 Darbe doğrultuculu KGK'nın giriş ve çıkış kabloları üzerinden Fluke 435 B ve Fluke 43 B marka ve modeldeki cihazlar ile gerçekleştirilmiştir.

Öncelikle Fluke 435 B cihazı ile KGK girişinde gerilim, akım, frekans, aktif güç, reaktif güç, nötr akımı ve gerilimi, toplam harmonik akım ve gerilim bozulma seviyeleri, sırasıyla 3-5-7-9

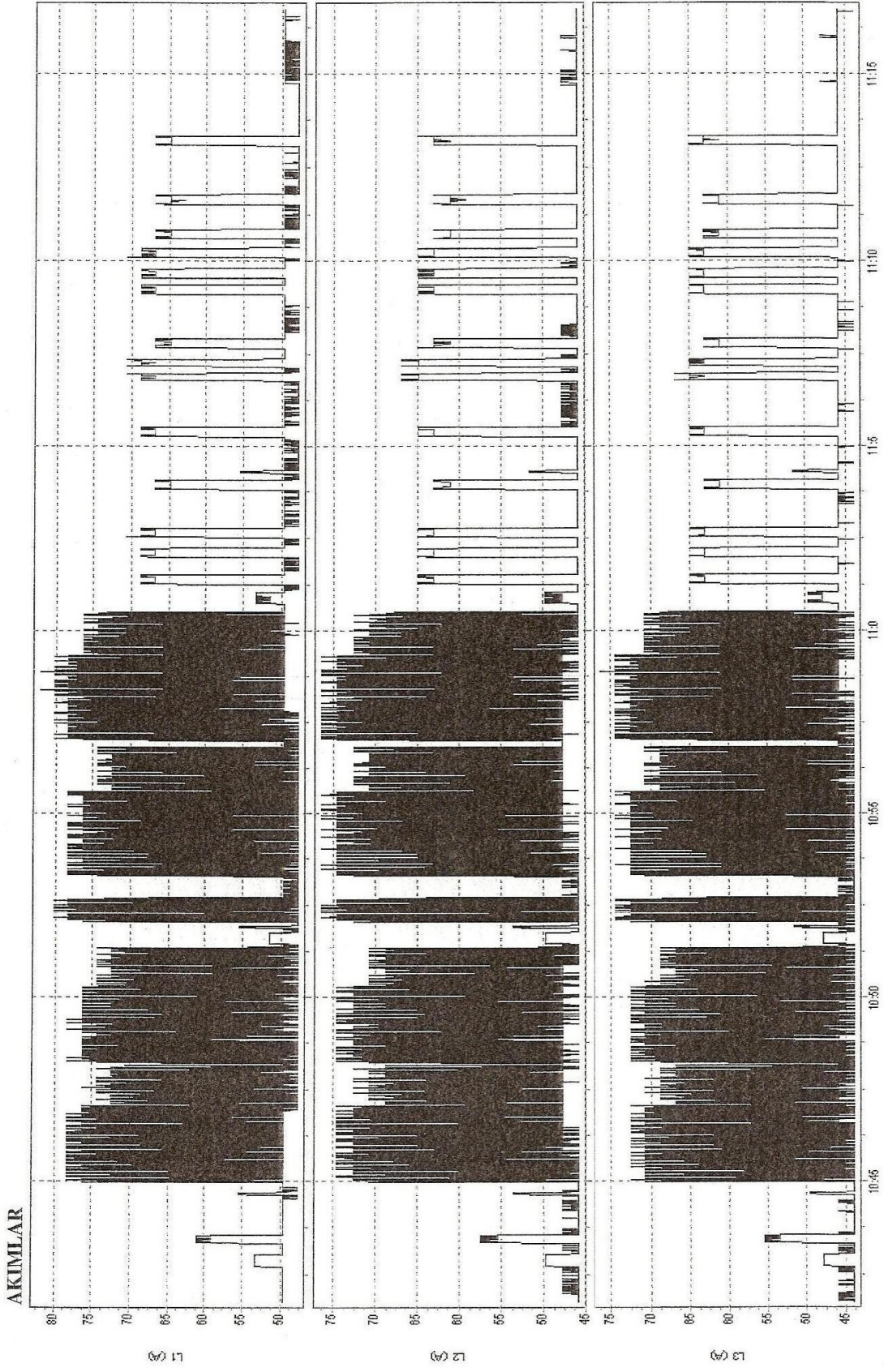
ve 11. harmonikler için toplam akım ve gerilim bozulma seviyeleri, yük akımındaki ani değişimlerde KGK girişindeki akım ve gerilim davranışı gözlenerek genel bir harmonik analizi yapılmıştır. Yapılan bu ölçümler neticesinde elde edilen grafikler Şekil 6.2 – Şekil 6.13 'de gösterilmiştir.

KGK girişinden yapılan ilk ölçüm sonuçlarını karşılaştırabilmek ve elde edilen verileri daha da güçlendirmek adına Fluke 43 B cihazıyla KGK girişinden yeni bir ölçüm yapılmıştır. Bu ölçüm sırasında elde edilen sonuçlarda Şekil6.14 - Şekil 6.19'da gösterilmiştir.

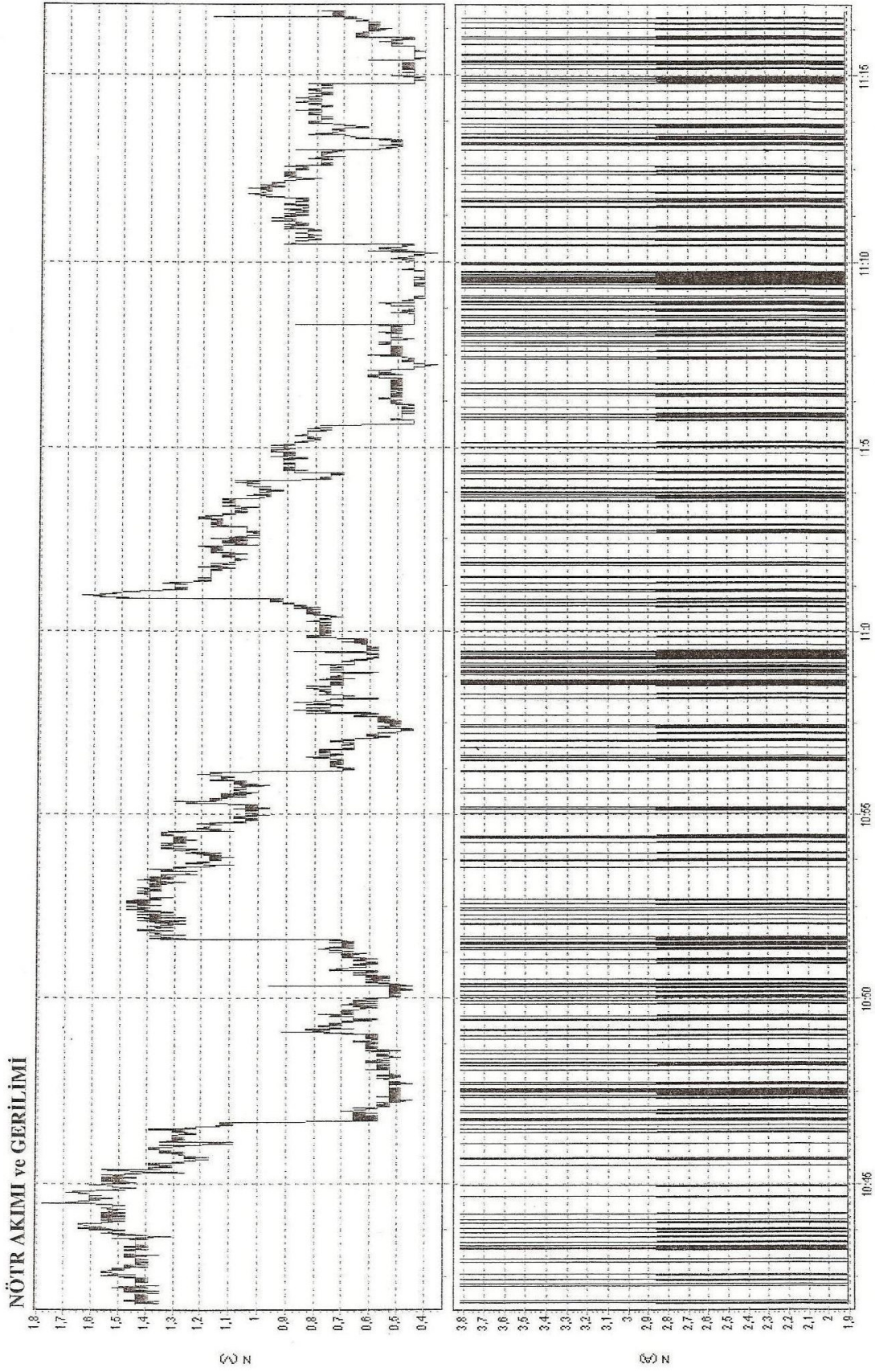
Bir diğer ölçüm ve örnekleme ise KGK çıkış şalterleri üzerinden yapılmıştır. Yine aynı şekilde gerilim, akım, frekans, aktif güç, reaktif güç, nötr akımı ve gerilimi, toplam harmonik akım ve gerilim bozulma seviyeleri, sırasıyla 3-5-7-9 ve 11. harmonikler için toplam akım ve gerilim bozulma seviyeleri incelenmiştir. Elde edilen veriler yük karakteristiğinin görülmesi ve bu yük karakteristiğinde KGK'nın çıkış parametreleri hakkında önemli bilgiler vermektedir. Bu ölçüm neticesinde elde edilen sonuçların grafikleri de Şekil6.20'den Şekil 6.30'a kadar gösterilmiştir.



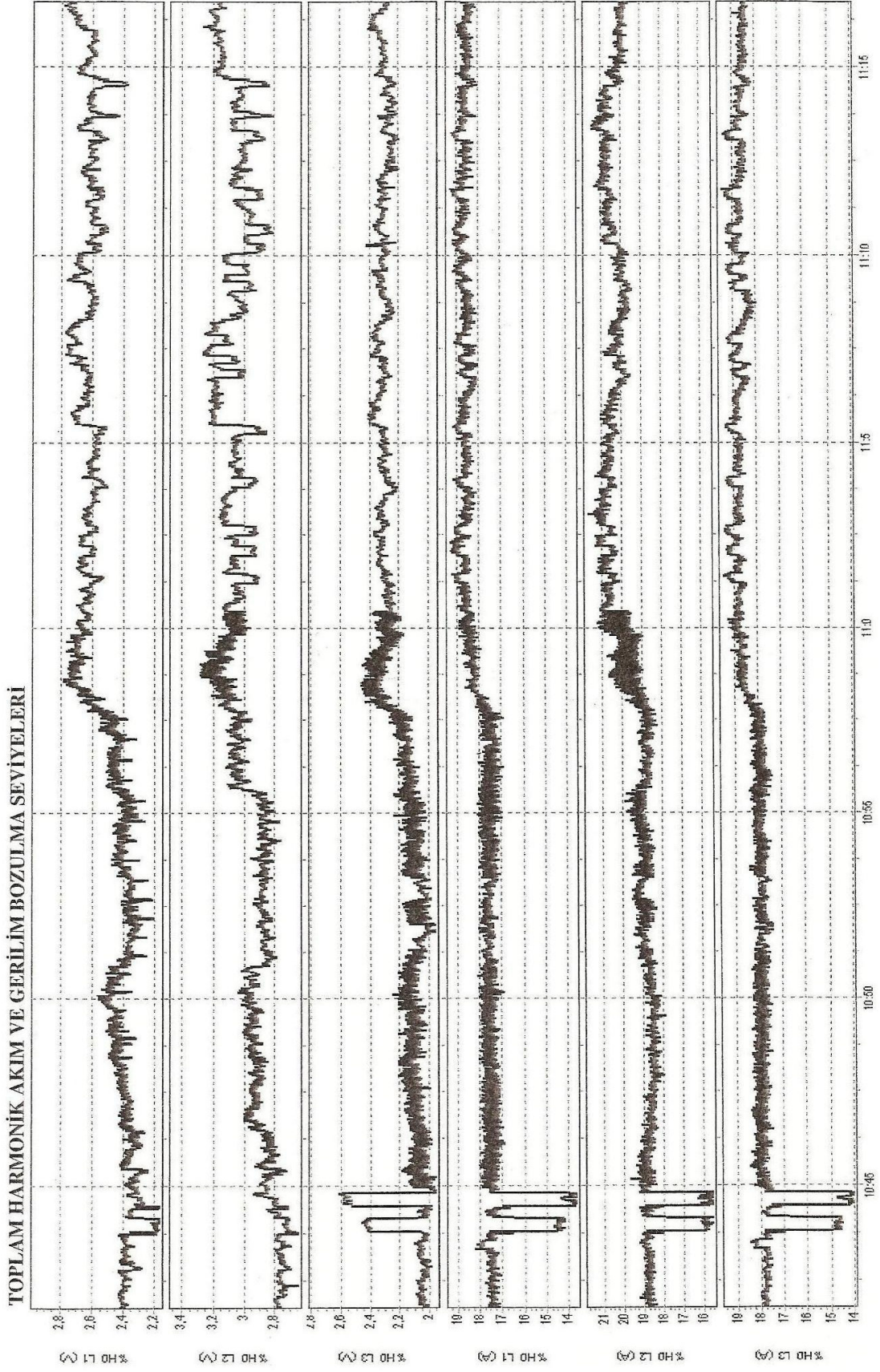
Şekil 6.2 KGK giriş gerilimleri



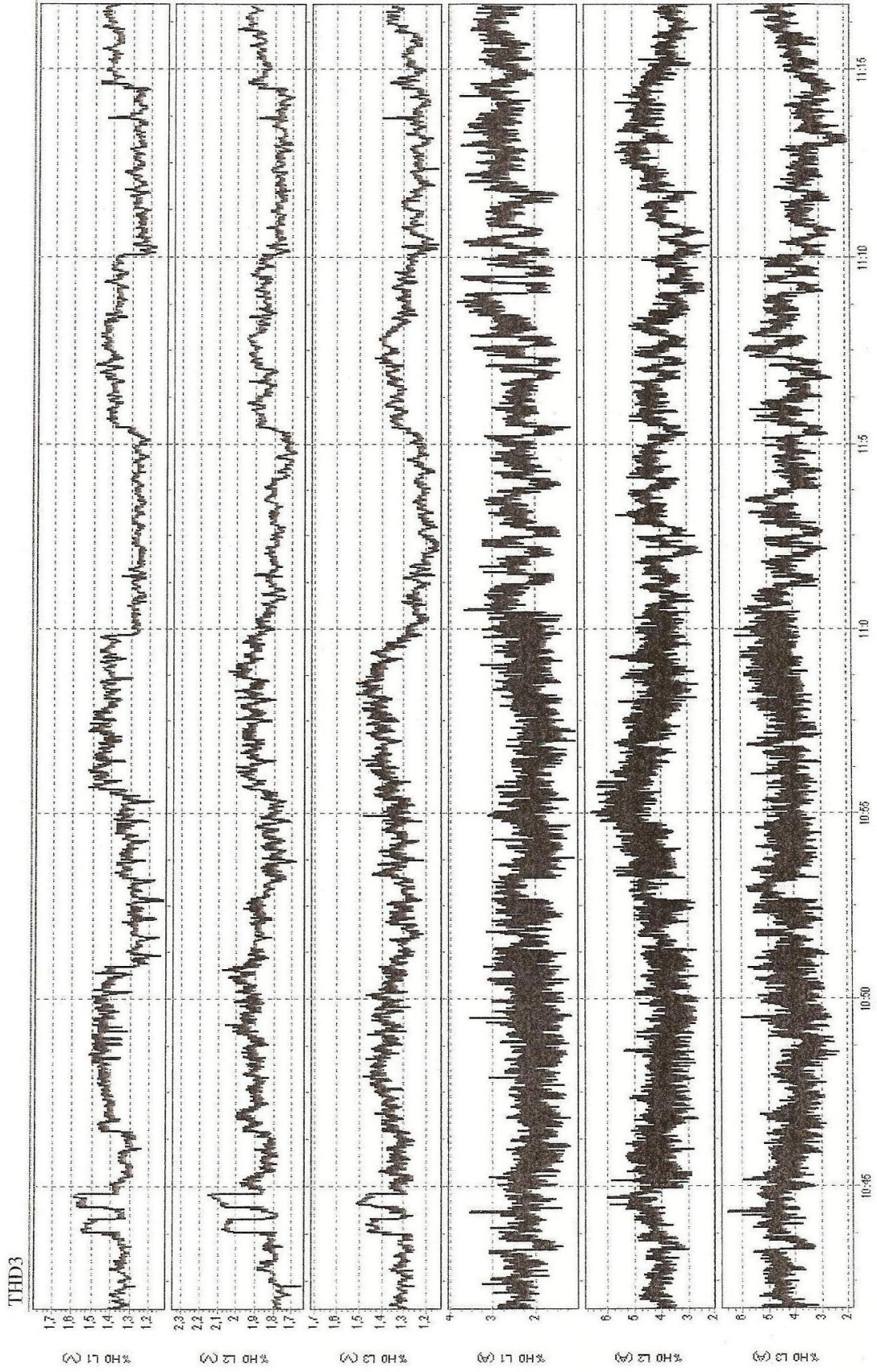
Şekil 6.3 KGGK giriş akımları



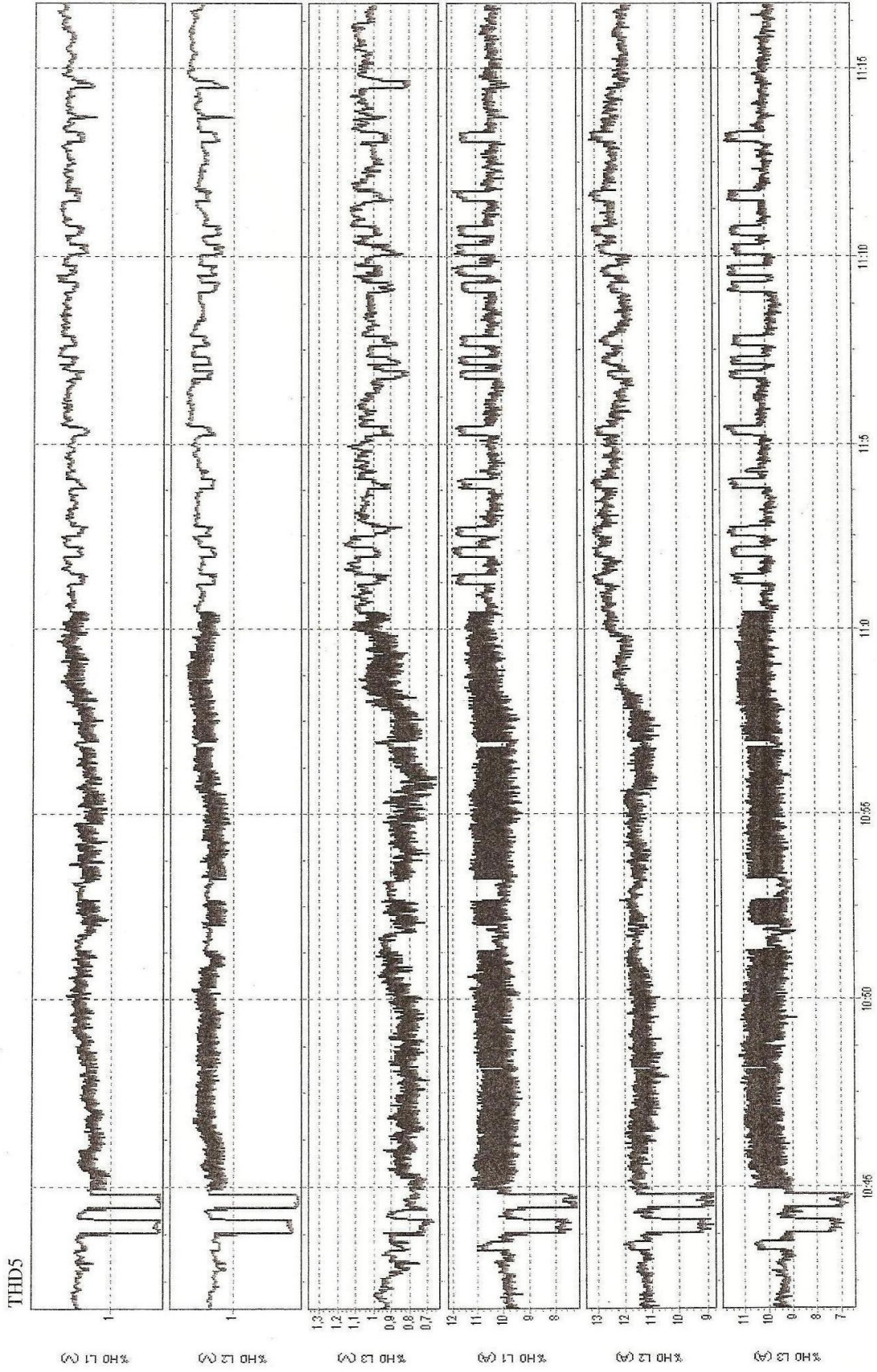
Şekil 6.4 KGK giriş nötr akımı ve gerilimleri



