

167661

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİKRODENETLEYİCİ KONTROLLÜ TEK FAZLI PFC'Lİ
KESİNTİSİZ GÜÇ KAYNAĞININ
TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Ahmet KAYABAŞI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Ramazan AKKAYA

Konya, 2005

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MİKRODENETLEYİCİ KONTROLLÜ TEK FAZLI
PFC'Lİ KESİNTİSİZ GÜÇ KAYNAĞININ
TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ**

Ahmet KAYABAŞI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

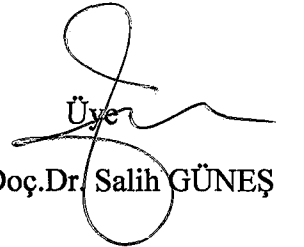
Bu tez 15 / 09 / 2005 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.


Danışman

Yrd.Doç.Dr. Ramazan AKKAYA


Üye

Doç.Dr. Saadetdin HERDEM


Üye

Yrd.Doç.Dr. Salih GÜNEŞ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MİKRODENETLEYİCİ KONTROLLÜ TEK FAZLI PFC'Lİ KESİNTİSİZ GÜÇ KAYNAĞININ TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Ahmet KAYABAŞI

Selçuk Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik-Elektronik Müh. Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ramazan AKKAYA

2005, 98 sayfa

Jüri: Doç.Dr. Saadetdin HERDEM

Yrd.Doç.Dr. Ramazan AKKAYA

Yrd.Doç.Dr. Salih GÜNEŞ

Bu çalışmada, mikrodnetleyici kontrollü tek fazlı PFC'li on-line Kesintisiz Güç Kaynağı (KGK) pratik olarak gerçekleştirilmiştir. Giriş güç faktörünü düzeltmek için SP-320-24 SMPS modülü kullanılmıştır. Giriş güç faktörü değeri KGK topolojilerinde istenilen değerde tutulmuştur. Gerçekleştirilen sistemde, mikrodnetleyici olarak 2 tane PIC16F876 kullanılmıştır. Mikrodnetleyicilerden birisi, push-pull inverterdeki n kanallı MOSFET'leri sürmek için kullanılan sinüzoidal PWM sinyallerini üretmek ve çıkıştan geribesleme kontrolü sağlamak için kullanılmıştır. Diğer mikrodnetleyici de kontrol ve gösterge birimleri için kullanılmıştır. Sinüzoidal PWM teknolojisi kullanılarak harmoniklerin elimine edilmesi sağlanmış ve çıkışta kullanılan filtre basitleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kesintisiz güç kaynağı, güç kalitesi, sinüzoidal PWM, PIC16F876 mikrodnetleyici, PFC, inverter.

ABSTACT

Master Thesis

THE DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A MICROCONTROLLER- BASED SINGLE PHASE UPS WITH PFC

Ahmet KAYABAŞI

Selcuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Electrical - Electronics Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Ramazan AKKAYA

2005, 98 Pages

Jury: Assoc. Prof. Dr. Saadetdin HERDEM

Asst. Prof. Dr. Ramazan AKKAYA

Asst. Prof. Dr. Salih GÜNEŞ

In this study, a microcontroller-based single phase on-line UPS with PFC has been designed practically. SP-320-24 SMPS module was used to set up the input power factor. Input power factor was rated on the desired rates in UPS topologies. Two PIC16F876 were used in the system. One of the microcontrollers was used to generate the sinusoidal PWM signals used to drive the n channel MOSFETs in the push-pull inverter and to control the feedback from output. The other microcontroller was used for control and indicator. Eliminating the harmonics was accomplished by using the sinusoidal PWM technology and the filter used at the output was simplified.

Key words: Uninterrupted Power Supply, Power Quality, Sinusoidal PWM, PIC16F876 microcontroller, PFC, inverter.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmam boyunca bilgi ve tecrübeleri ile her türlü desteğini esirgemeyen danışmanım sayın Yrd.Doç.Dr. Ramazan AKKAYA'ya, teorik ve pratik konulardaki desteklerinden dolayı S.Ü. Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde görevli tüm öğretim elemanlarına teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii

1.GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
3. ELEKTRİK GÜÇ KALİTESİ.....	7
3.1. Güç Kalitesinin Tarihsel Gelişimi.....	7
3.2.Güç Kalitesinin Önemi.....	8
3.3. Güç Kalitesinin Tanımı.....	10
3.4. Güç Kalitesi Problemlerinin Ekonomik Açıdan Önemi.....	11
3.5. Güç Kalitesi Problemleri	13
3.6.Güç Kalitesi Problemlerinin Çözümleri.....	18
3.6.1. Hassas cihazlar üzerindeki etkileri azaltmak.....	19
3.6.2. Sebepleri araştırmak ya da ortadan kaldırmak.....	20
3.6.3. Transfer Ortamını Ortadan Kaldırmak.....	20
3.6.4. Güç düzenleyici ekipman montajı.....	21

4. KESİNTİSİZ GÜÇ KAYNAKLARI.....	24
4.1. Pasif Olarak Kullanıma Hazır KGK.....	24
4.2. Hat Etkileşimli KGK.....	26
4.3. Çift Dönüşümlü KGK.....	28
4.4. Kesintisiz Güç Kaynaklarından Beklenen Özellikler.....	30
4.4.1. Gerilim kararlılığı.....	30
4.4.2. Frekans kararlılığı.....	31
4.4.3. Ani yüke cevap verebilme.....	31
4.4.4. Çıkış gerilimi toplam harmonik bozulması.....	31
4.4.5. Aşırı yük ve kısa devre koruma.....	32
4.4.6. Yüksek verim.....	32
4.4.7. Aküler.....	32
4.4.8. Crest faktörü ve KGK'lar üzerindeki etkisi.....	33
4.6. Kesintisiz Güç Kaynaklarında Giriş Güç Katsayısının Düzeltilmesi.....	33
4.6.1. Güç faktörü.....	34
4.6.2. Güç faktörünün düzeltilmesi.....	36

5. KESİNTİSİZ GÜÇ KAYNAKLARINI TEŞKİL EDEN ELEMANLAR VE KONTROL METODLARI.....	38
5.1. İnverter.....	39
5.1.1. Push-pull inverterler.....	39
5.1.2. Yarı köprü bağlantılı inverterler.....	41
5.1.3. Tam köprü inverter.....	41
5.2. İnverterin Görevi.....	41
5.3. İnverterlerin Kontrol Metotları.....	42
5.4. DC / DC Dönüştürücüler.....	45
5.4.1. İzolesiz dönüştürücüler.....	45
5.4.2. İzoleli dönüştürücüler.....	47
5.5. Doğrultucu.....	49
5.6. Akümülatörler.....	51
5.6.1. Akü şarjı.....	52

5.7. Transformatörler.....	54
5.8. KGK'ların Tasarımında Kullanılan Devre Şemaları.....	55
5.8.1. Düşük frekanslı transformatör izolasyonu kullanan KGK'lar.....	55
5.8.2. Yüksek frekanslı transformatör izolasyonu kullanan KGK'lar.....	58
6. DARBE GENİŞLİK MODÜLASYONU (PWM).....	63
6.1. Sinüzoidal Darbe Genişlik Modülasyonu.....	69
6.2. Mikrodenetleyici Kullanılarak Sinusoidal PWM Sinyalinin Elde Edilmesi.....	70
6.2.1. Direkt look-up tablosu metodu.....	71
6.2.2. Doğrusal İnterpolasyon metodu.....	72
6.2.3. Tekrarlama metodu.....	73
7. SİSTEMİN TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ.....	74
7.1. SP-320-24 SMPS Modülünün İşlevsel Özellikleri.....	74
7.2. Push-pull İnverter.....	75
7.3. Sinüzoidal PWM'in Elde Edilmesi.....	77
7.4. Kontrol, Gösterge ve Uyarı Ünitesi.....	81
7.5. Geribesleme Devresi.....	83
7.6. Besleme Devresi.....	83
7.7. Akü Grubu.....	84
7.8. Gerçekleştirilen KGK'nın Teknik Özellikleri.....	84
7.9. Deneysel Sonuçlar.....	87
8. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	93
KAYNAKLAR.....	96

EKLER

SİMGELER ve KISALTMALAR

AC	: Alternatif Akım
AEDS	: Akü Enerjisini Depolama Sistemleri
Ah	: Amper Saat
AMD	: Anahtarlama Mod Doğrultucu
ASD	: Ayarlanabilir Hızlı Sürücüler
BJT	: Bipolar Junction Transistör
CF	: Crest Faktörü
ÇAMD	: Çok Kanallı Anahtarlı Mod Doğrultucu
DC	: Doğru Akım
EEC	: Elektriksel Çevre Uyuşmazlığı
EMG	: Elektromanyetik Girişim
FACTS	: Esnek Alternatif Akım İletim Sistemleri
FET	: Field Effect Transistör
Hz	: Hertz
IGBT	: Insulated Gate Bipolar Transistor
kHz	: Kilo Hertz
KGK	: Kesintisiz Güç Kaynağı
kVA	: Kilo Volt Amper
MOV	: Metal Oksit Varistör
ms	: Mili Saniye
MW	: Mega Watt
µs	: Mikro Saniye
Ni-Cd	: Nikel Kadmiyum
PC	: Kişisel Bilgisayar
PF	: Güç Faktörü
PWM	: Darbe Genişlik Modülasyonu (Pulse Width Modulation)
RMS	: Root Mean Square (efektif değer)
SCR	: Silicon Controlled Rectifier (Tristör)
SGT	: Sabit Gerilim Trafoları
SPWM	: Sinüsoidal Darbe Genişlik Modülasyonu

- SSB** : Katı Hal Kesici (Solit-State Breaker)
SVK : Statik VAR Kompanzatörü
THD : Toplam Harmonik Distorsiyon
TVSS : Geçici Rejim Gerilim Bastırıcı
V : Volt
VA : Volt Amper
VRLA : Kapalı Kurşun Asit Aküler



1.GİRİŞ

Elektrik enerjisinin gittikçe yaygın kullanım alanı bulması, hayati önem taşıyan ya da sürekli çalışması gereken, cihaz ve sistemlerde uygulanması, bu enerjiyi üreten kaynakların güvenilirlik sorununu gündeme getirmiştir. Tüketilen elektrik enerjisinin %95'den büyük bir oranını sağlayan AC şebekede güvenilirlik için alınan tüm önlemler bile günümüz uygulamalarında yeterli olmamakta, kritik yük olarak nitelendirilen cihaz ve sistemlerin Kesintisiz Güç Kaynakları (KGK) üzerinden beslenmesini zorunlu kılmaktadır.