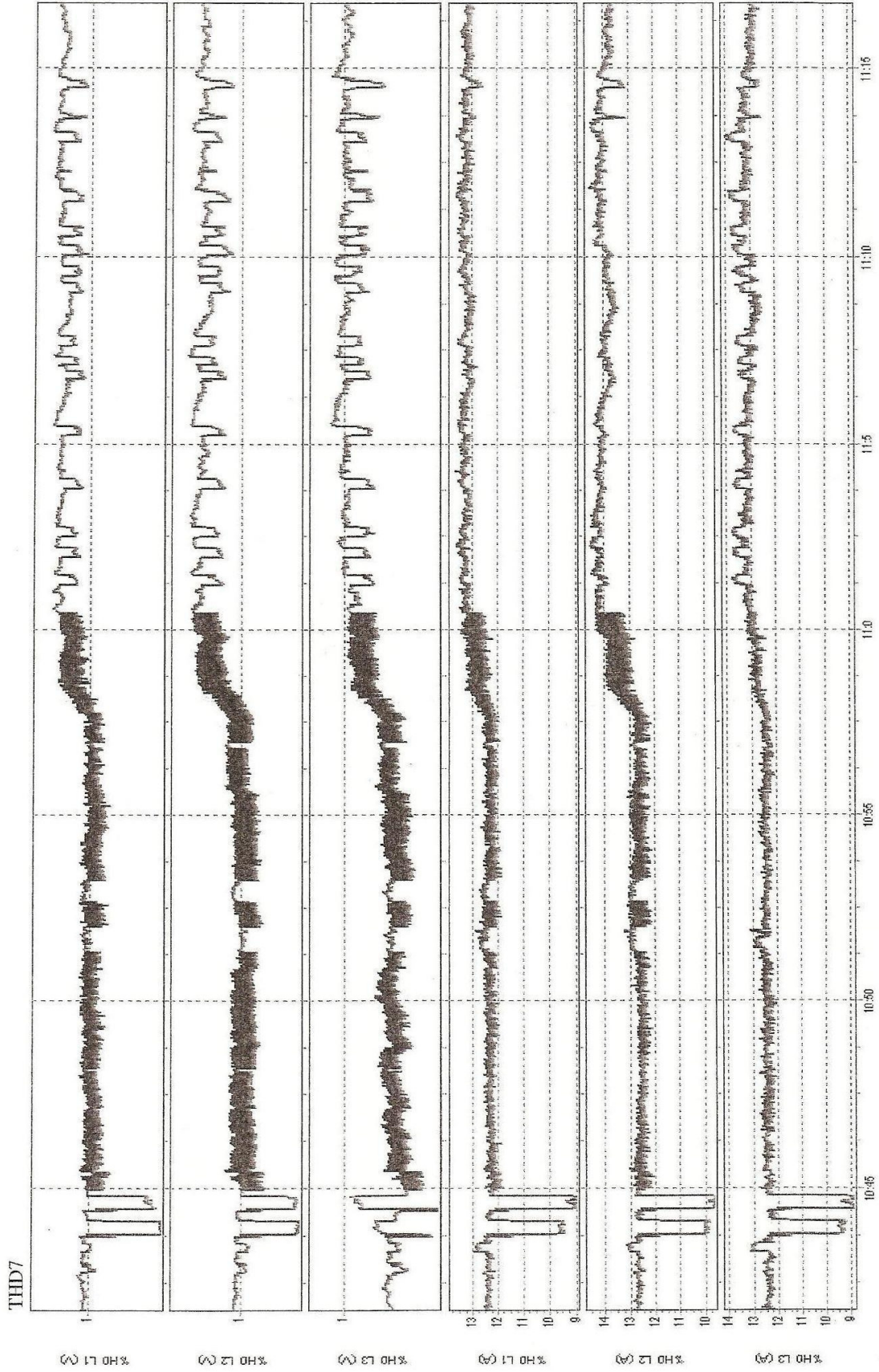
Şekil6.5 KGG giriş toplam harmonik akım ve gerilim bozulma seviyeleri



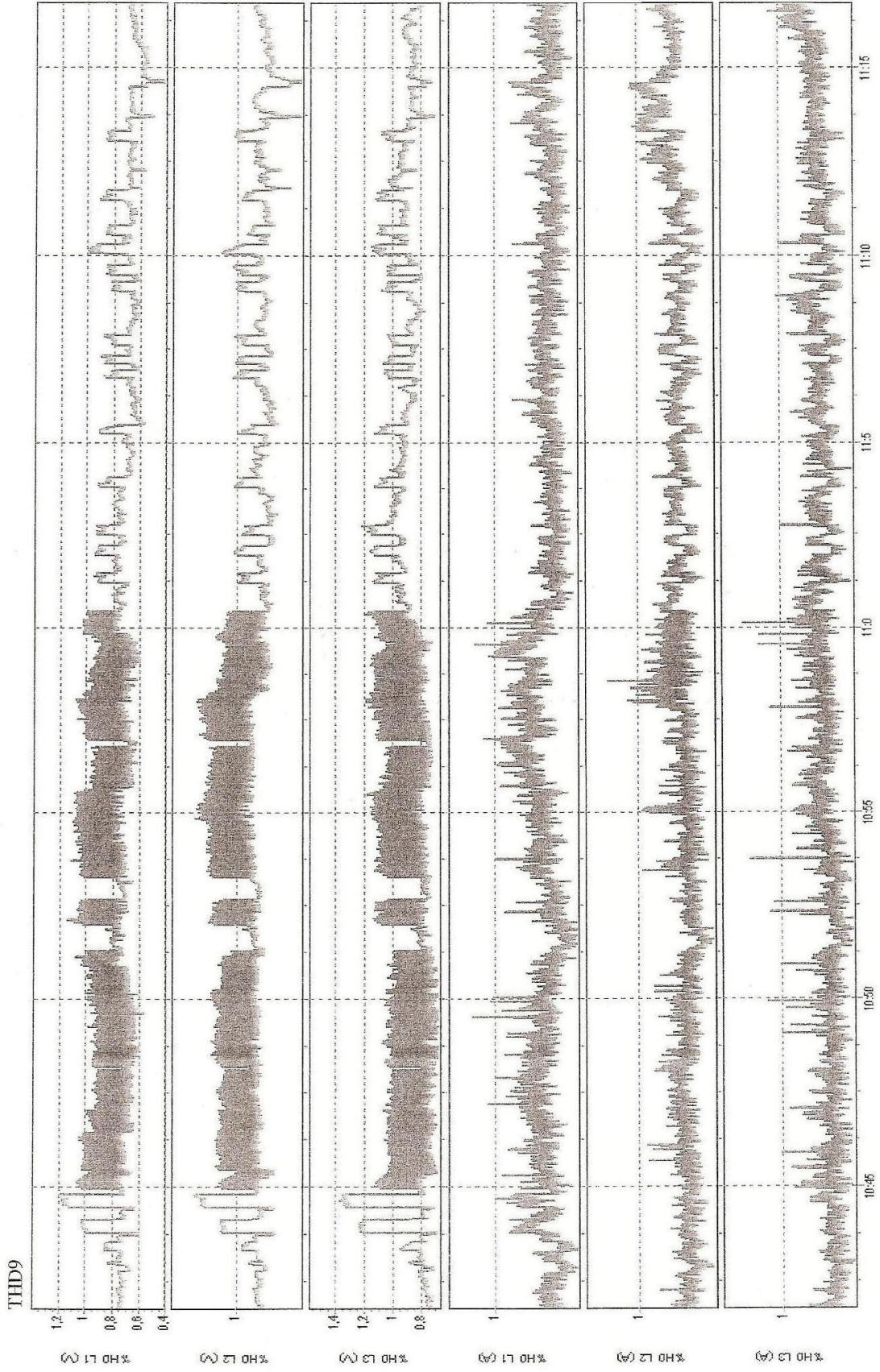
Şekil 6.6 K GK girişindeki 3. akım ve gerilim harmonikleri



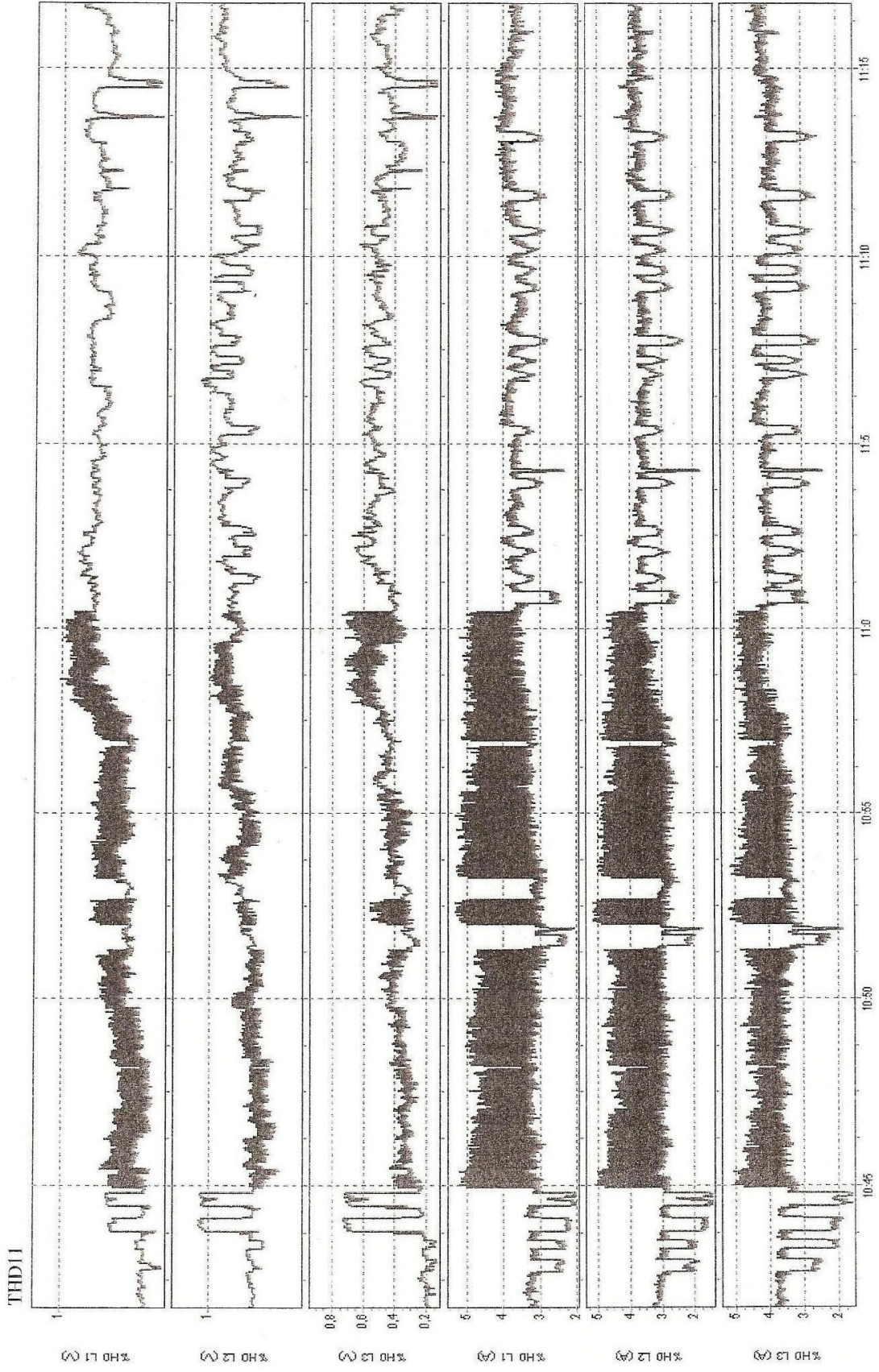
Şekil 6.7 KGK girişindeki 5. akım ve gerilim harmonikleri



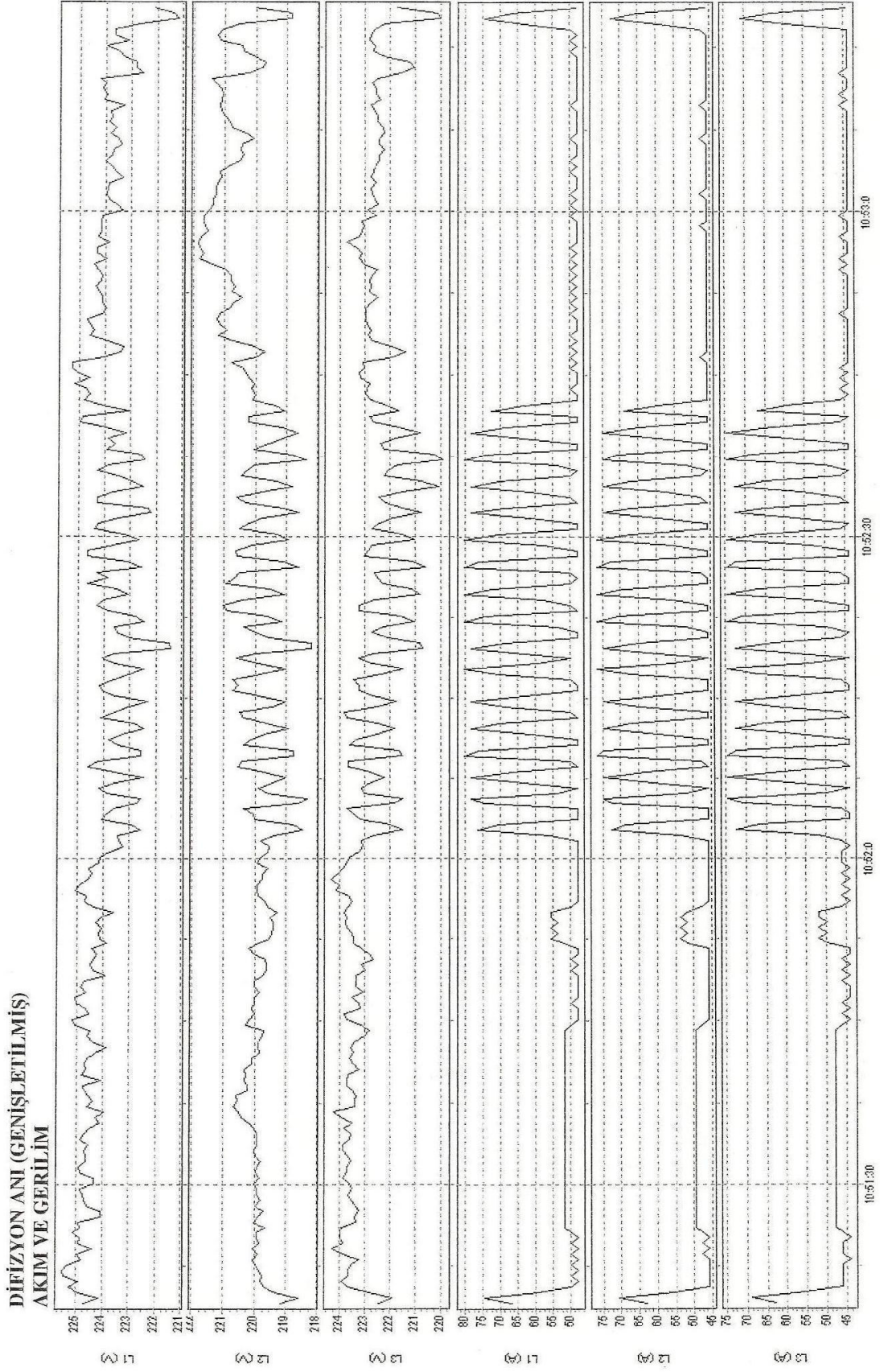
Şekil 6.8 KGK girişindeki 7. akım ve gerilim harmonikleri