AC şebekeler aşağıdaki özellikleri sağladığı varsayılan gerilim kaynaklarıdır.

- Sabit efektif değer ve sabit frekansta alternatif gerilim sağlar.
- Gerilim dalga şekli sinüzoidaldir.
- Sağlanan enerji süreklidir.
- Sıralanan özellikler yükleme şekli ile değişmez.

Ancak bu özellikleri pratikte bulmak mümkün değildir. Şebekeyi oluşturan güç santrallerindeki jeneratörlerden tüketicinin bağlandığı besleme klemensine kadar bütün birimler, belirtilen özellikleri sınırlı olarak sağlarlar. Gerilimin efektif değeri ve dalga şeklinin değişmesi, genellikle yüklenmeye bağlıdır. Kısa devre empedansının ideal olarak sıfır olmaması, çekilen akıma bağlı olarak gerilimin değişmesine neden olur. Efektif değeri sabit tutmak için gerilim regülatörlerinden, dalga şeklini düzeltmek için filtre devrelerinden yararlanılabilir.

Şebekenin herhangi bir noktasında oluşacak geçici arızalar da tüketiciyi etkiler. Enerji nakil hattının kopması, aşırı yüklenmede kesicilerin devreyi açması, hat'a yıldırım düşmesi, indirici ve yükseltici trafoların devreye girip çıkması gibi durumlarda; gerilimde kısa ya da uzun süreli kesintiler görülür ve tüketici temiz enerji ile beslenemez. Buna benzer durumlarda motor-jeneratör grupları gibi yedek güç kaynaklarına başvurulabilir. Ancak bunlar elektro mekanik dönüştürücüler olduğundan, kesinti süresini belli bir değer altına indiremez. Kesinti sırasında grubun otomatik olarak çalıştırılması ve sürekli rejime girmesi bile birkaç dakika alır. Grubun sürekli çalıştırılması ve kesinti ile birlikte yükün jeneratöre aktarılması ise birkaç yüz milisaniye süre gerektirir. Bu da ekonomik açıdan verimli olmayabilir.

Eskiden büyük bilgisayar sistemleri için KGK kullanılıyordu. Fakat kişisel bilgisayarların ve hassas elektronik cihazların insan hayatına girmesiyle, küçük kapasiteli KGK'ların kullanım ihtiyacı kendini fazlasıyla göstermiştir. Şebekeden alınan elektriğin kalitesi elektronik cihazların ihtiyacını sağlayacak kadar sağlıklı değildir. Gerilim oynamalarından, kısa devrelerden ve kesintilerden dolayı çok önemli bilgiler kayıp olabileceği gibi, hastanelerde çok kritik anlarda da bir çok hastanın hayatı tehlikeye girebilmektedir. Bu tip kritik yüklere kaliteli bir besleme sağlamak için KGK kullanılır. KGK'lar görev olarak sadece bu alanla sınırlı kalmayıp, telekomünikasyondan uzay mekiklerine kadar her alanda kesintisiz ve kaliteli güç sağlarlar.

İlk zamanlar anahtarlamalı güç kaynaklarının içerisinde fazladan kondansatör kullanılarak, gerilim düşmeleri milisaniyeler mertebesinde düzeltilmeye çalışılıyordu. Kullanılan metodun adı "süper cap" olarak tanımlandı. Aslında süper cap için KGK'ların en basit hali denilebilir. Fakat süper cap bir KGK değildi. KGK ilk olarak 1970'li yıllarda büyük bilgisayar sistemlerinin güç devrelerini korumak için üreticiler tarafından piyasaya sürüldü. Fakat dijital teknoloji ilerledikçe hassas uygulamaların sağlıklı olması için değişik ebatta KGK'lara ihtiyaç duyuldu. Şimdi ise kesintisiz güç kaynakları tek faz, üç faz ve değişik gerilim oranlarında DC veya AC olarak, imalatçılar tarafından ihtiyaca göre tasarlanıp, üretilmektedir. Dolayısı ile değişik konular için tasarlanan KGK'ların bir takım avantajları ve dezavantajları mevcuttur.

KGK, kullanım alanları çok farklı ve elektrik enerjisinin kullanıldığı bütün uygulamalar için kullanılabilir olduğundan, KGK'ların ortak topolojisini çıkarmak oldukça zordur. 1970'li yıllarda beklemesiz (On-line) KGK ilk kez kullanılmaya başlandı. Beklemesiz KGK'yı teşkil eden en önemli parçalar; Doğrultucu, Akü grubu, İnverter ve Statik anahtardır. Aslında beklemesiz KGK için gösterilen blok diyagram çalışma sistemi ile uygun değildi. Yani sistem direkt olarak AC şebekesiyle beslenmesi gerekirken, devamlı inverter üzerinden besleniyordu. Böyle bir uygulama 10 kVA üzerindeki yükler için daha uygun görülüyordu. 1980 yılından sonra kullanılan yük varyasyonları daha geniş olmaya başladı ve bunun üzerine beklemeli (Off-line) tipte KGK'lar geliştirildi. Bu tip KGK'lar AC şebeke sistemiyle paralel bağlanıyordu, başka bir deyişle pasif olarak kullanıma hazır

(passive standby), konfigürasyonuna sahipti. Üstelik inverter sadece şebeke enerjisi kesildiğinde devreye girecekti. Bunun yanı sıra beklemeli KGK'larda statik anahtar kullanılmamıştı ve anahtarlanmanın gecikme süresi yeterince uzundu. Beklemeli KGK'lar 2 kVA'dan küçük yükler için kullanılabilirdi.

90'lı yıllarda teknolojinin ilerlemesiyle, KGK topolojisinde hat etkileşimli (line interactive) adıyla yeni bir KGK kombinasyonu ortaya çıktı. Bu yeni versiyon KGK'da geri dönüşümlü (Inversible) inverterler kullanıldı. Bu gelişmeyle KGK'ların sınıflandırılması yeniden gündeme geldi. 1999 yılında Avrupa Standart Komitesi tarafından IEC-62040-3 ve ENV-50091-3 standartlarına göre üç tip KGK topolojisi belirlendi (Karve 2000). Bunlardan pasif olarak kullanıma hazır, Hat Etkileşimli ve Çift dönüşümlü (Double Conversion) bütün KGK tiplerini kapsama alanına aldı.

Modern teknolojinin getirdiği olanaklar yanında karşılaşılan belki de en önemli problem, elektrik gücü ile çalışan bir takım cihaz ve sistemlerin beslemede görülebilecek çok kısa süreli aksamalardan bile etkilenmeleridir. Hastaneler, havaalanları, haberleşme merkezleri gibi kuruluşların kesintilere tahammülü gittikçe azalmaktadır. Örneğin bir açık kalp ameliyatı veya iniş sırasında uçağa gerekli bilgilerin aktarılması anında doğabilecek kesintiler hayati önem taşımaktadır. Şebeke arızaları endüstriyel otomasyon sistemlerinde verimi büyük ölçüde etkilemektedir. Süreklilik isteyen proseslerde kesinti sonucu doğan malzeme ve işgücü kayıpları önemli boyutlara ulaşmaktadır. Gerek hayati önem taşıyan kuruluşlarda, gerekse endüstriyel uygulamalarda gittikçe yaygın kullanım alanı bulan Kesintisiz Güç Kaynakları, daha yaygın olarak bankacılık, işletmecilik gibi çabuk etkilenen kritik yüklerin bulunduğu yerlerde kullanılmaktadır. Bir kaç saniyelik kesintiler bile hassas cihazlardaki bilgilerin yok olmasına ve hatalı bilgilerin oluşmasına neden olmaktadır. Kesintisiz güç kaynakları işte bu gereksinimlerin zorlaması ile ortaya çıkmış statik elektronik düzenlerdir. Güç elektroniği ve elektronik kontrol tekniğindeki gelişmelere paralel olarak gerçekleştirilen Kesintisiz Güç Kaynakları günümüzde tüketicinin tüm isteklerine cevap verebilecek özellikte ve performansta yapılabilmektedir.

Sonuçta Kesintisiz Güç Kaynakları güç kalitesi problemlerini ortadan kaldırmak ve elektrik kesintilerinde belirli bir süre sistemlerimize elektrik sağlamak için kullanılmaktadır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bekiarow (1998) tarafından yapılan çalışmalarda, azaltılmış anahtarlama yeni bir on-line KGK dizaynı hakkında düşünceler sunulmuş ve performans analizi yapılmıştır. Bu öneriler yeni KGK sistemi, güç faktörü düzenleyen yetenekleri ile birlikte doğrultucu veya boost dönüştürücü ve ayrı bir dc hat ile bağlantılı, iki kollu inverter içermektedir. İki batarya seti direkt bir şekilde basit bir sistemi oluşturacak şekilde dc hattına bağlanır. Önerilen topoloji, 7, 8 ve 10 anahtarlı dizayn ile kıyaslandığında sistemin maliyetini düşürerek sadece 6 aktif anahtar kullanır. Bu dizayn güç faktörü ile birlikte sinüzoidal giriş akımına ve lineer olmayan yüklerde bile yüksek kaliteli çıkış gerilimine sahiptir. Simülasyon ve deney sonuçları ile birlikte ayrıntılı devre analizleri sunulmuştur.

Dohono ve ark. (2000) tarafından yapılan çalışmada, yüksek akımlı, düşük gerilimli uygulamalar için uygun olan DC/DC converter topolojileri sunulmuştur. Önerilen DC/DC converter, yüksek frekanslı inverterin kaskad bağlanmasından ve düşük gerilimli, yüksek akımlı uygulamalar için uygun olan özel bir doğrultucu topolojisinden meydana gelmektedir. Yani minimum anahtarlama frekanslarıyla inverterin çıkış gerilimini kontrol etmek için bir teknik verilmektedir. Çıkış dalgasının analizi sunulmuş, simülasyon ve deneysel sonuçlar önerilen kavramı doğrulamak için verilmiştir.