Şekil 6.9 K GK girişindeki 9. akım ve gerilim harmonikleri

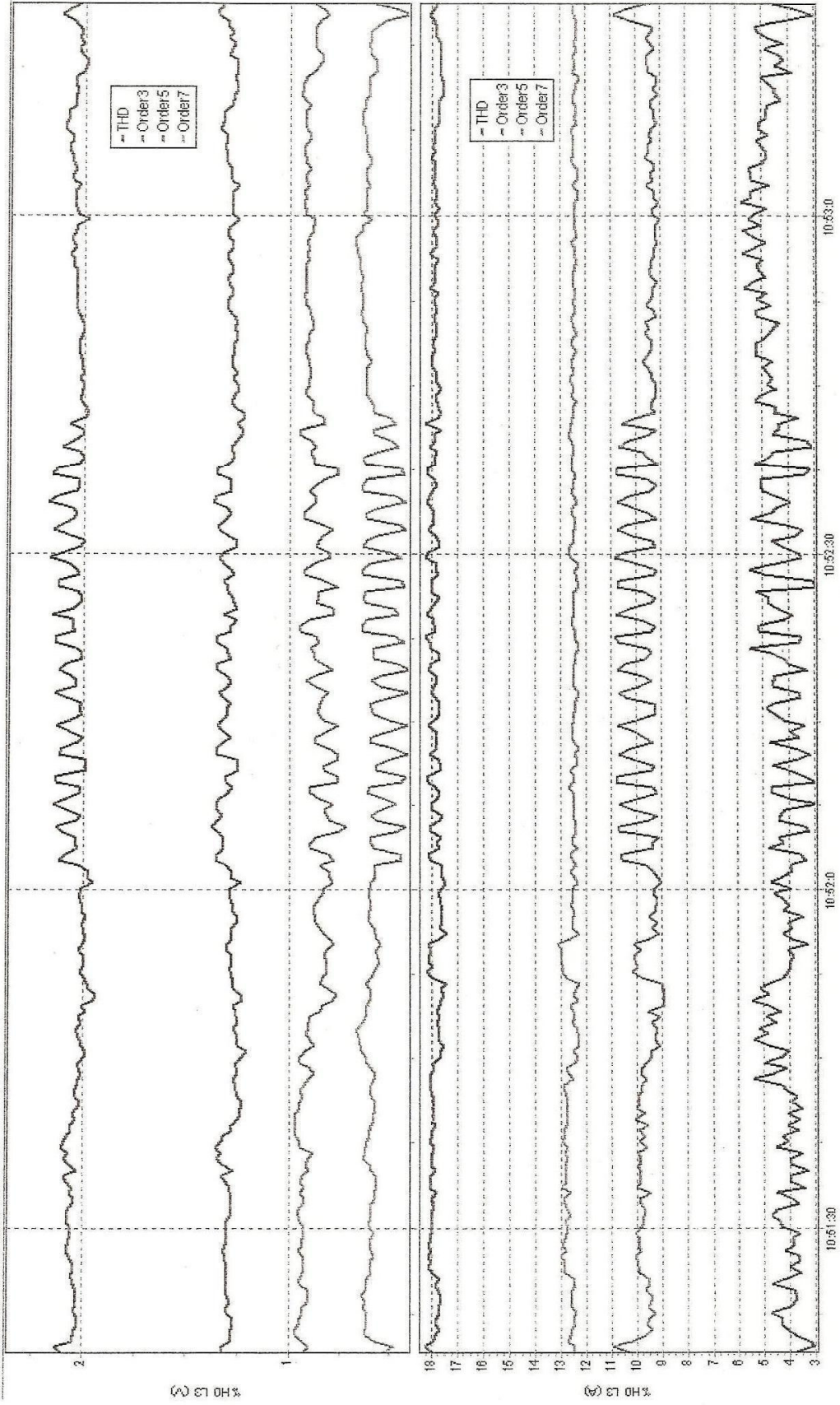


Şekil 6.10 KGK girişindeki 11. akım ve gerilim harmonikleri

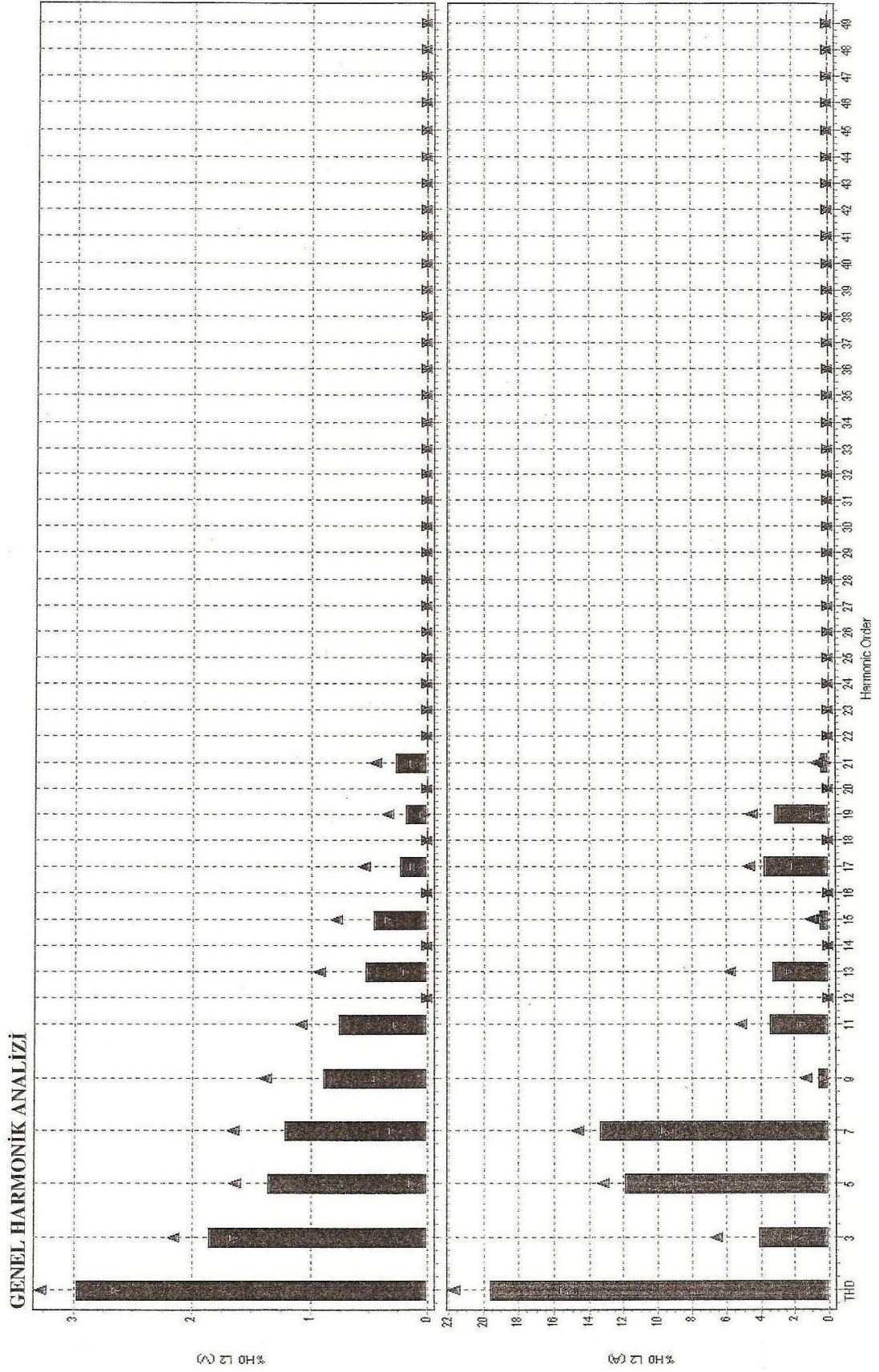


Şekil 6.11 KGK girişinde difzyon anındaki akım ve gerilim değişimleri

**DİFZYON ANI (GENİŞLETİLMİŞ)
HARMONİKLER**



Şekil 6.12 KGK girişinde difzyon anındaki harmonikler



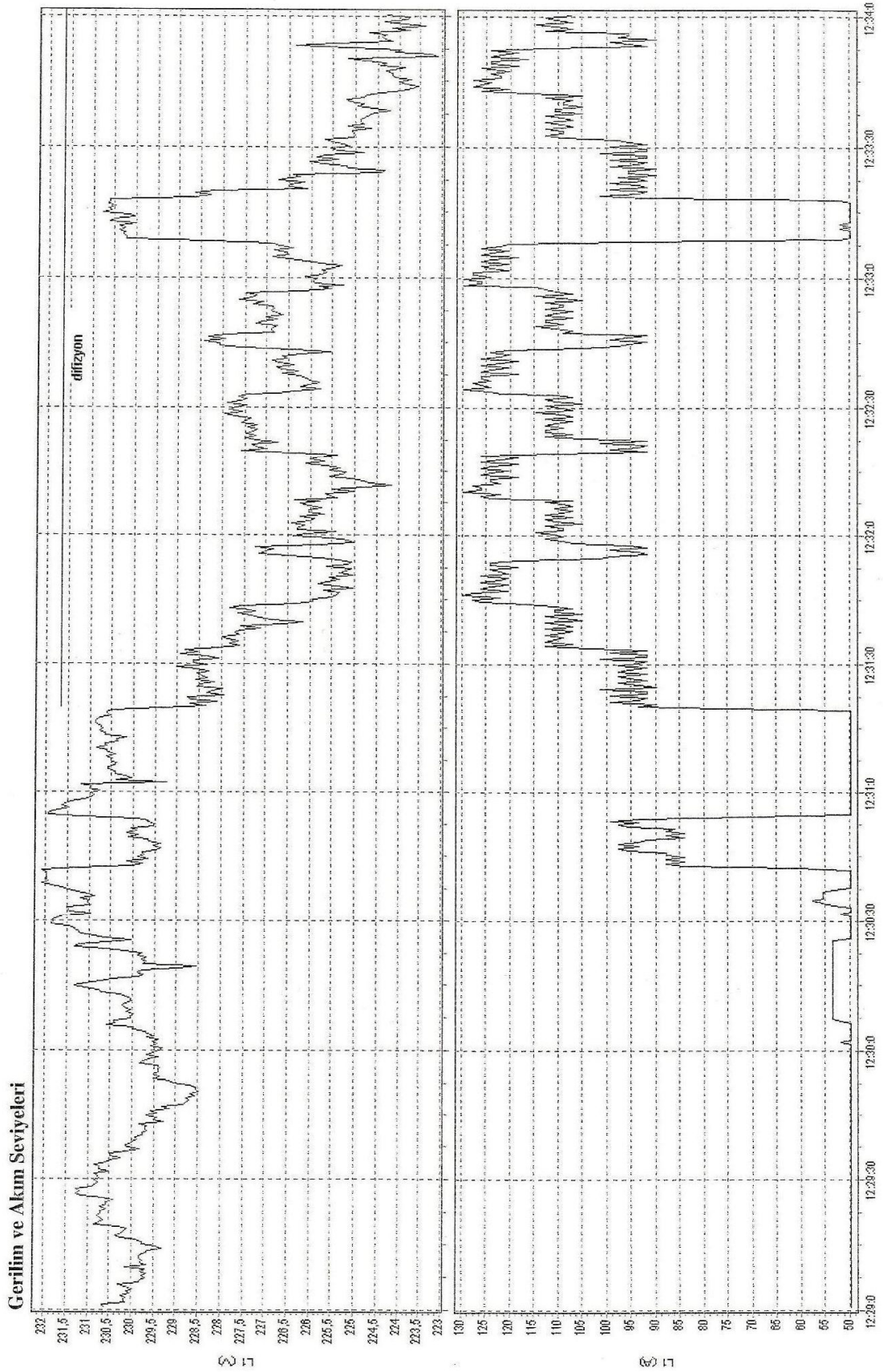
Şekil 6.13 KGG girişinde genel harmonik analizi

Şekil 6.2’de KGK girişinden alınan gerilim örnekleri görülmektedir. MR cihazının anlık akım tüketim karakteristiği dinamik yük olarak tabir edilir. Grafiklerde difüzyon olarak nitelenen bölümler MR cihazının çalışma esnasını göstermektedir. Bu grafikten de anlaşılacağı üzere MR cihazının çekim esnasında KGK giriş gerilimlerinin 217–228 V (F-N) arasında değiştiği gözlenmiştir.

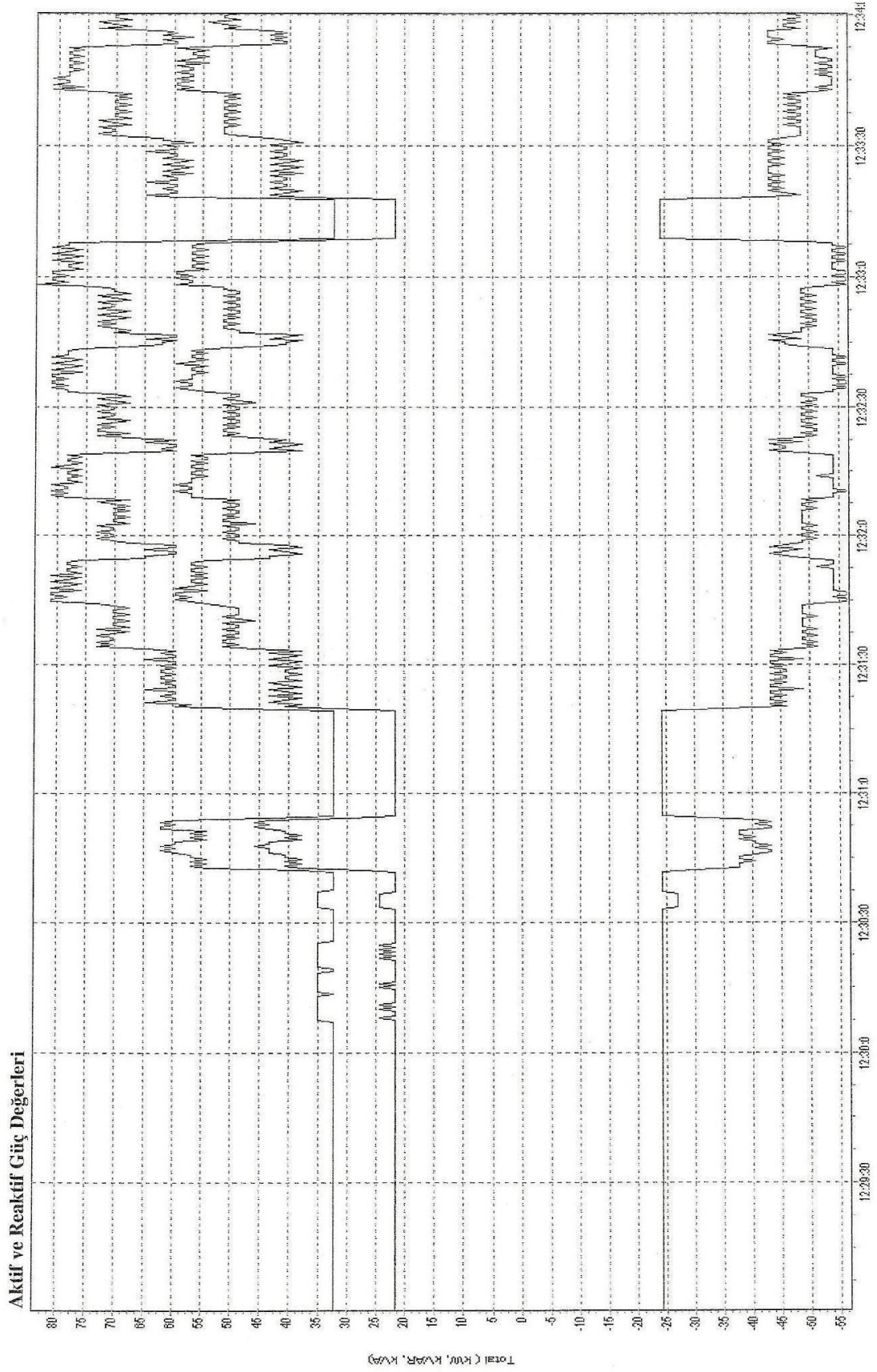
Şekil 6.3’de her faz için akım grafiği görülmektedir. Grafikte daha önceden kastedilen dinamik yük karakteristiği açık olarak görülmektedir. Anlık olarak faz başına 45-80A arasında değişken bir akım tüketimi mevcuttur.

Şekil 6.4’de nötr hattı akım ve gerilim grafiği görülmektedir. Şekil 6.5’de THDI ve THDV değerleri görülmektedir. Bu grafikte dikkat edilmesi gereken konu akım harmonik bozulmasının yüksek değerlerde (%17-%20) oluşudur. 12 darbe doğrultucu girişindeki THDI literatürde %12’den küçük olmalıdır. KGK ne kadar tam kapasitesine yakın bir güçte kullanılırsa girişteki akım bozulması okadar az olacaktır. Harmonik akım bozulması ana olarak kaynak empedansının boyutuna ve DC hat endüktansına bağlıdır. Bu ölçümler neticesinde KGK’nın giriş akım harmonik bozulmasının azaltılmasına yönelik bir çalışma yürütülmüştür.

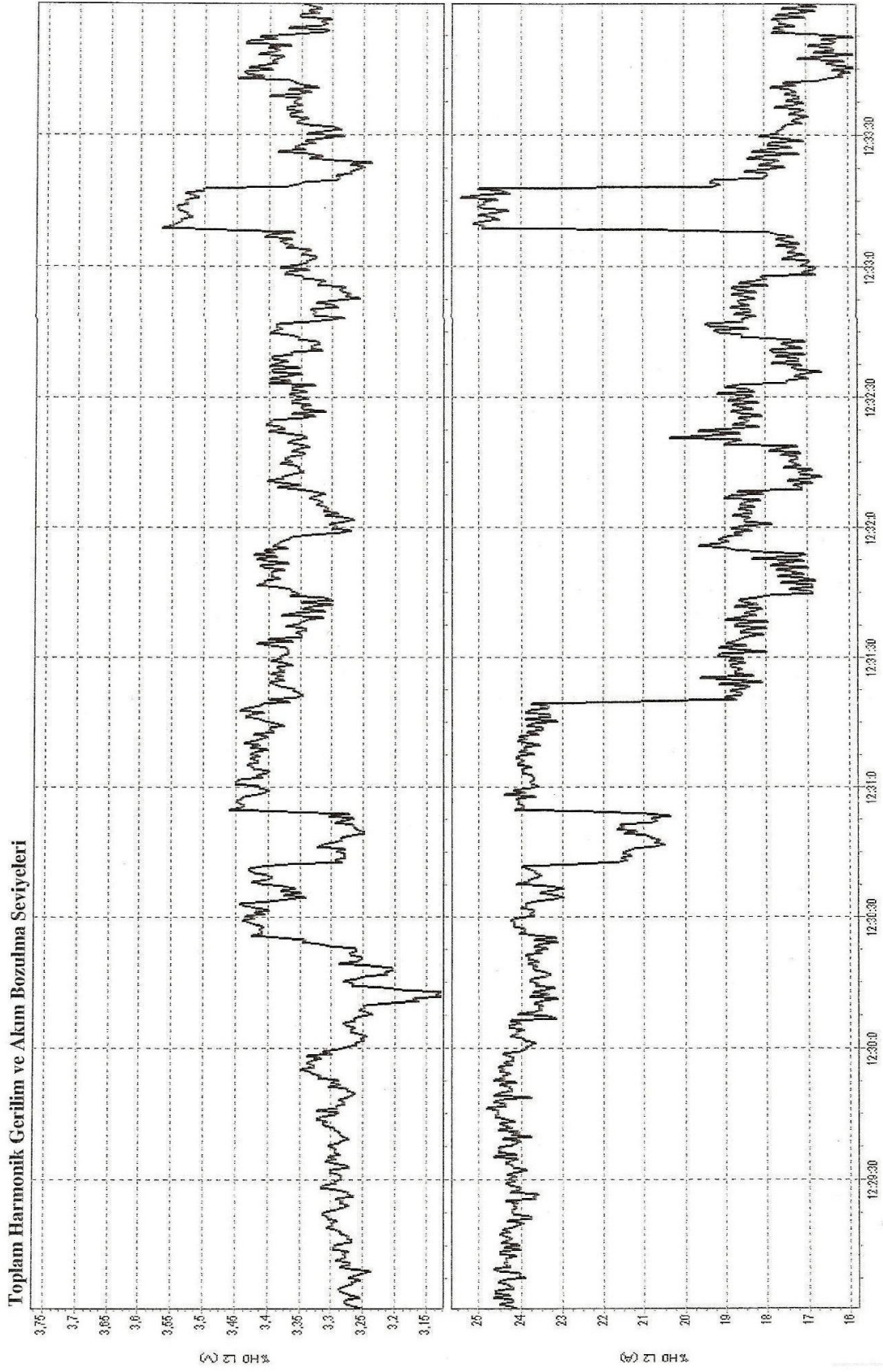
Şekil 6.13’de genel olarak harmonik analizi gösterilmiştir. Burada göze çarpan olgu ise 5 ve 7. harmoniklerin toplam akım bozulma seviyelerinin 11. ve 13. harmoniklere göre daha yüksek değerlerde olduğudur.