Yu ve ark. (2000) tarafından yapılan çalışmada, bir KGK'da tek fazlı inverterin çıkış gerilimi, sinüzoidal çıkış gerilimini sağlamak için bir LC filtre filtresi ile filtrelenir. Bir KGK'da uygulanması için tek fazlı rezonans snubber inverterler geliştirilmiştir. Normalize edilmiş bir durum içinde RSI analizi bu ZVS inverter'in çalışmasına dair bir fikir sağlanmıştır. Bu analiz temel alınarak, çıkış filtresi içindeki indüktöre doğru akan akımın sabit zamanlama kontrolü, RSI prototipindeki yardımcı anahtarları kontrol etmek için uygulanmıştır. İndüktör akımının yönü çıkış filtresi indüktörü üzerine ikincil bir yönlendirici kullanılarak ayarlanmıştır. Deneysel sonuçlar bir KGK'da 1kW prototipi için sağlanmıştır.

Igarashi ve ark. (2001) tarafından yapılan çalışmada, gerilim varyasyon kompanzasyonu ile bir anlık değer kontrolünün yapıldığı PWM inverter'in gerçek zamanlı dijital geri besleme kontrolü için yeni bir yaklaşım öneriliyor. Burada inverter'in örnekleme frekansı taşıyıcı frekansının yarısı olarak alınmış olmakla birlikte daha yüksek taşıyıcı frekanslarının uygulanması içinde uygundur. Bu makalede, çeşitli LC filtre elemanları için inverter'in çıkış özellikleri değerlendirilmiştir. Aynı zamanda çıkış özellikleri için kapasitör akım besleme sinyalinin etkileri de doğrulanmaktadır. KGK uygulamaları bakımından, simülasyon ve deneysel sonuçlar sayesinde avantajlar ve dezavantajlar tartışılmış ve önerilen kontrol şeklinin üstünlüğü doğrulanmıştır.

Sarıtaş ve ark. (2002) tarafından yapılan çalışmada 700 VA gücünde bir kesintisiz güç kaynağı tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Sistem; giriş güç katı, akü şarj birimi, sürücü birimi, inverter birimi, çıkış güç katı, örnekleme birimi, kontrol birimi ve 2x12 V kuru akü içermektedir. Giriş güç katı, akü şarj birimine ± 15 V DC besleme gerilimi sağlar. Akü şarj birimi, inverter ve kontrol birimlerine sürekli olarak +12 V DC besleme gerilimi sağlar. Kuru aküdeki 24 V DC gerilim sürekli olarak 50 Hz frekansta 220 V AC 'ye çevrilerek elektronik cihazlarımıza on-line güç sağlamaktadır. KGK sistemi, sistemi üç durumlu çıkışa sahip olup PWM tekniği ile çalışmaktadır. PWM sinyalleri, sürücü ve kontrol ünitesi üzerinden invertere uygulanarak KGK'nın çıkış gerilimini regüle eder. Sistemin ön panelindeki dört led göstergesi, düşük akü seviyesi, akü doldurma, aşırı akım ve KGK on-off durumlarını görüntüler. Sisteme batarya seviyesinin düştüğünü duyurmak içinde bir sesli uyarı eklenmiştir. Sistem, giriş gücü kesildiğinde 15-30 dakikalık kesintisiz enerji sağlayabilmektedir.

Karlı (2002) tarafından yapılan çalışmada KGK sistemleri temel yapısı ve elemanları ele alınıp tanıtılmış, KGK sistemlerinden beklenen temel özellikler açık bir şekilde izah edilmiştir. Değişik KGK sistemleri ele alınıp incelendiğinde görülmektedir ki off-line ve line-interaktif KGK sistemleri kısmen daha az koruma sağlamalarına karşın daha düşük maliyet ve kayıpları onları daha cazip kılmaktadır. Bununla birlikte güvenilirliğin daha önemli olduğu sistemlerde on-line KGK sistemi tercih edilmektedir. Uzun süreli kaynak arızaları ve/veya büyük sürekli güç ihtiyacı

olan durumlarda dizel jeneratör genellikle tercih edilir. KGK sistemleri son derece güvenilir olmakla birlikte bu sistemlerinde arıza yapabileceği göz önüne alınmalıdır.

Karlı (2002) tarafından yapılan çalışmada, yüksek frekanslarda çalışan sürekli gerçek zamanda kontrol edilen, tek yonga, 16 bit mikrodenetleyicili prototip bir KGK sistemin gelişme çalışmalarını tanımlamaktadır. Yüksek frekanstaki anahtarlama, ofis ortamında son derece önemli olan ses gürültü seviyesinin düşürülmesine yol açmıştır. Ek olarak filtre büyüklüğü önemli ölçüde düşürülmüştür. Sistemin performansı lineer yüklerle karşı oldukça iyidir. Ancak sistemin lineer olmayan yüklerle karşıda geliştirilmesi gerekmektedir.

Pei ve ark. (2003) tarafından yapılan çalışmada, düzenlenmiş kapalı devre PWM inverter'in hem sürekli hem de geçici tepkilerini incelemek için iki paralel kontrolöre dayanan yeni bir kontrol şemasını anlatmaktadır. Kontrolör tekrarlamalı ve ani kontrolörden meydana gelmektedir. Tekrarlamalı kontrolör periyodik bozulmaları ortadan kaldırmak için dizayn edilmiştir. Dizayn prosedürü tekrarlamalı ve ani kontrolörlerin sentezlenmesi için verilir. Anlatılan kontrolör şeması tek entegreli dijital sinyal işlemcisi (Texas'ın TMS 320F240 DSP) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 7,5 kVA KGK gösterilen kontrol şemasının doğrulamak için yapılmıştır. Simülasyon ve deneysel sonuçlar DSP temelli tamamen dijital kontrollü KGK'nın hem düşük seviyeli harmonik bozukluğunu hem de iyi dinamik tepkiyi sağlayabileceğini göstermektedir.

Pei ve ark. (2003) tarafından yapılan çalışmada, bir KGK'da ki bir PWM İnverter'in hem geçici hem de sürekli durumdaki tepkilerini geliştirmek amacıyla iki katmanlı yapısına dayanan yeni bir kontrol şemasının hem hızlı dinamik tepkilerini hem de düşük harmonik bozukluklarını sağlayabileceğini göstermektedir.

3. ELEKTRİK GÜÇ KALİTESİ

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

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

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

3. 1. Güç Kalitesinin Tarihsel Gelişimi

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

İlk aşama, makineler ve transformatörlerdeki demirin doymasından

kaynaklanan 3. harmonik akımlara çözüm bulan Steinmetz'in açıklamasıyla başlamıştır. 1900'lerin başlarında Steinmetz güç sistemine yayılan 3. harmonikleri durdurmak için, transformatörlerde yıldız noktasının topraklanmasını ve üçgen bağlantının kullanılmasını önerdi. Bu problemin çözümlenmesinden sonra, tarihsel açıdan güç kalitesinin ikinci aşaması olan 1940'lara kadar harmonikler konusunda ilgilenilmedi. Bu süre içerisinde, enerji ve telefon devrelerinde çoğunlukla aynı yol kullanılmıştır. Telefon devrelerinin yakınında endüktif olarak birleştirilmiş harmonik akımlardan dolayı ses frekanslarının karışması günümüzde olduğu gibi yaygın bir problemdi. Bu harmonikler, ark fırınları ve büyük güçlü doğrultucular gibi cihazlar tarafından üretilmekteydi. Sonuç olarak, harmonikler tekrar inceleme konusu oldu. Dağıtım transformatörlerinin ürettiği mıknatıslama akımı harmonikleri, gerekli yerlere filtreleme yapılarak ve daha önceden edinilen tecrübelerle önlenmeye çalışıldı.

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

3.2. Güç Kalitesinin Önemi

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

Güç kalitesi kavramına olan ilginin artmasına dört temel neden gösterilebilir.

- Yükleler eskiye oranla güç kalitesine daha duyarlıdır. Birçok yeni yük biçimi mikroişlemci kontrollü güç elektroniği elemanları içermektedir. Bu elemanlar güç bozukluğu türlerinden etkilenebilirler.
- Güç sistemlerinin daha verimli kullanılmasına verilen önem ayarlanabilir hızlı motorlar gibi uygulamaların artmasını hızlandırmıştır. Bu da güç sistemlerindeki bir bozukluk türü olan harmonik seviyesinin artmasına neden olmuştur.
- Kullanıcıların güç kalitesi hakkında bilgi düzeylerinin artması üreticilerden daha kaliteli güç istemelerine neden olmuştur.
- Elektrik şebekesine bağlı olan kullanıcıların sayısı ve çeşidi zamanla artmaktadır. Bundan dolayı bir bileşendeki bozulma diğer bileşenlere olan etkilerinden ötürü önemlidir.



Şekil 3.1 Güç Kalitesini Etkileyen Taraflar

Bu sebeplerin arkasında yatan temel neden olarak kullanıcıların daha hızlı ve daha verimli üretim yapmayı istemeleri ve üreticilerinde buna destek vermelerinin kendi yararlarına olduğunu bilmeleri gösterilebilir. Şekil 3.1'de güç kalitesi tarafları arasındaki ilişki gösterilmiştir.

3. 3. Güç Kalitesinin Tanımı

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

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

“Elektrik Güç Kalitesi” son yıllarda gittikçe önemi artan bir terimdir. Bu terim geniş anlamı ile anma geriliminin büyüklük ve frekansında enerji dağıtım bara gerilimlerine ait dalga şekillerinin sinüsoidale yakın bir şekilde muhafaza edilmesini ifade eder.