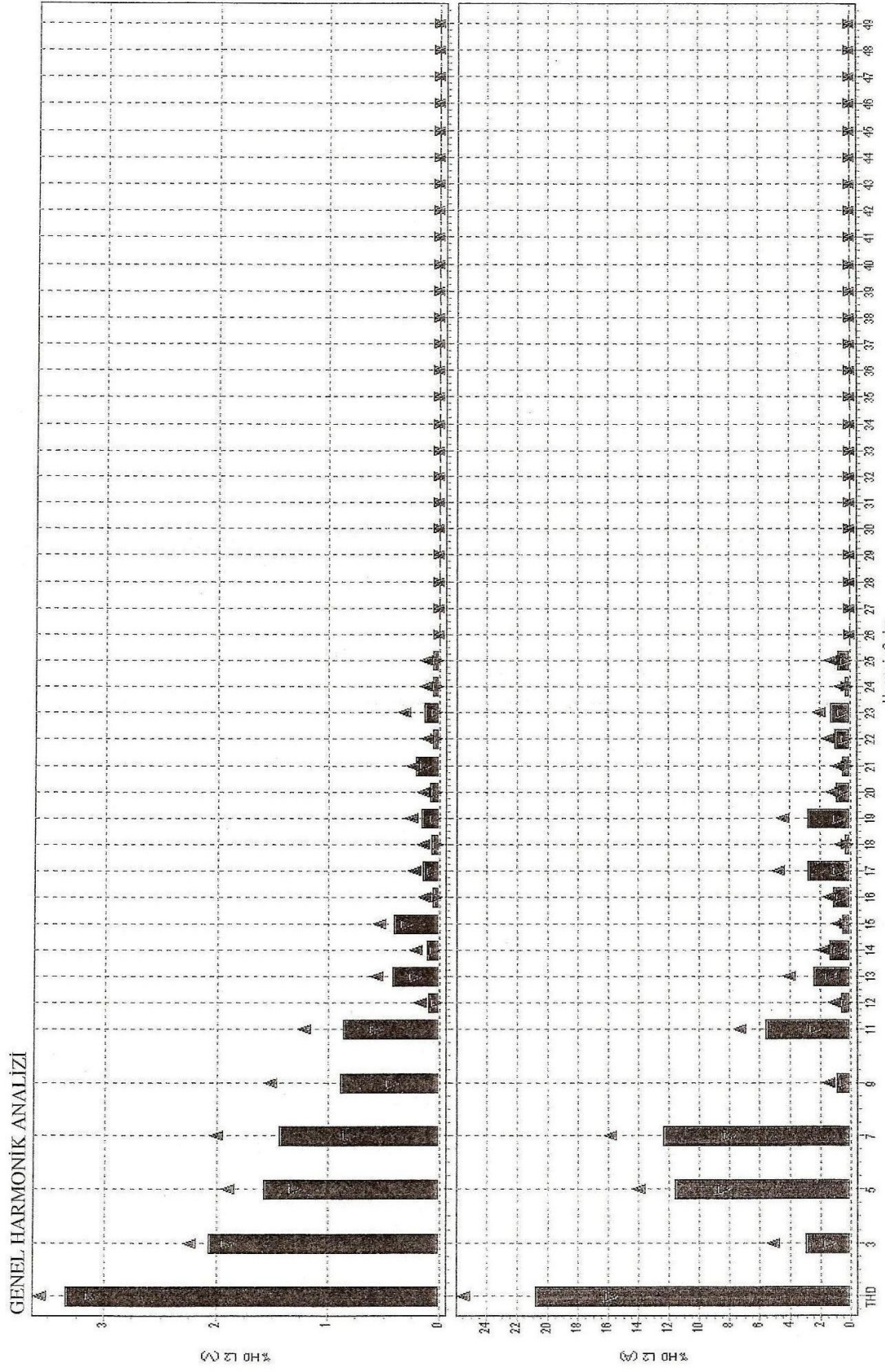
Şekil 6.14 KGK R fazı giriş akım ve gerilim değişimleri – 2



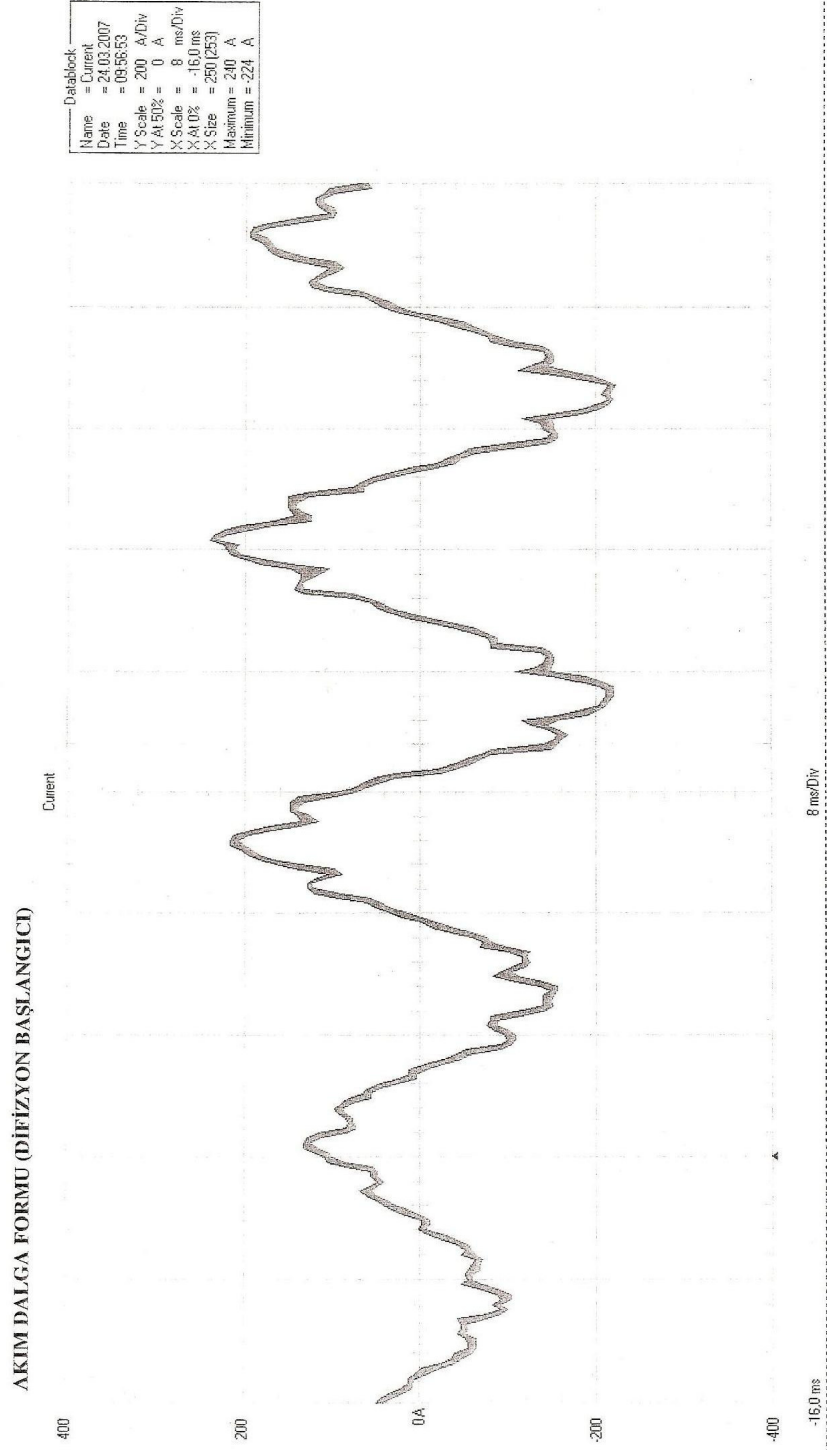
Şekil 6.15 KGK girişindeki görünür, aktif ve reaktif güç tüketimi – 2



Şekil 6.16 KGK giriş R fazı akım ve gerilim toplam harmonik bozulmaları

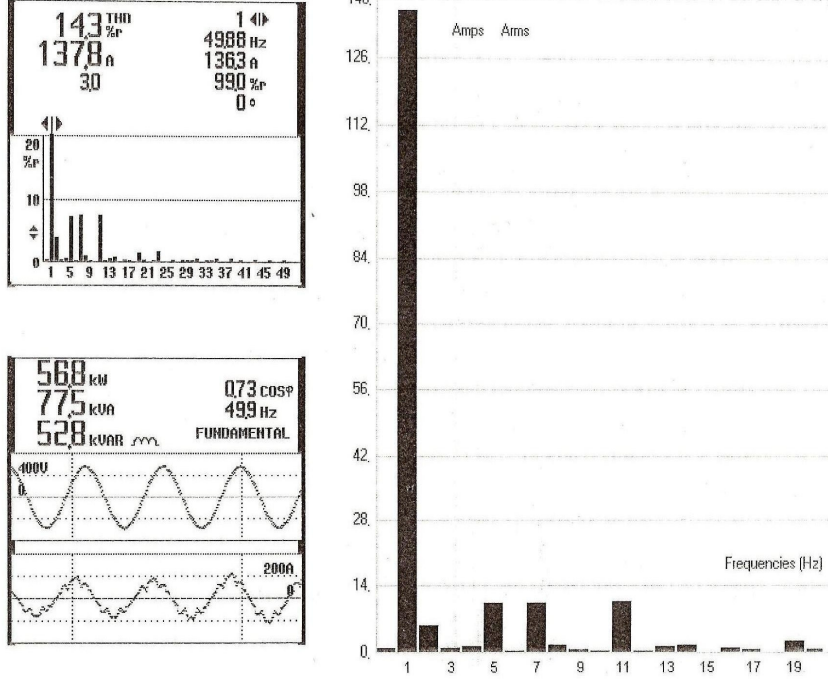


Şekil 6.17 K GK girişi genel harmonik analizi -2



Şekil 6.18 Difizyon anındaki akım dalga formu

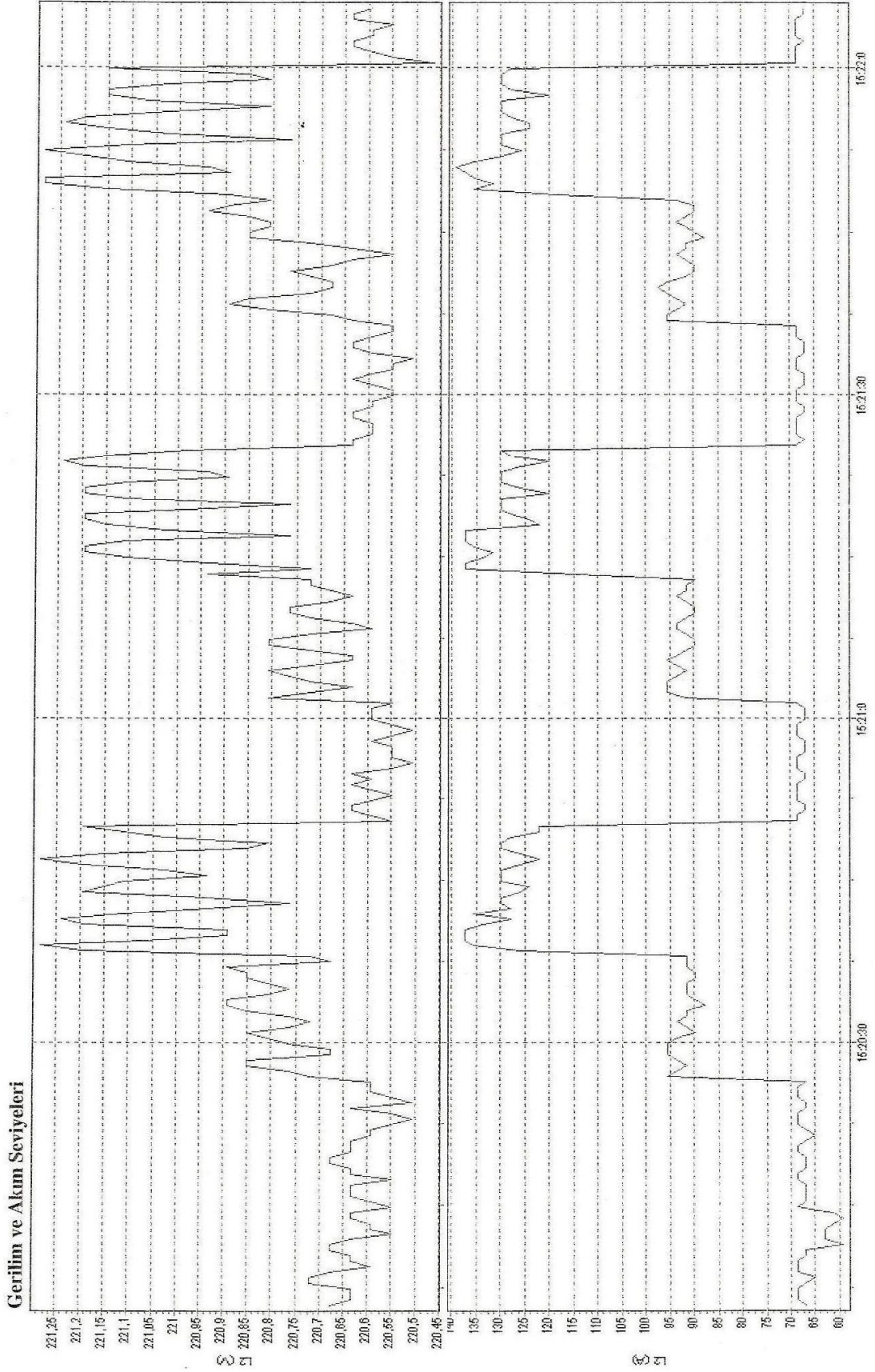
GENEL GÜÇ VE HARÖMONİK ANALİZİ



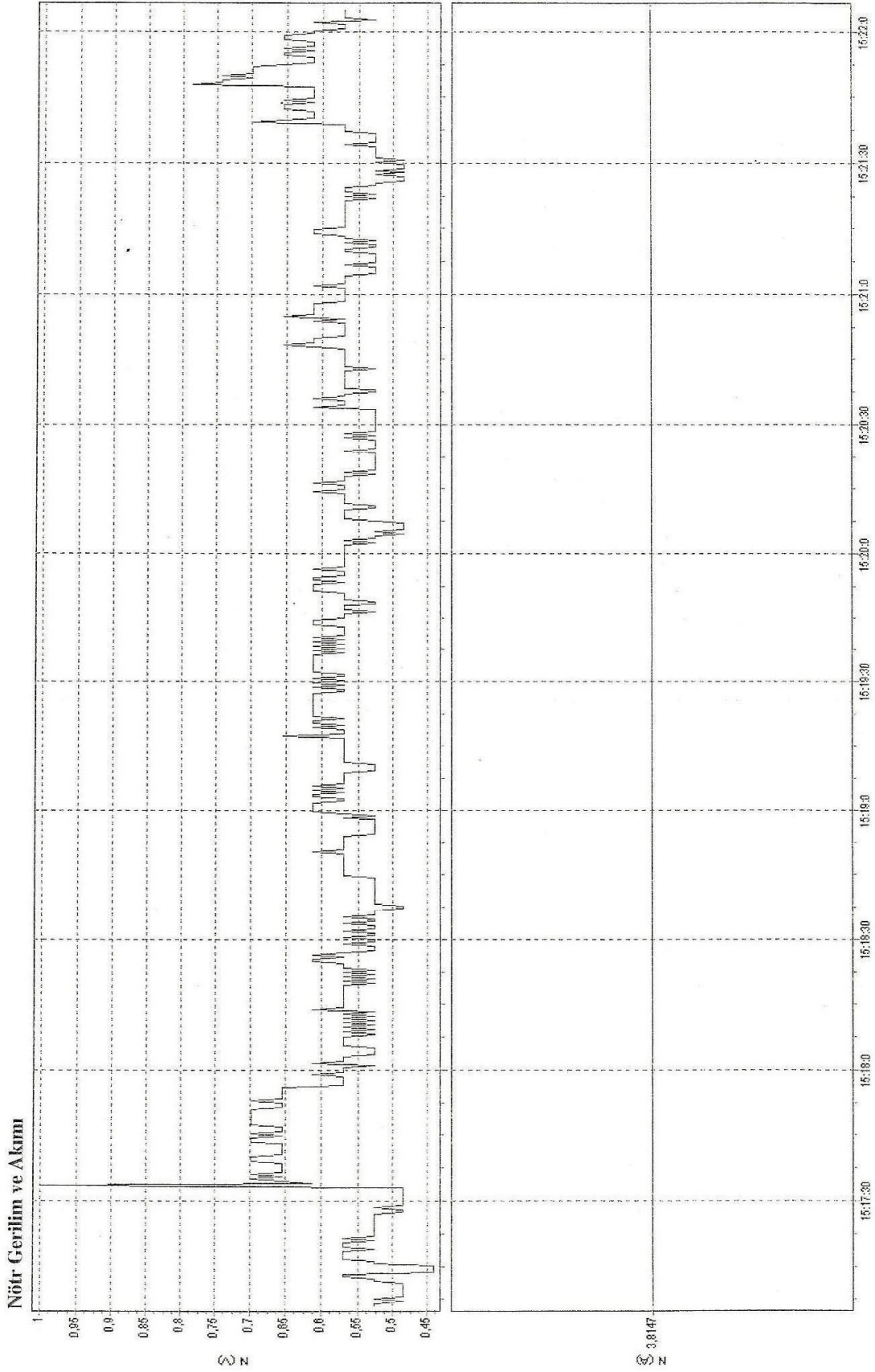
Şekil 6.19 KGK girişi genel güç ve harmonik analizi

KGK girişinde yapılan ikinci ölçümde de ilk ölçümde elde edilen verileri güçlendirecek bilgilere ulaşılmıştır. Şebekenin olumsuz etkilerinden dolayı KGK girişinde akım harmonikleri ilk ölçümde de belirtildiği üzere literatürden farklı olarak yüksek değerlere ulaşmaktadır.