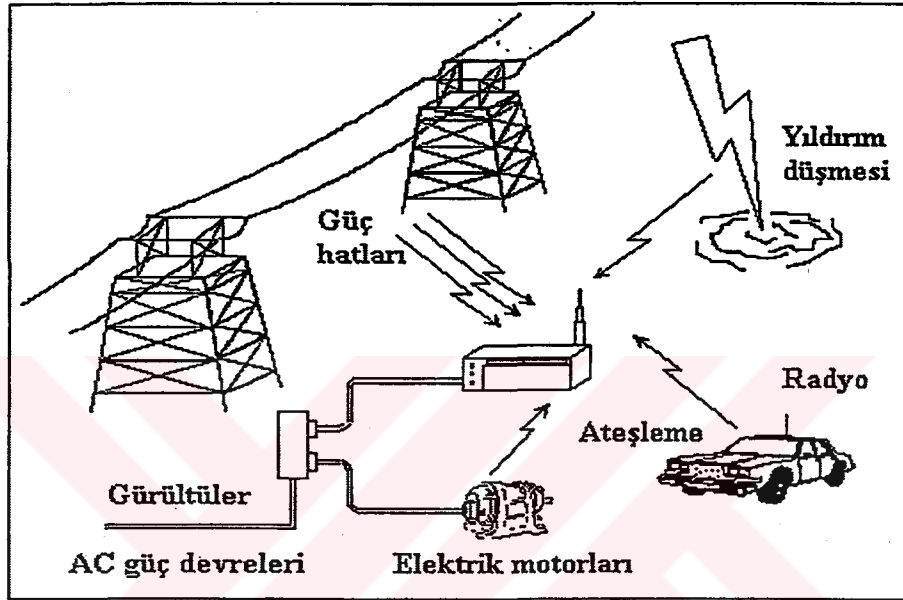
Başka bir ifadeyle, güç kalitesi hem sürekli ve hem de normal besleme genliği ve/veya frekansından olan kesintili gerilim sapmalarını kapsamak üzere kullanılan bir terimdir. Güç kalitesi son yıllarda ortaya çıkan bir problem değildir. Fakat bilgisayarlarda veri kayıpları, enerji sistemindeki generatör uyarma sistemleri ile ilgili problemler, kontrol problemleri, hatalı röle çalışması gibi nedenlerden dolayı tüketiciler güç kalitesi ile son yıllarda daha yakından ilgilenmeye başlamışlardır.

Elektrik gücünün kalitesi “temiz” ya da “kirli” şeklinde ifade edilir. Temiz güç, “hiç bozulmamış, dizayn edildiği büyüklük ve frekansta çalışan gerilim ve akım içeren güçtür”. Kirli güç ise “bozulmuş sinüzoidal gerilim veya akım içeren ya da gerilim akım ve/veya frekans limitlerinin dışında çalışan güce karşılık gelir”.

Güç kalitesi ya da kalitenin olmaması elektrik şebekesinin en önemli yönünü tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Güç kalitesi, elektrikli cihazların hatalı çalışması veya arızalanmasına neden olan akım, gerilim veya frekans sapmasıyla açığa çıkan bir problem olarak tanımlanabilir. Güç kalitesi, güç sistemi bozuklukları ve elektrik şebekesi problemlerinin çeşitli tiplerini kapsar.

Güç sistemindeki doğal ve insan kaynaklı birtakım olaylar, temiz gücün, kirli

güce dönüşmesine sebep olurlar. Kirli güç kalitesine sebep olan kaynaklara örnek olarak; güç sistem olayları, lineer olmayan yükler, kötü kablolaj ve topraklamalar, yıldırımlar, ayarlanabilir hızlı sürücüler gösterilebilir. Güç kalite uzmanları, “kirli güç” ifadesi yerine “Güç Kalite Problemleri” ifadesini kullanmayı tercih etmektedirler. Şekil 3. 2.’de güç kalitesini etkileyen bazı etkenler gösterilmiştir.



Şekil 3. 2 Güç kalitesini etkileyen bazı etkenler

3. 4. Güç Kalitesi Problemlerinin Ekonomik Açıdan Önemi

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

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

“Güç faktörü cihazlarının harmonikler üretebileceği konusunda müşterilerimi uyardığım taktirde başka bir cihaz satın alacaklar” şeklindeki sözleri güç kalitesi sorununun ekonomik yönünü de göstermektedir.

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

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

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

çöküntülerinin önlenmesinde, hassas cihazlara yardımcı olmak üzere sabit gerilim transformatörleri kullanılabilir.

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

3.5. Güç Kalitesi Problemleri

Santrallerde ticari elektrik gücü üretildiğinde gerilim 50 Hz frekanslı bir sinusoidal dalga şeklindedir. Hassas elektronik cihazların düzgün çalışabilmesi için böyle bir sabit kaynak gereklidir. Şebeke gerilimi uygun olduğunda, tesisatınızdaki elektriği dağıtmak için kullanacağınız sistemler, gerilimin güvenilirliğini etkileyebilir. Bu son kullanılan enerjinin kalitesine, güç kalitesi denir. Bu güç kalitesi hem tesisatınıza, cihazınıza ve gücü kullanmanıza hem de güç sisteminize bağlıdır.

Ticari ve endüstriyel alanda oldukça yaygın olan elektronik cihazlar, gücü, AC'den daha düşük genlikli sabit bir DC akıma dönüştüren güç kaynaklarına sahiptirler. Bunlar genellikle 5 V veya daha az değerdeki bu düşük gerilimi 100 MHz'i aşan hızlarda anahtarlar. Ayrıca sayısal elektronikte bilgi, anahtarların açılıp/kapanmasıyla işlenir. Bu anahtarlama hızı artırılarak bilginin, daha çabuk işlenmesi sağlanır.

Elektronik cihazlar, sabit "saf" bir sinüs dalgası ile çalışacak şekilde dizayn edilirler. Eğer AC dalgada bir değişme veya bozulma olursa elektronik sistem bir hata sinyali gönderebilir ve bu dönüşüm işlemi karışabilir, kesilebilir veya tamamıyla zarar görebilir. Kaynak gerilimi sabit olsa bile elektriksel bozulmalar, tesisatınızdaki problemlerden kaynaklanabilir. Hassas cihazlar bozucu kaynağına yakın olduğundan bu bozulmalar (disturbanslar) sık sık görülebilir ve ciddi olabilir. Örneğin açılıp-kapatılan bir klima gibi herhangi bir yük, hassas elektronik cihazlarda problemlere yol açabilir. Bu nedenle, elde edilecek güç kalitesi şebekeniz, siz ve müşteriniz arasında ortak bir çaba gerektirir.