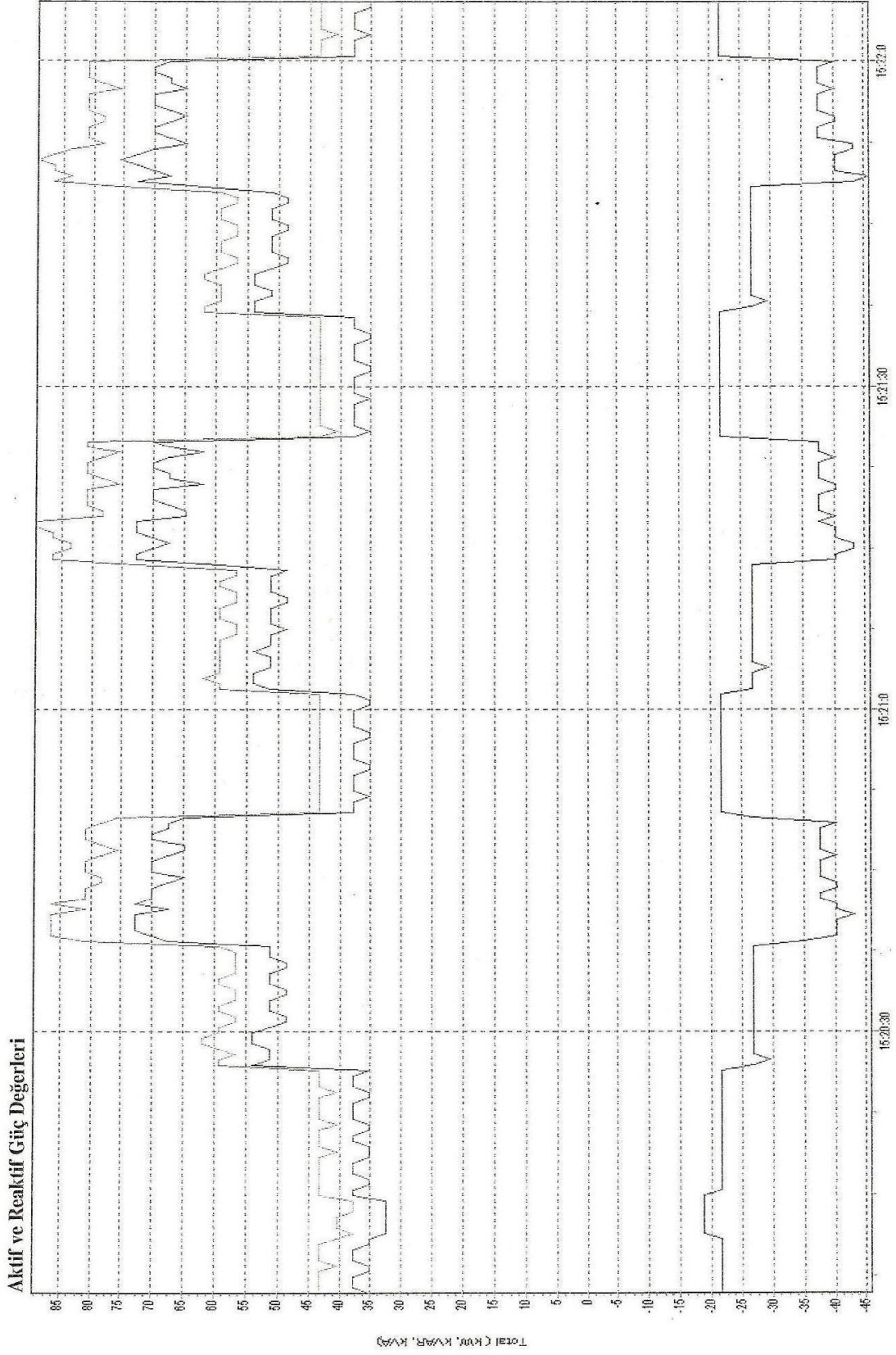
Son olarak giriş çıkış verilerinin karşılaştırılabilmesi adına KGK çıkış karakteristiği incelenmiştir.



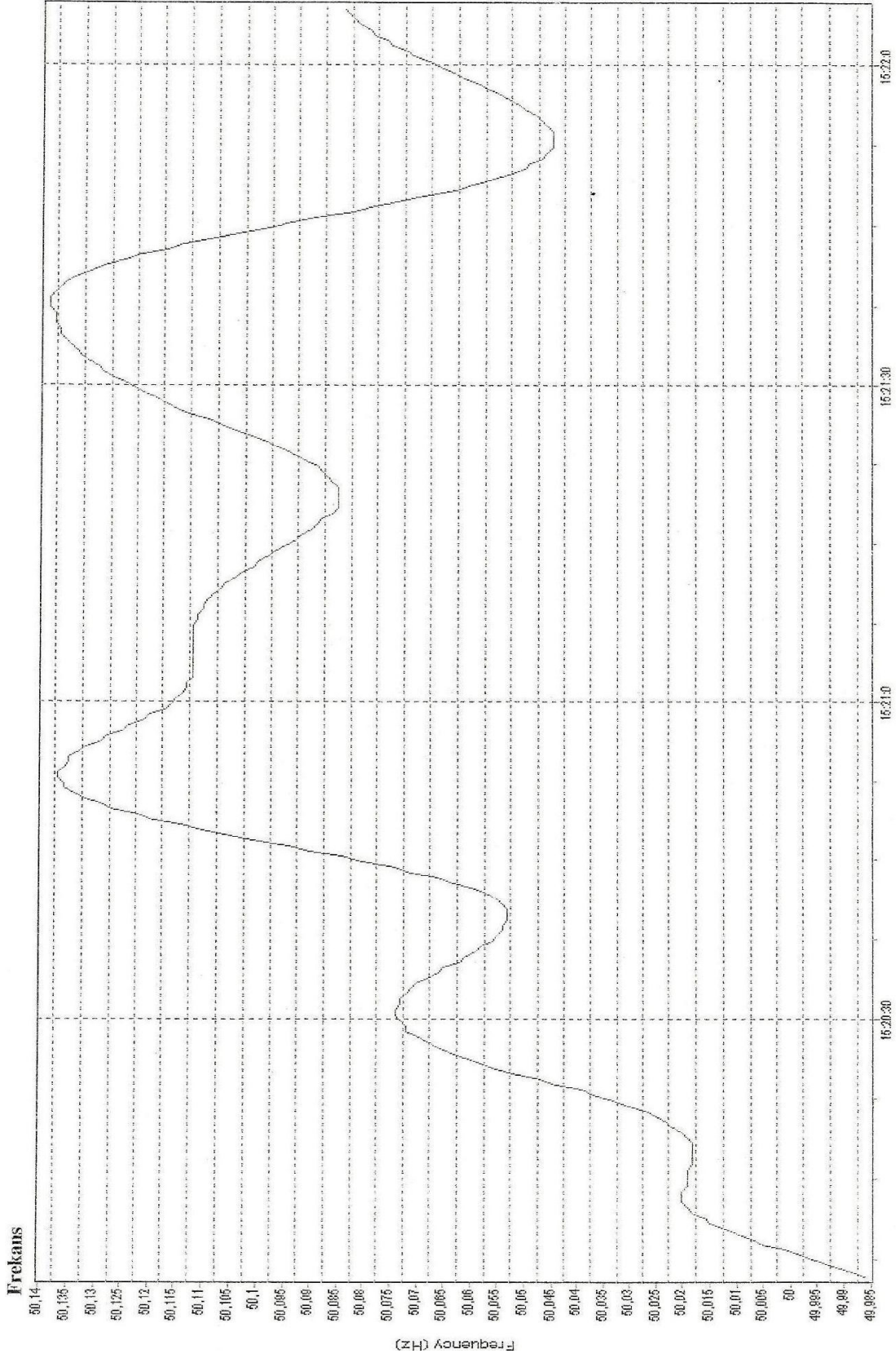
Şekil 6.20 KGG çıkış gerilim ve akımları



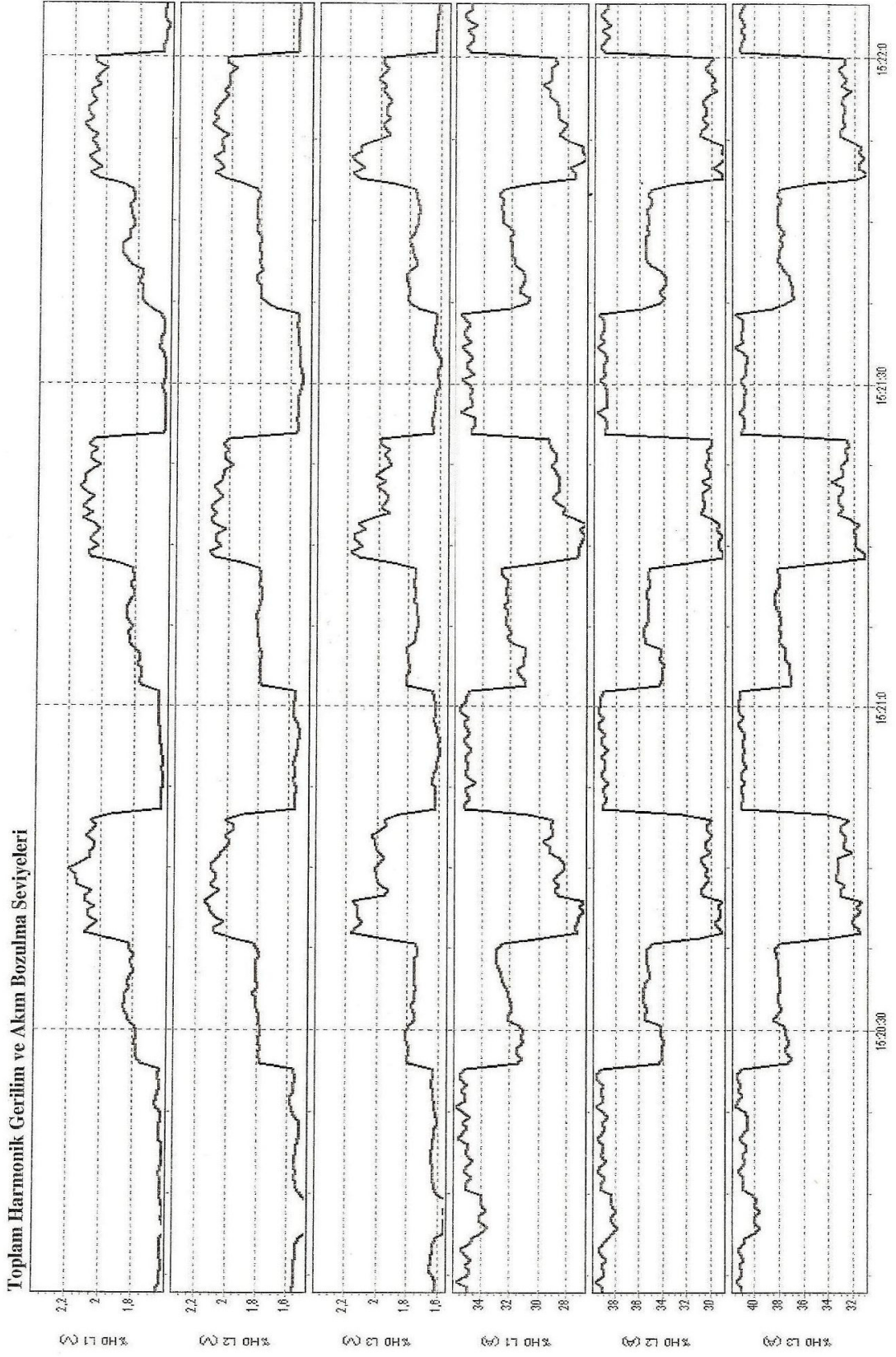
Şekil 6.21 KGK çıkış nötr gerilim ve akımı



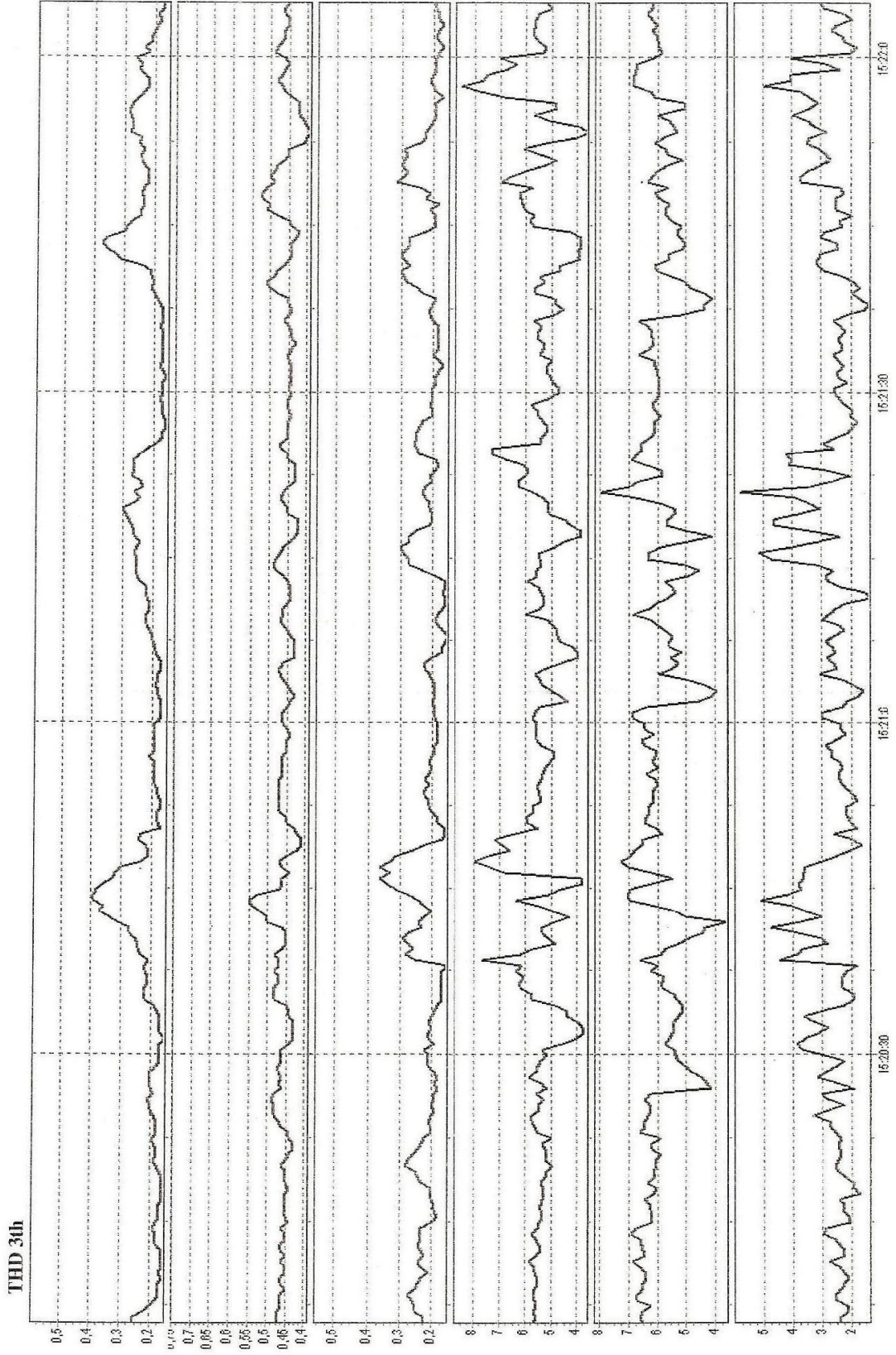
Şekil 6.22 KGG çıkışındaki aktif reaktif güç tüketimi



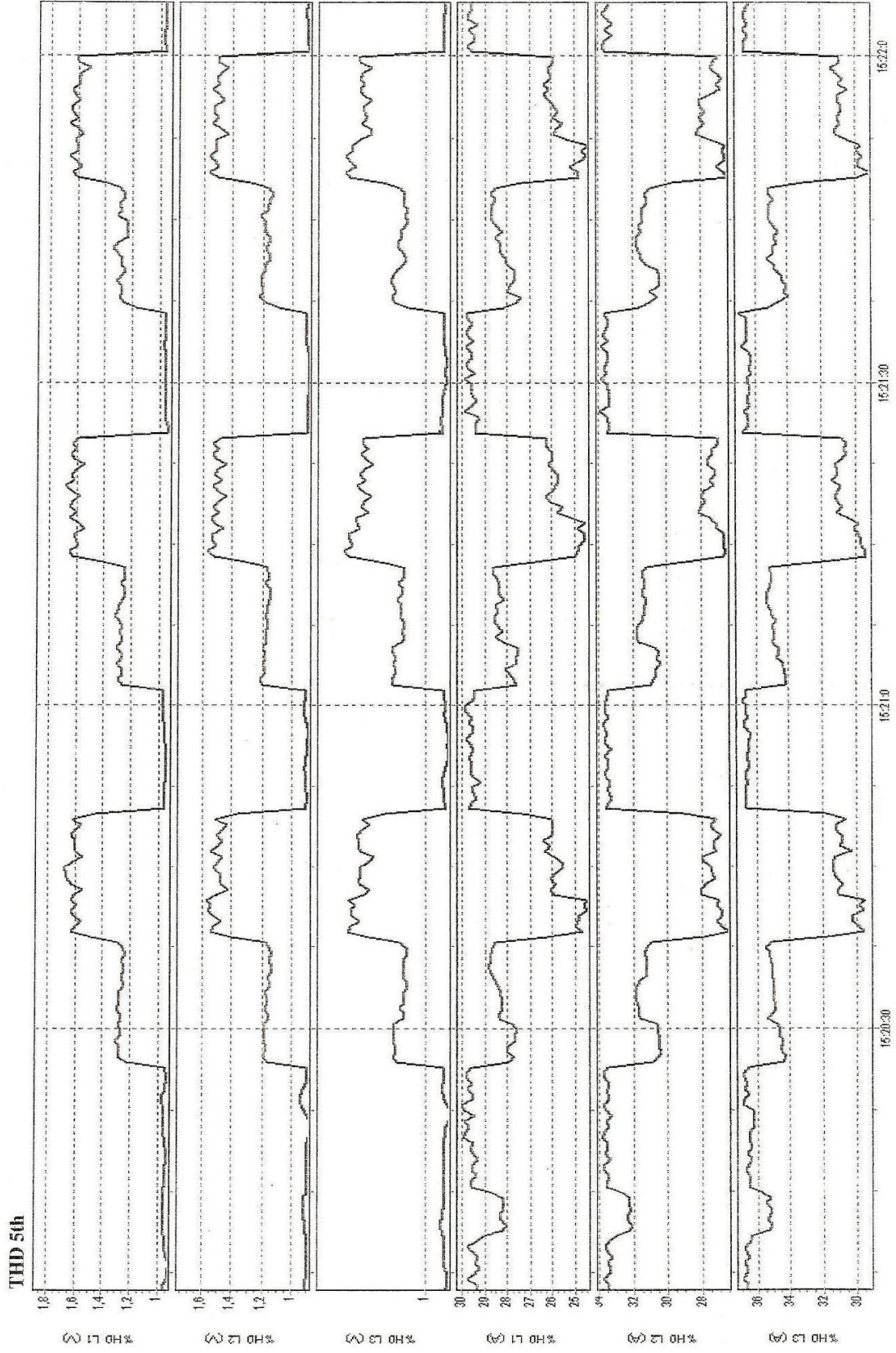
Şekil 6.23 KGG çıkış frekansı



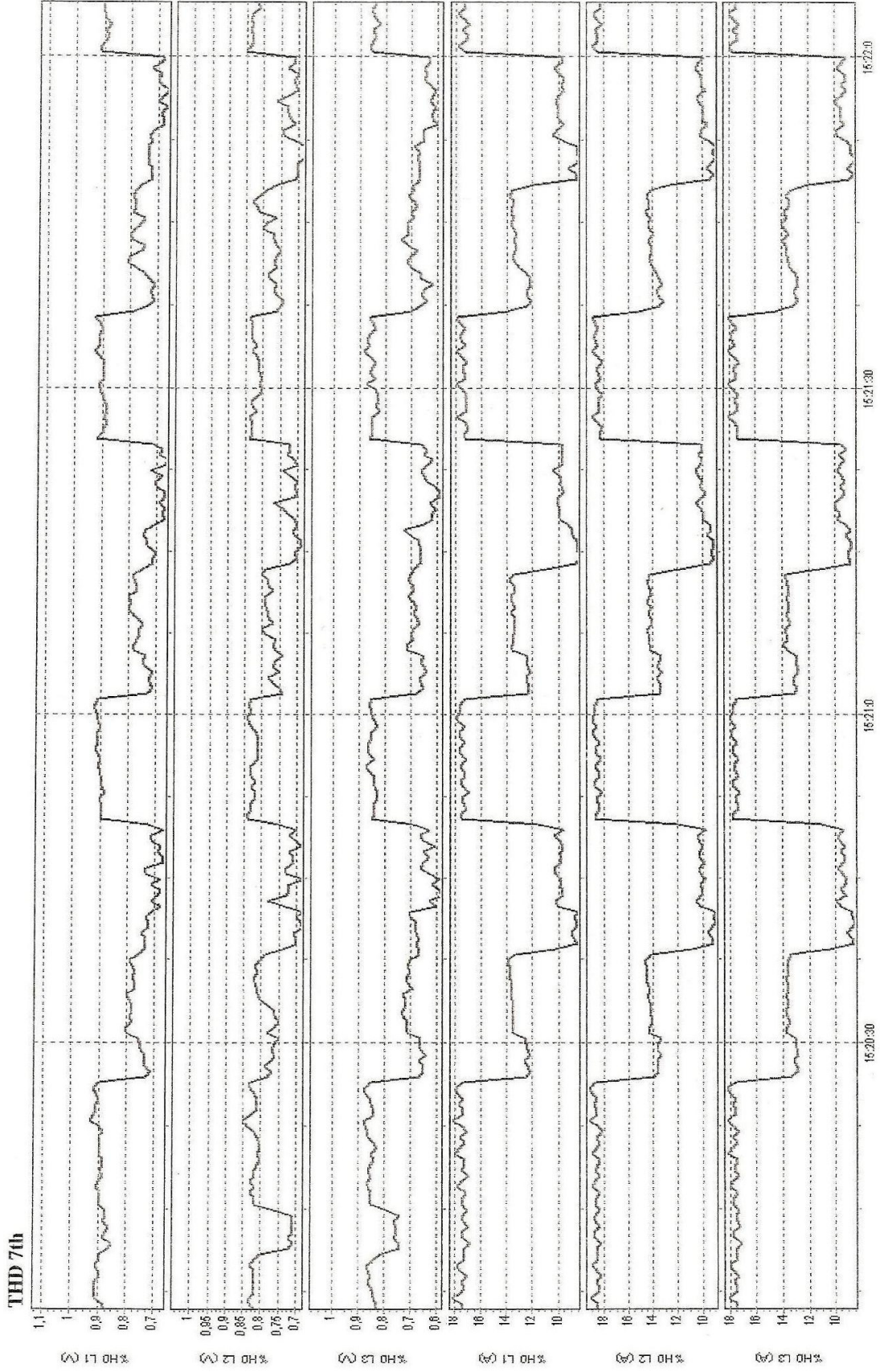
Şekil 6.24 K GK çıkışındaki toplam akım ve gerilim bozulmaları



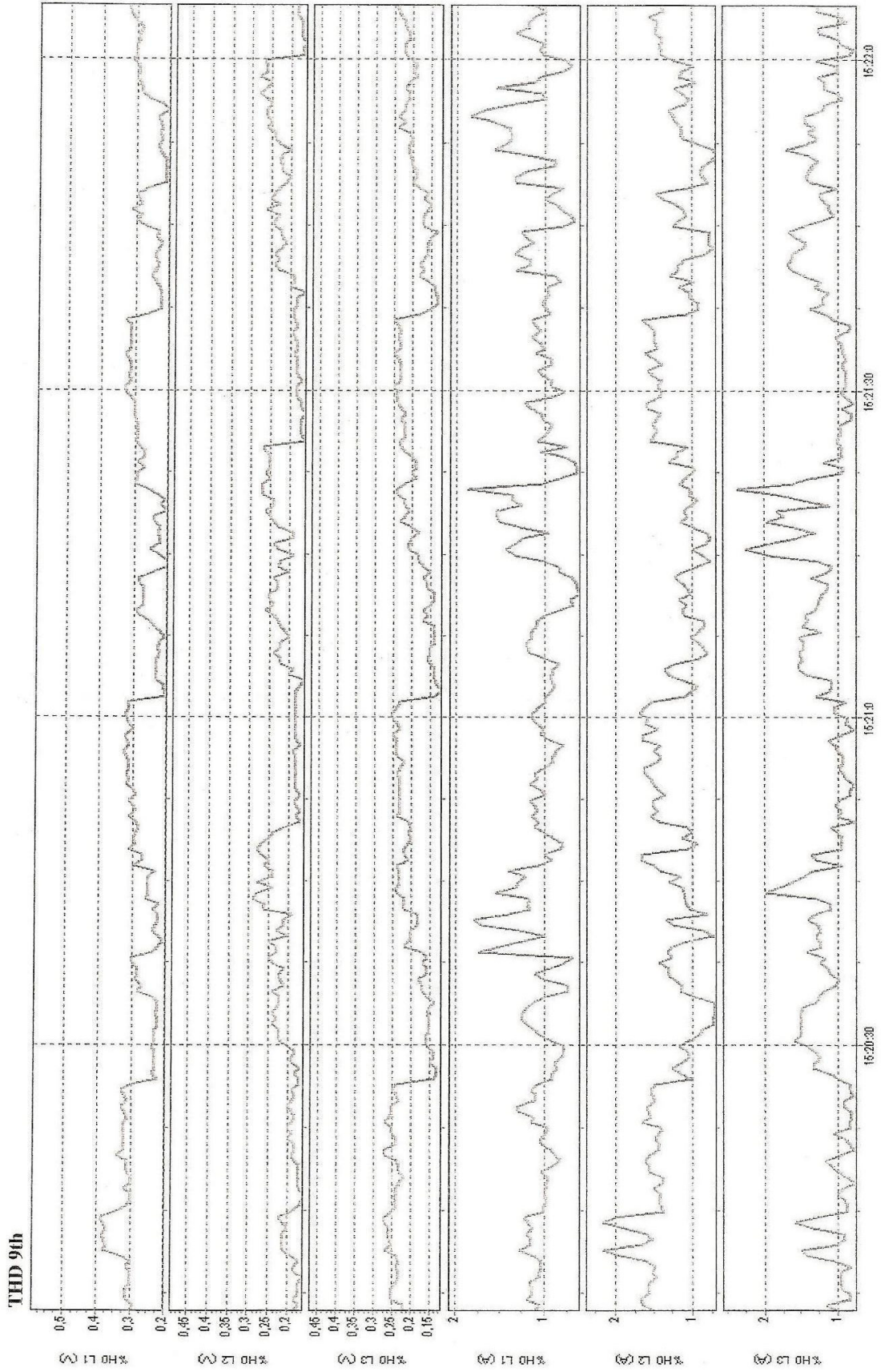
Şekil 6.25 K GK çıkışındaki 3. harmonik akım ve gerilim bozulmaları



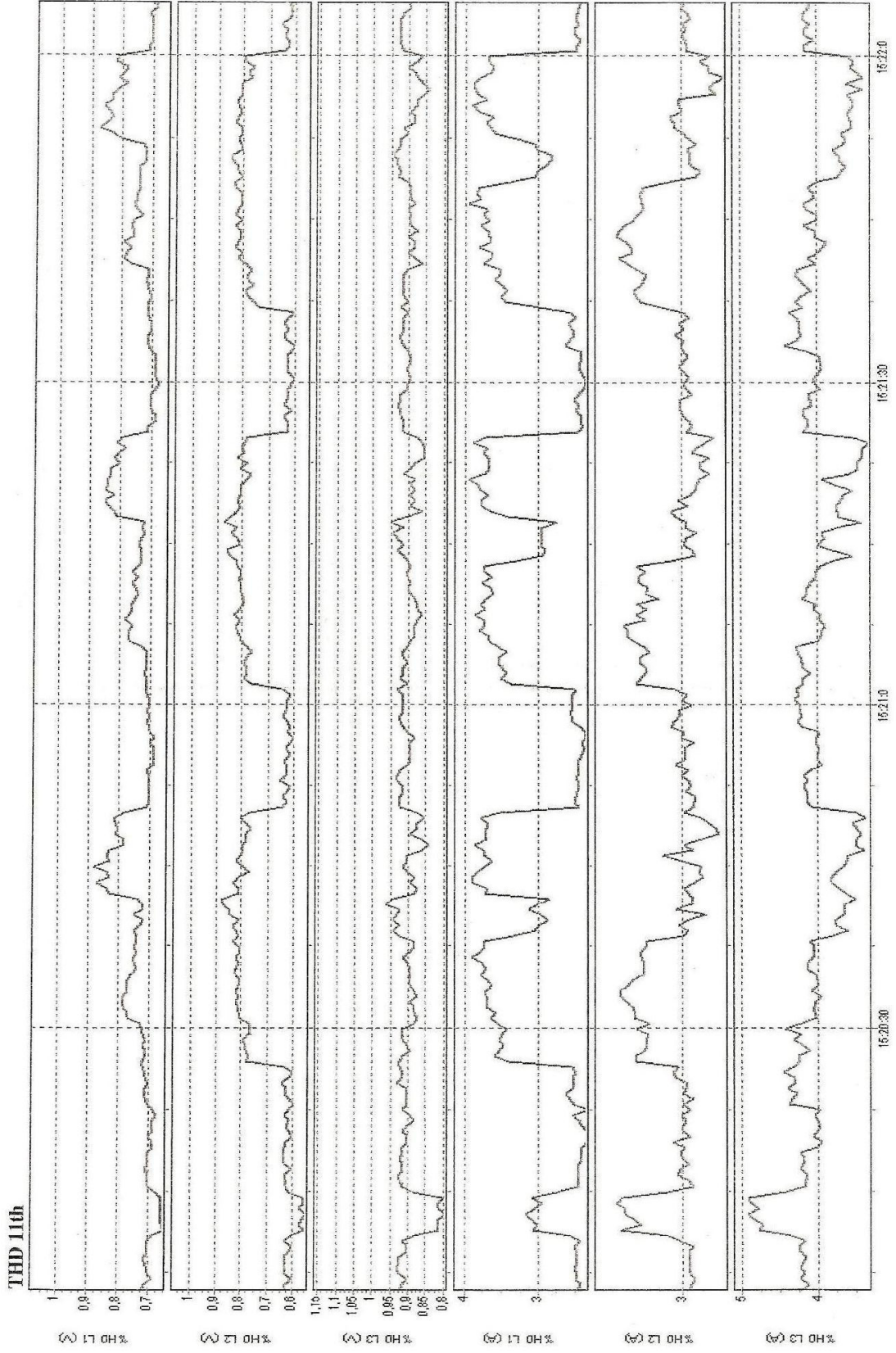
Şekil 6.26 KGG çıkışındaki 5. harmonik akım ve gerilim bozulmaları



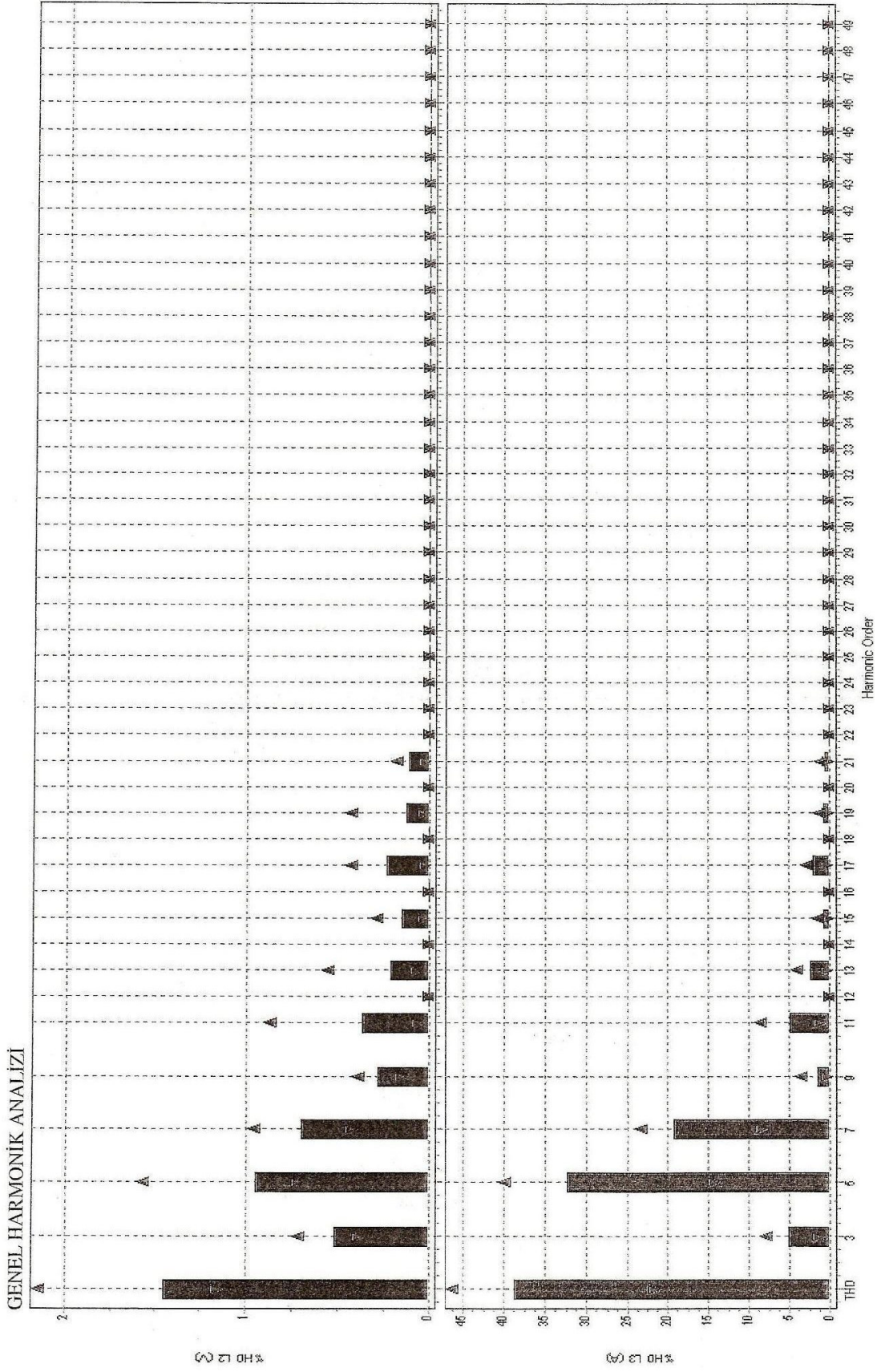
Şekil 6.27 KGG çıkışındaki 7. harmonik akım ve gerilim bozulmaları



Şekil 6.28 KGK çıkışındaki 9. harmonik akım ve gerilim bozulmaları



Şekil 6.29 KGG çıkışındaki 11. harmonik akım ve gerilim bozulmaları



Şekil 6.30 KGK çıkışı genel harmonik analizi

KGK çıkış karakteristiğinin incelenmesi neticesinde; KGK çıkış geriliminin anlık değişken akım tüketimine nazaran standartlara uygun olarak 220V/380V \pm %1 sınırlarının dışına çıkmadığı gözlenmiştir. Kaldı ki bu tarz dinamik yüklerde çıkış geriliminin 220V/380V \pm %5 değerleri içerisinde olması uluslararası standartlara uygundur. Frekans ise şebekeye senkron çalışmada 50Hz \pm %2, serbest çalışmada 50Hz \pm %0,2 değerlerinde olmalıdır. Şekil 6.23'de frekans değişimi görülmektedir. Bu grafikten de anlaşılacağı üzere frekans şebekeye senkron çalışma değerlerine uygundur.

KGK çıkışında yapılan diğer çalışmalarda sırasıyla 3,5,7,9 ve 11. harmoniklerin ayrı ayrı toplam akım ve gerilim bozulmalarının incelenmesidir. Şekil 6.24'de akım ve gerilim için THD değerleri görülmektedir. Gerilim THD'si her faz için %1,6 - %2,2 arasında değişmektedir. KGK çıkışında izin verilen maksimum gerilim THD'si lineer yükler için %3, nonlineer yükler dediğimiz dinamik yükler için %5'ten küçük olmak zorundadır. Ölçüm sonucunda elde edilen değerler KGK çıkış gerilimindeki kararlılığı ve değerlerin standartlara uygun olduğunu bize göstermektedir.

Şekil 6.24'de her faz için akım THD'si görülmektedir. Akım harmonik bozulması minimum %31 ile maksimum %41 arasında değişmektedir. KGK girişindeki Fluke 435 cihazıyla yapılan ilk ölçümlerde akım THD'si %14-21 arasında her faz için ayrı değerler almaktaydı. Buradan da anlaşılacağı üzere KGK çıkışındaki dinamik yükün karakteristiğinden dolayı oluşan akım THD'si KGK girişinde 12 Pulse karakteristiğine yakın olarak azaldığı gözlenmiştir. Fakat uluslararası standartlara uygun olan %12 değerlerine ulaşması için ölçümlerin yapıldığı şebeke karakteristiğine özel olarak bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışma ile KGK girişindeki baskın olan 5. ve 7. harmoniklerin ve akım harmonik bozulmasının azaltılması amaçlanmıştır.

KGK tasarımı üzerinde yapılan revizyon çalışmasında Şekil 6.1'de 12 Pulse elektriksel bağlantı şemasında görülen SD1 ile tabir edilen birinci doğrultucu katmanının 100kVA'lık faz kaydırma trafosunun çıkışına SD2 doğrultucusunun girişinde bulunan AC şok trafosu ile aynı güçte bir şok trafosu koyulmuştur. Bu esnada PTR3P ile nitelendirilen SCR sürücülerini için gerilim örneği alan kartın bağlantı noktaları NH1 olarak gösterilen bıçaklı sigortaların çıkışına taşınmıştır. Bununla SCR sürücülerini için daha sağlıklı bir gerilim örneği almak amaçlanmıştır. Yapılan bir diğer işlem ise 250A 1,2mH DC şoklarının değerininin 1,5mH değerine artırılması yönünde olmuştur. Kesintisiz Güç Kaynağı üzerinde yapılan bu değişikliklerden sonra KGK giriş ve çıkış verileri tekrar ele alınmıştır.

Çekim yapılması esnasında ölçülen KGK girişinden ölçülen şebekeden çekilen akım ve şebeke gerilimi değerleri;

Volts/Amps/Hertz				
	L1	L2	L3	N
V _{rms}	221.8	216.7	219.9	4.0
V _{pk}	311.8	299.2	304.6	9.1
CF	1.41	1.38	1.38	2.27
Hz	49.97			
	L1	L2	L3	N
A _{rms}	109	107	107	3
A _{pk}	219	221	214	6
CF	2.02	2.07	1.99	0L
04/24/07 16:16:35 230V 50Hz 3Ø WYE EN50160				
PREV	BACK	NEXT	PRINT	USE

Şekil 6.31 KGK giriş akım ve gerilimleri

HARMONICS TABLE				
	L1	L2	L3	N
THD% _r	12.8	13.7	14.0	19.6
H3% _r	2.2	2.6	3.5	6.8
H5% _r	2.3	2.9	2.7	14.6
H7% _r	3.0	3.0	2.5	9.3
H9% _r	0.5	0.6	0.6	1.3
H11% _r	9.6	10.0	9.9	3.1
H13% _r	2.6	2.4	2.6	1.8
H15% _r	0.5	0.4	0.7	0.7
04/24/07 16:17:44 230V 50Hz 3Ø WYE EN50160				
PREV	BACK	NEXT	PRINT	USE

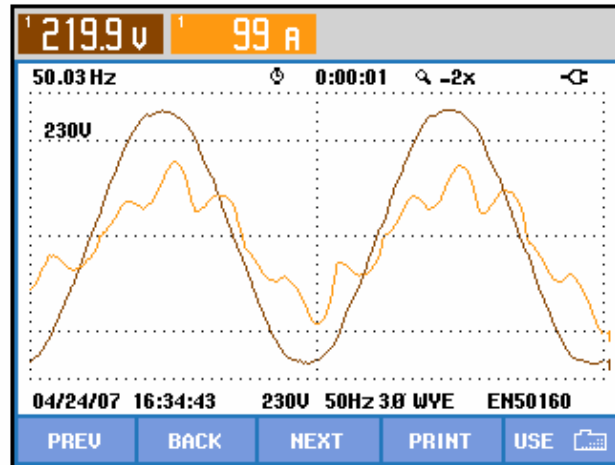
Şekil 6.32 KGK giriş akım THD

Şebekeden çekilen KGK giriş akımlarına ilişkin harmonik tablolar; Şekil6.32'de görülebileceği gibi şebeke geriliminin içerdiği harmoniğe, dengesizlik etkisine bağlı olarak %12 ila %14 civarında değişmekte olup anma yüküne yaklaştıkça daha da azalacaktır (tahminen %10 seviyesine kadar). Sonuç olarak cihaz üzerinde yapılan değişiklikler ile KGK'nın akım THD'si 12 darbeli bir doğrultucu için teknik literatürde ifade edilen değerlere ulaşmıştır. Ayrıca KGK girişindeki 5. ve 7. akım harmoniklerin yapılan çalışmayla azaldığı ve yapılan tasarım değişikliğiyle baskın olması gereken 11 ve 13. harmoniklerin 5. ve 7. harmonik değerlerinden daha büyük olduğu gözlenebilmektedir.

Çekim esnasında şebekeden çekilen güç değerlerine ilişkin bilgiler Şekil 6.33'de görülmektedir. Bu verilere göre 61 kW aktif ve 81 kVA görünür güç çekilmektedir. KGK gücünün 200kVA olduğu düşünüldüğünde ölçülen giriş akım harmoniklerinin; KGK çıkış gücünün artırılmasıyla KGK girişinde daha da azalacağı açık bir şekilde görülmektedir.

Power & Energy				
FULL 0:00:06				
	L1	L2	L3	Total
kW	20.7	19.7	20.7	61.0
kVA	27.6	26.6	26.9	81.0
kVAR	18.3	17.8	17.2	53.3
PF	0.75	0.74	0.77	0.75
Cos ϕ	0.79	0.79	0.81	
A rms	127	124	124	
	L1	L2	L3	
V rms	217.9	214.0	216.8	
04/24/07 16:18:48 230V 50Hz 3Ø WYE EN50160				
PREV	BACK	NEXT	PRINT	USE

Şekil 6.33 KGK giriş güçleri



Şekil 6.34 KGK çıkış akım ve gerilim dalga şekilleri

Çekim esnasında kaydedilmiş KGK çıkış gerilim ve akım eğrileri Şekil 6.34'de gösterilmiştir. Buradan anlaşılacağı üzere çıkış geriliminde dalga formu bozulması oluşmamaktadır. KGK sistemi kararlı gerilim ve frekans değerleriyle beslemektedir.

Sonuç olarak KGK giriş ve çıkışı üzerinde yapılan çalışmalar neticesinde çeşitli verilere ulaşılarak detaylı bir Şekilde karşılaştırılmıştır. Yapılan ölçümlerin tamamında KGK ıkış parametrelerinin online (ift çevrim) esasına göre tanımlanan KGK standartlarına uygunluğu görülmüştür. Ancak KGK girişindeki akım harmoniklerinin Şebekenin de yetersizliğinden dolayı standartların üzerinde çıkması neticesinde cihaz üzerinde revizyon yapılmıştır. İlk olarak KGK'nın 1. doğrultucu katmanının girişine AC Şok trafosu takılmıştır. Sonrasında DC Şok trafolarının değerleri yükseltilerek sorun çözülmüş ve akım harmonikleri standartlara uygun değerlere getirilmiştir.

7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Çalışmada şebeke problemleri, sebepleri ve sistemlere yansıyan olumsuzluklardan bahsedilerek, günümüz KGK'larının bu şartlar altında kullanım gerekliliği ele alınmıştır. Kesintisiz Güç Kaynakları yapıları itibariyle statik, dinamik ve son zamanlarda dinamik ve statik uygulamaların birlikte yer aldığı hibrid kesintisiz güç kaynakları olmak üzere üç gruba ayrılabilir. Kesintisiz güç kaynaklarının hangi yapıda seçilmesi gerektiği projelendirme kapsamında beslenmesi planlanan yükün karakteristiği ve gücüyle alakalıdır. İlk yatırım maliyeti, KGK'lar arasındaki verim farklılığından doğabilecek maliyetler ve bakım masrafları da göz önüne alınarak toplam işletme maliyeti çıkartılmalı ve o güç için kullanılması en optimum KGK'nın seçilmesi gerekmektedir. Genellikle dinamik kesintisiz güç kaynakları 1MVA ve üzeri güçler için daha iyi bir seçenek olmaktadır. Statik tip online KGK'lar ise günümüzde en sık kullanılan KGK çeşididir. AC-DC-AC denilen çift çevrimi yaparak kritik yükü kararlı gerilim ve frekans ile destekleyen online KGK'lar güvenlik ve temiz bir enerji açısından tüketici için her zaman en iyi seçenek olmaktadır.

Kesintisiz Güç Kaynaklarında doğrultucu ünitelerinin ana görevi DC bara gerilimini sağlıklı bir şekilde sağlayarak invertör bloğunu desteklemek ve diğer yandan da akülerin şarj altında tutulmasını sağlamaktır. Doğrultucular yapıları itibariyle kontrollü (tristör, transistör) ve kontrolsüz (diyot) doğrultucular ile gerçekleştirilir. Doğrultucuların yapısal farklılığından ortaya çıkan giriş güç faktörleri ve giriş akım toplam harmonik distorsiyonu değerleri KGK projelendirmeleri kapsamında mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır. Tez kapsamında 6 darbeleri, 12 darbeleri, 18 darbeleri doğrultucular hakkında bilgi verilerek detaylı bir şekilde karşılaştırmaları yapılmıştır. IGBT'ler ile tasarlanan doğrultucular düşük giriş akım harmonikleri, yüksek giriş güç faktörleri ve yüksek verim değerleriyle daha önceden bahsi geçen doğrultucu çeşitlerine nazaran günümüzde daha çok tercih edilmektedir. Giriş güç faktörünün yüksek olması sebebiyle reaktif güç tüketimi olmayan bu doğrultucuların ekstra bir kompanzasyon panosu maliyeti de olmayacaktır. Çekilen akımın azalması neticesinde işletmede kullanılacak kablo kesitleri ve sigorta değerleri küçülecektir. Tüm bu avantajlar neticesinde IGBT kullanılarak tasarlanan doğrultucular teknolojik olarak diyot köprüleri veya transistörlerle tasarlanan 6-12-18 darbeleri doğrultucuların yerini almaya hızla devam etmektedir.

Kesintisiz Güç Kaynaklarının en önemli elemanlarından bir tanesi de hiç şüphesiz akü grubudur. Kullanılan akü grubunun kalitesi direk olarak enerjinin kesintisizliğini

etkileyeceğinden dolayı uzun ömürlü tam bakımsız kuru tip kurşun ait akülerin (VRLA) yüke göre uygun adet ve Ah değerlerinde projelendirilmesi gerekmektedir.

İnverter üniteleri IGBT denilen yalıtılmış kapılı bipolar transistörler ile tasarlanmaktadır. İnverter ünitelerinin dizaynı çıkış THD'sini ve gerilim kararlılığında önemli rol oynamaktadır. İnverter ünitesinin dinamik yüke karşı toparlanma zamanının oldukça kısa olması ve faz açılarında sapmanın $\pm 2\%$ 'yi geçmemesi gerekmektedir.

KGK'nın gelişmiş haberleşme seçenekleriyle donatılmış olması gerekmektedir. Kesintisiz Güç Kaynağı üzerindeki verilere uzaktan ulaşılabilmesi ve KGK yönetimi yazılım vasıtasıyla yapılabilmelidir. KGK üzerinde oluşan hata ve arızalar anında kullanıcıya e-mail veya SMS olarak bildirilebilmelidir.

Galvanik izolasyon trafosu bilindiği üzere KGK'larda güvenliği arttırıcı en önemli ekipmanlardan bir tanesidir. Gerek gürültü ve parazitlerin çıkışa yansımaması gerekse inverter katında oluşan herhangi bir kısa devreden dolayı çıkışa yüksek DC gerilimin iletilmemesi adına kullanılması mutlaka gerekli olan bir ekipmandır.

KGK'ların uzun süreli besleme süreleriyle projelendirilmesi gerek akü maliyeti gerekse tasarım güçlüğünden dolayı uygun değildir. Bu bağlamda şebekeye paralel çalışan otomatik bir jeneratör sistemiyle projelendirilmesi en optimum çözüm olmaktadır. KGK ile jeneratör ortak çalışmasında KGK doğrultucu tasarımlarından dolayı jeneratör gücü her modeldeki KGK için ayrı ayrı projelendirilmelidir. Günümüzde IGBT doğrultucular gerek giriş akım dalga şeklinin sinüse yakın olmasından ($THDI \leq 5$) gerekse akım tüketimlerinin az olmasından dolayı jeneratör ile ortak çalışmada en uygun çözümleri sunmaktadır.

Son olarak KGK'ların paralel çalışması hem güvenilirlik hemde ileride doğacak güç artırımları adına mutlaka değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu tez kapsamında Kesintisiz Güç Kaynaklarının çeşitleri ve yapıları incelenerek projelendirmeler kapsamında nelerin ön planda tutulması gerektiği ele alınmıştır. Bir MR merkezinde 200kVA 12 Darbeli bir KGK giriş çıkış karakteristikleri ele incelenerek, giriş akım harmonik distorsiyonunu azaltmaya yönelik çalışmalar yapılmış ve ayrıntılı güç ölçümleri analizleriyle bu çalışma anlatılmıştır.

KAYNAKLAR

Akgeyik, O., (2005), Kesintisiz Güç Kaynaklarında Kullanılan Doğrultucuların Oluşturduğu Akım Harmoniklerinin Analizi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü

Arrilaga, J., Smith, B.C., Watson, N.R ve Wood, A.R., (1997) “Power System Harmonic Analysis”, John Wiley&Sons.

Boost, A. M., (1987), “State of The Art – Carrier PWM Techniques”, IEEE Trans. Comm. Electron, pp. 849-861

Cyril W. Lander, Power Electronics, 2nd Edition. London; McGraw-Hill,1987,pp,259-274.

Çekiç, T., (2000), KGK-Jeneratör Çalışma Problemleri Eğitim Semineri, İstanbul

D.A.Paice, Power Electronic Converter Harmonics-Multidarbeli Methods for Clean Power, New York:IEEE Pres,1996.

Dugan, R.C., McGranaghan, M.F., Beaty, H.W., Electrical Power Systems Quality, McGraw-Hill,1996.

Emadi, A., Nasiri, A. ve Bekiarov., S., (2005), Uninterruptible Power Supplies and Active Filters, CRC Press, New York.

Griffith, B.C., (1989), “Uninterruptible Power Supplies” , pp.48-62

Gülgün, R., (1995), “İnverterler”, Güç Elektronikliği, pp. 370-311

Kusko, A., (1983), “Static UPS”, Emergency / Stand-by Power Supplies, pp. 73-97

Kutman, T., (1975), “İnverterlerde Harmonik Distorsiyon” Güç Elektronikliği Genel Bir Analiz ve Küçük Distorsiyonlu Yeni Bir İnverter Doktora Tezi, pp. 46-51

Mark F.Mc Granaghan, David R.Mueller, “Designing Harmonic Filters for Adjustable-Speed Drives to Comply with IEEE-519 Harmonic Limits,” IEEE Transactions Industry Applications,Vol.35, No.2.March/April 1999, pp 312-318.

N.Mohan, T.M. Undeland, W.P.Robbins, Power Electronics-Converters, Applications and Design, 2nd ed. New York : John Wiley Sons,1995.

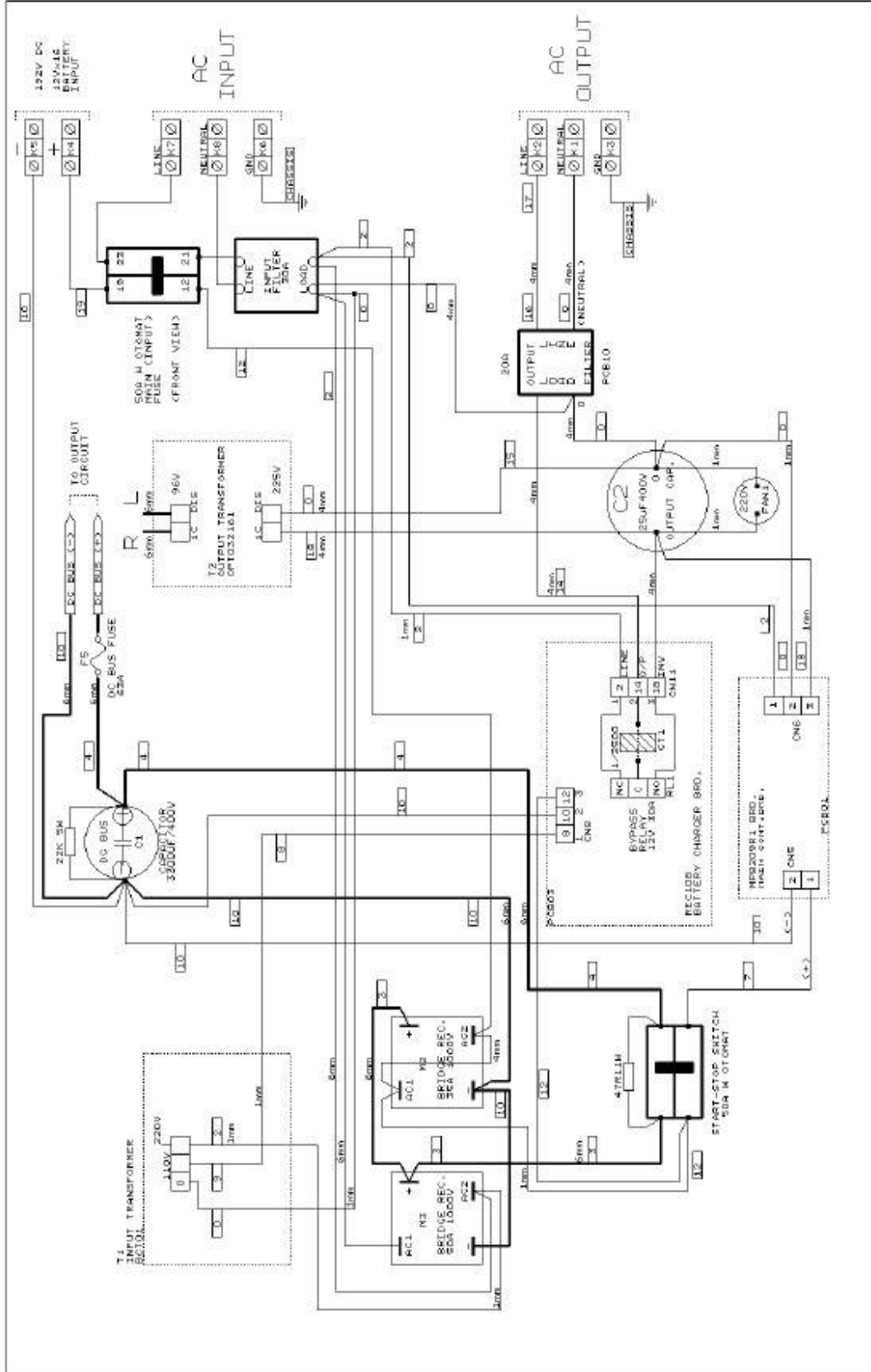
S.Choi, P.N.Enjeti, H.Lee,and I.J.Pitel, “A new active interphase reactor for 12-pulse rectifiers provides clean power utility interface”, IEEE Transactions on Industry Applications,Vol.32,no.6,pp. 1304-1311, Nov./Dec.1996.

Turnbull, G., (1964), “Selected Harmonic Reduction in Static DC-AC Inverters”, IEEE Trans. Comm. Electron, Vol.83, pp.374-378

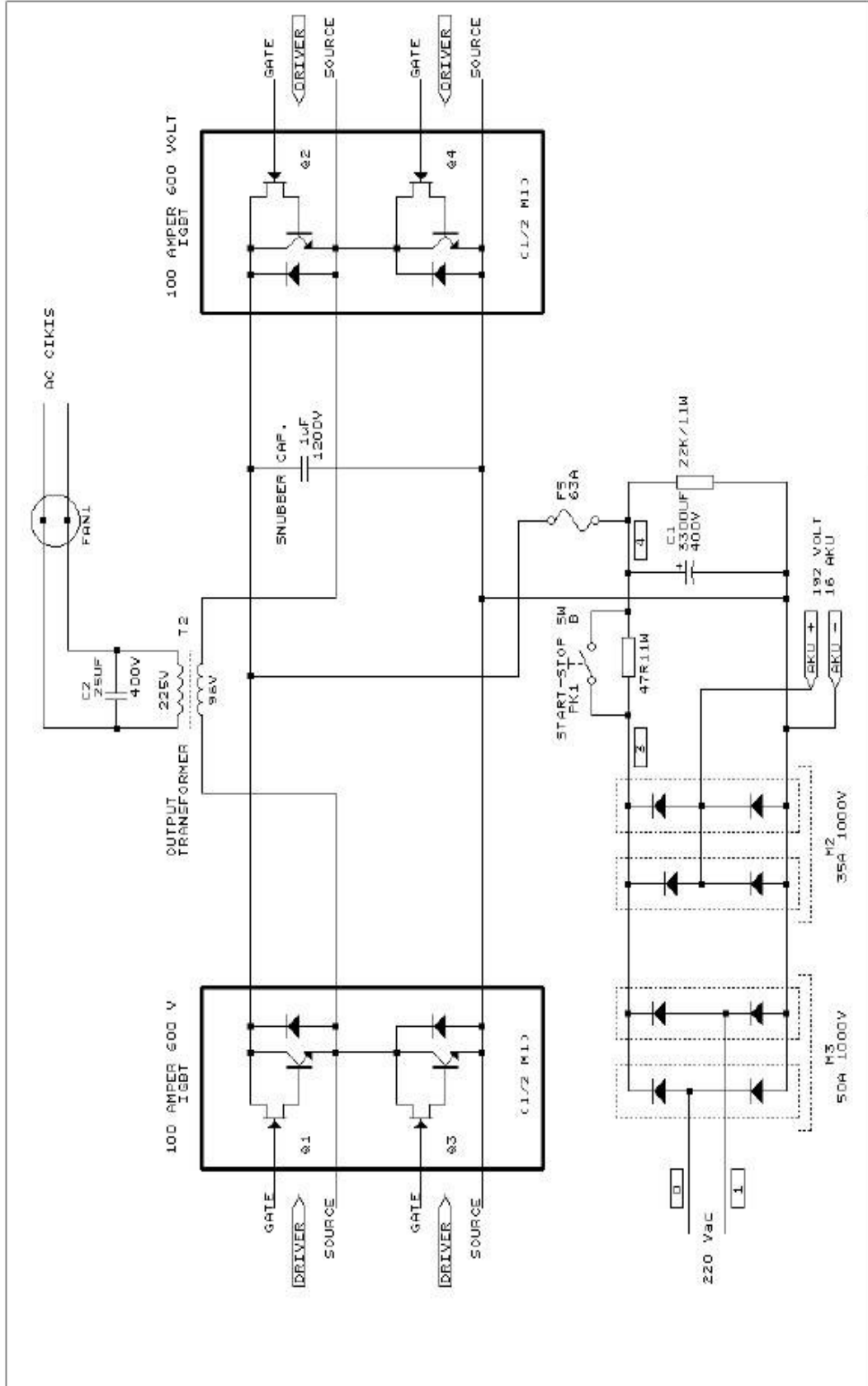
Tümel Elektronik Arge Departmanı Eğitim Notları.

EKLER

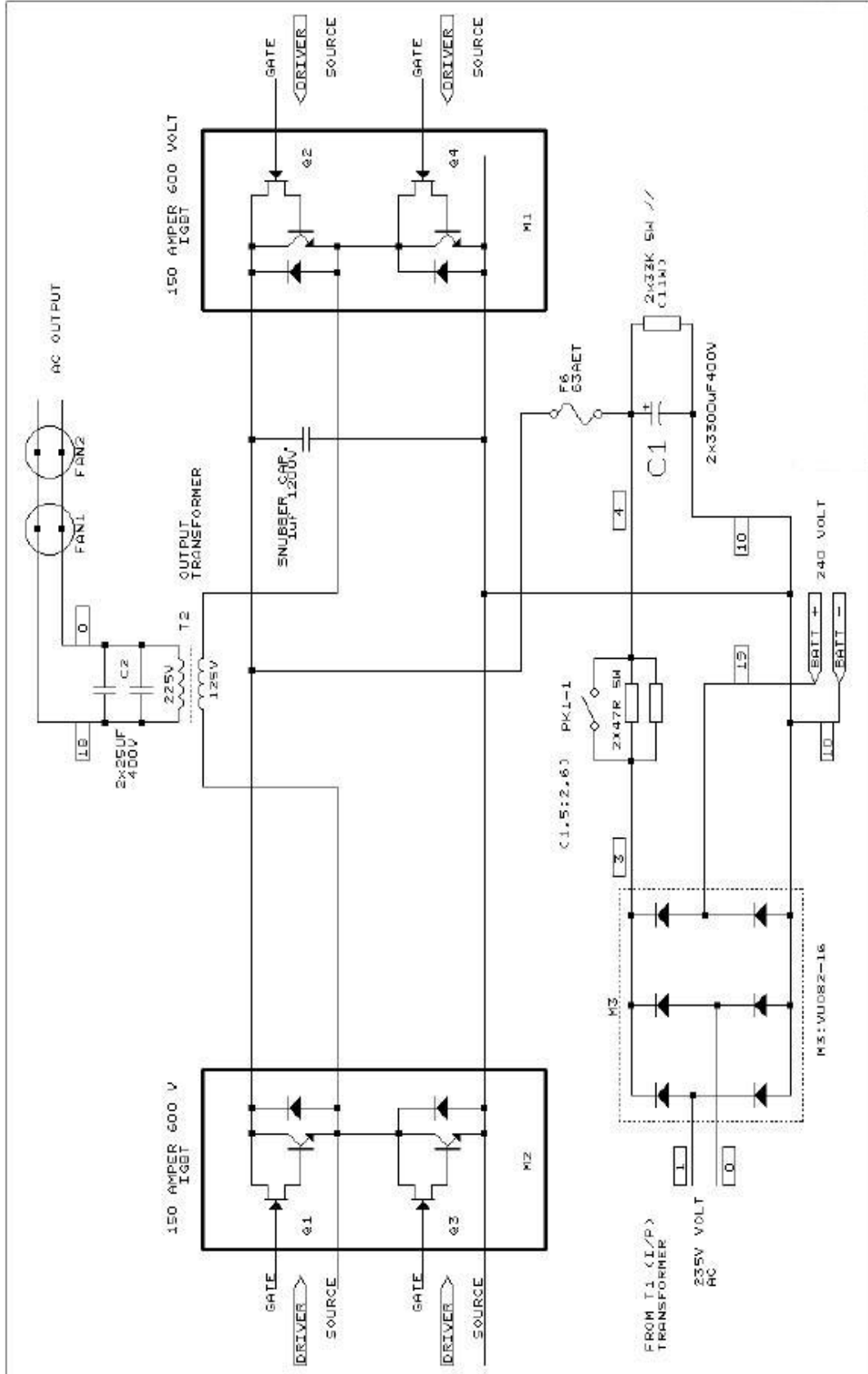
- Ek 1 1 Faz giriş 1 faz çıkışlı 5kVA KGK elektriksel bağlantı şeması
- Ek 2 1 Faz giriş 1 faz çıkışlı 5kVA KGK devre şeması
- Ek 3 1 Faz giriş 1 faz çıkışlı 10kVA KGKdevre şeması
- Ek 4 3 Faz giriş 1 faz çıkışlı 10kVA KGKdevre şeması
- Ek 5 3 Faz giriş 3 faz çıkışlı KGK inverter ünitesi
- Ek 6 3 Faz giriş 3 faz çıkışlı KGK doğrultucu ve by-pass ünitesi



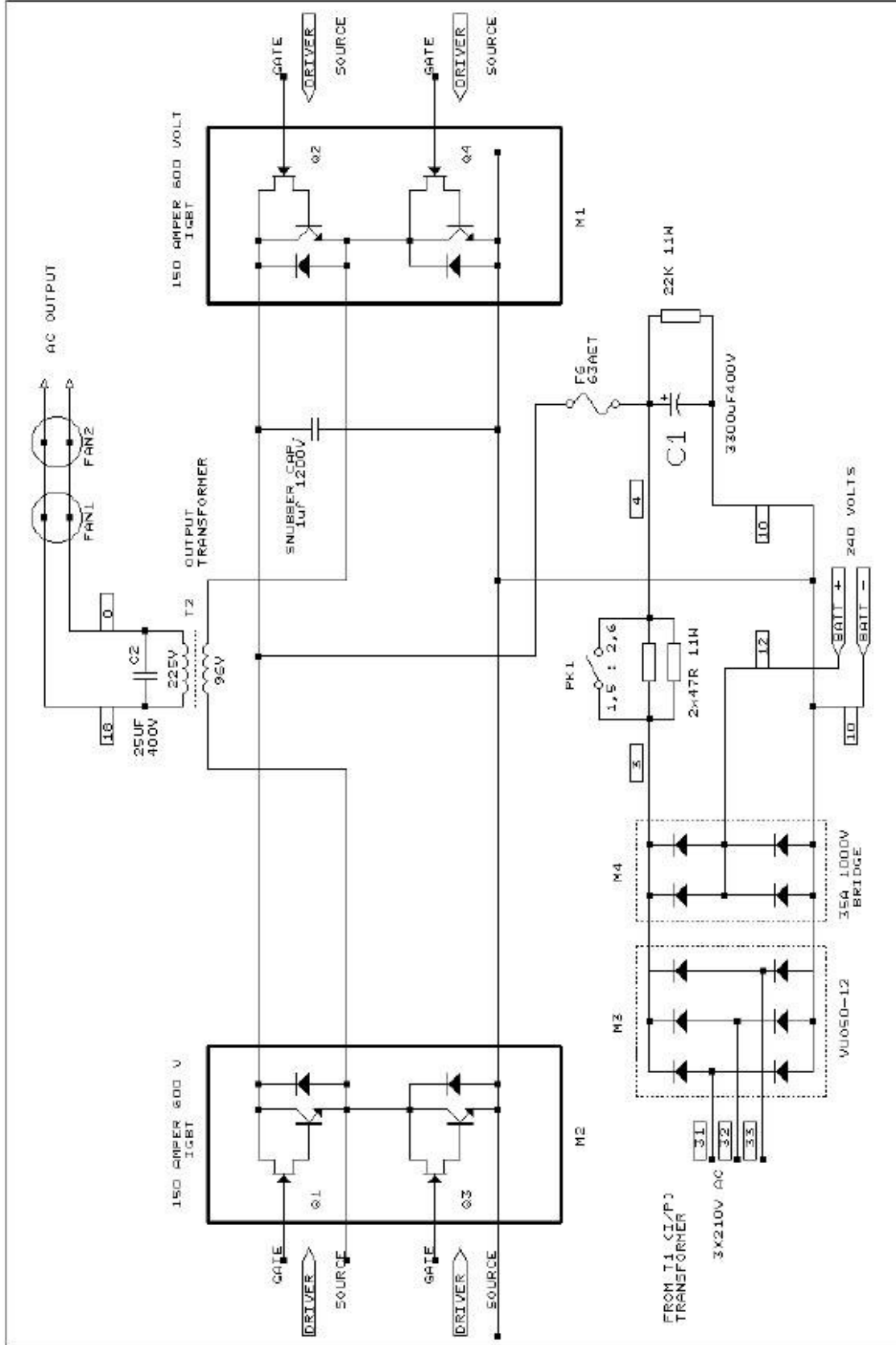
Ek 1 1 Faz giriş 1 faz çıkışlı 5kVA KGC elektriksel bağlantı şeması



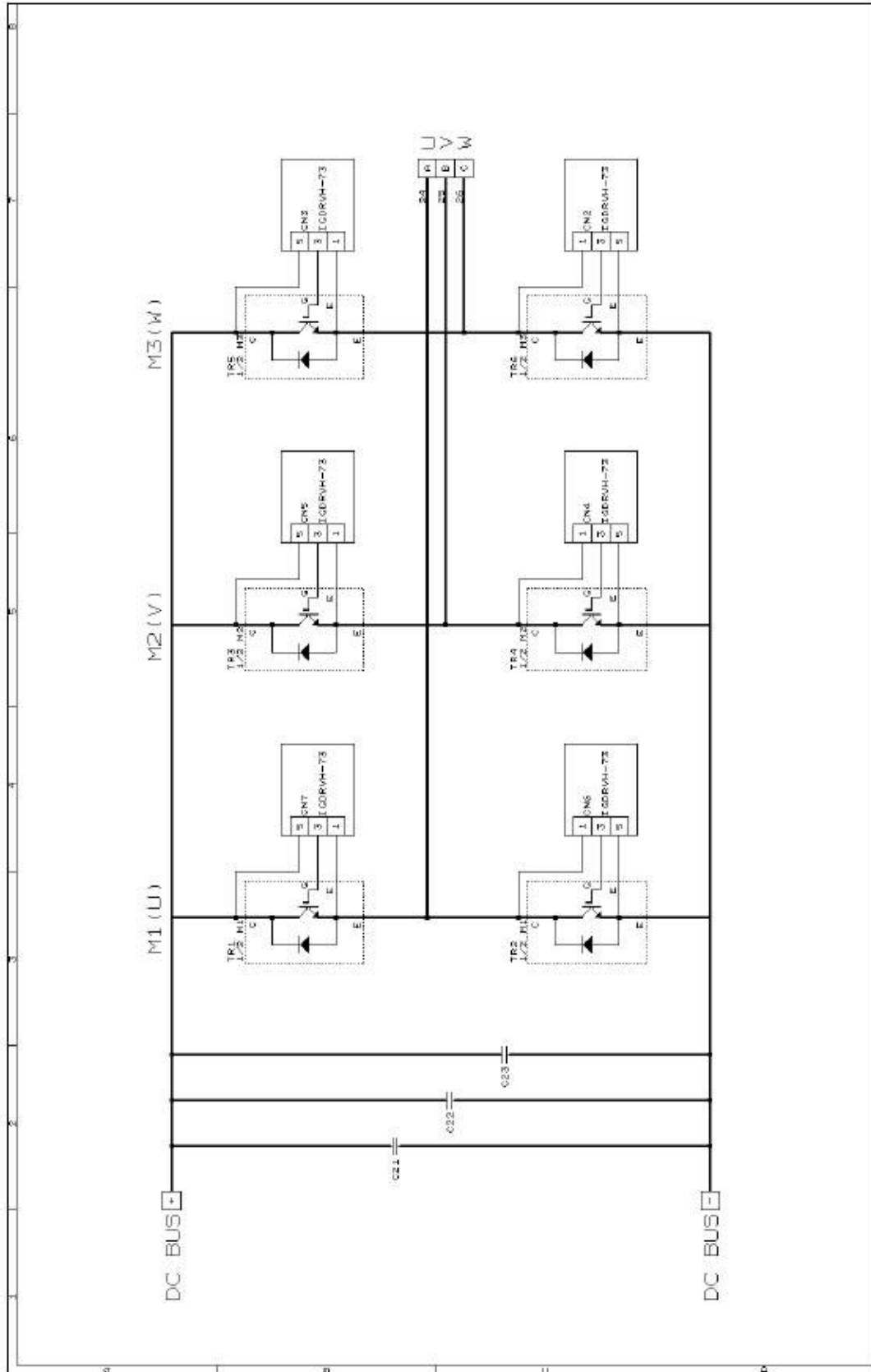
Ek 2 1 Faz giriş 1 faz çıkışlı 5kVA KVK devre şeması



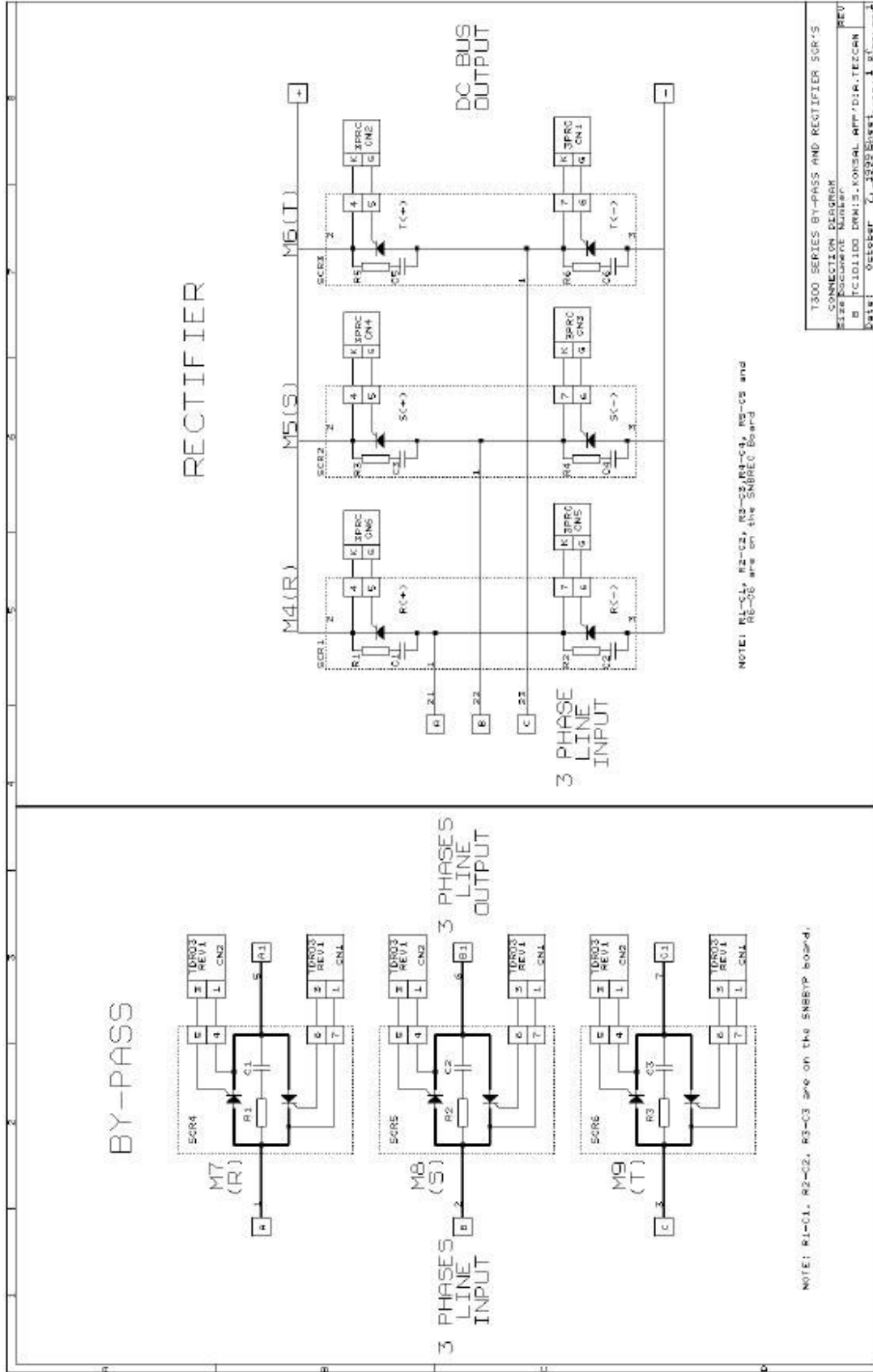
Ek 3 1 Faz giriş 1 faz çıkışlı 10kVA KGKdevre şeması



Ek 4 3 Faz giriş 1 faz çıkışlı 10kVA KVKdevre şeması



Ek 5 3 Faz giriş 3 faz çıkışlı KIG inverter ünitesi



Ek 6 3 Faz giriş 3 faz çıkışlı KGK doğrultucu ve by-pass ünitesi

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	01.02.1982	
Doğum yeri	Bursa	
Lise	1996-1999	Bursa Erkek Lisesi
Lisans	1999-2004	Yıldız Üniversitesi Elektrik Elektronik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans	2004-	Yıldız Üniversitesi Elektrik Elektronik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı Elektrik Makineleri ve Güç Elektroniği Programı

Çalıştığı kurumlar

2005-Devam ediyor Test Tüm Elektronik San. ve Tic. A.Ş.
Tescom Kesintisiz Güç Kaynakları
Proje Satış Mühendisi