Güç kalitesi problemlerinin ana kaynakları olarak

- Değişken hızlı sürücüler
- Klima ve kompresörler
- Ark kaynakları
- Akü şarj ediciler
- Devre kesiciler
- Fotokopi makineleri ve yazıcılar
- Elektronik güç kaynakları
- Asansörler
- Floresanla aydınlatma / Elektronik balastlar
- Endüksiyon Makineleri
- Motora yol verme (hareket ettirme)
- PC ya da büyük boy bilgisayarlar
- Tristörlü DC sürücüler
- X-Işını cihazları

verilebilir. Güç kalite problem kaynakları, sıklıkla bozulma veya güç kalitesi değişimlerine neden olurlar. Bu bozulmalar da son kullanıcı cihazlarının çalışmasını etkiler. Kavram karışıklığını önlemek için güç kalite mühendisleri güç kalitesi problemlerini kaynaklar, sebepler ve etkiler olmak üzere 3 bölüme ayırmışlardır.

Genel olarak güç kalitesi, elektrik güç kaynağı ile cihazların uyumu şeklinde ifade edilebilir. Eğer bir cihazı besleyen güç kaynağı yüksek seviyelerde harmonikler, gerilim düşme ve yükselmeleri, anlık gerilim düşmesi ve yükselmesi, gerilim dalgalanmaları ve kısa süreli gerilim kesintilerine maruz kalıyor ve cihaz bir zarar görmeden ya da kapanmadan bu arızaları atlatabıyorsa bu durumda çoğunlukla bir güç kalitesi problemi vardır. Bozulmanın, güç kalite imzası ya da karakteri güç kalitesi probleminin tipini belirler.

Güç kalitesi problemleri kısaca aşağıda verilmiştir.

- **Geçici olaylar**

Geçici olaylar güç sistemlerindeki değişikliklerin analizinde istenmeyen fakat kısa süreli olan olayları ifade etmek için kullanılır. Güç sistemlerinin RLC tipindeki

devre yapısından ötürü meydana gelen sönümlü salınımlar, geçici olay olarak güç mühendislerinin en çok duyduğu kelimelerdir.

Yaygın olarak kullanılan şekli ile geçici olaylar, bir sistemin bir kalıcı durumdan diğerine geçişi sırasında meydana gelen değişikliklerdir. Ancak bu tanım güç sistemlerinde meydana gelen bütün alışılmamış olaylar için kullanılabilmesi için sınıflandırmaya ve açıklamaya ihtiyaç vardır. Genel olarak geçici olaylar darbesele geçici olaylar ve salınımsal geçici olaylar olarak iki kategoriye ayrılabilir.

Darbesele geçici olaylar: Darbesele geçici olaylar akımda, gerilimde veya her ikisinde meydana gelen ani ve tek kutuplu (pozitif veya negatif) değişikliklerdir.

Salınımsal geçici olaylar: Salınımsal geçici olay akımda, gerilimde veya her ikisinde meydana gelen ani ve çift kutuplu yani hem pozitif ve hem de negatif değerler alan değişikliklerdir.

- **Kısa süreli gerilim değişimleri**

Bu kategoriye giren geçici olaylar sürelerine göre ani, kısa süreli ve geçici olarak sınıflandırılabilir. Güç sistemlerindeki hatalar, yol verme akımları yüksek olan yüklerin devreye alınması ve dağıtım sistemindeki bağlantı kopuklukları kısa süreli gerilim değişimlerinin nedeni olarak gösterilebilir. Sistem durumuna ve hatanın yerine göre bu tür durumlar sadece gerilim düşmesine değil gerilim yükselmesine ve gerilim kesilmesine de neden olabilirler.

Gerilim Düşmesi: Gerilim düşmesi güç sistemi frekansındaki gerilimin efektif değerinin 0.5 periyod ile bir dakika arasındaki bir süre boyunca 0.1 p.u. ile 0.9 p.u. arası bir değere düşmesidir. Son kullanıcılar tarafından aydınlatma ışık şiddetinin azalması ve motorların hızının azalması şeklinde algılanır. Gerilim düşmesinin nedeni sistem hataları olsa da ağır yüklerin devreye alınması veya büyük güçlü motorlara yol verilmesi de olabilir.

Gerilim yükselmesi: Gerilim yükselmesi güç sistemi frekansındaki gerilimin efektif değerinin 0.5 periyod ile bir dakika arasındaki bir süre boyunca 1.1 p.u. ile 1.8 p.u. arası bir değere yükselmesidir. Gerilim yükselmesi cihazların aşırı ısınmasına ve ömrünün kısalmasına neden olur.

Gerilim kesilmesi: Gerilim kesilmesi, besleme geriliminin 1 dakikayı geçmeyen bir süre boyunca 0.1p.u.'nun altına düşmesi sonucu oluşur. Gerilim kesilmesi, güç sistemi hataları, alet hataları veya kontrol sistemlerinin yanlış çalışması sonucu oluşabilir.

- **Uzun süreli gerilim değişimleri**

Uzun süreli gerilim değişimleri, 1 dakikadan uzun süren güç frekansındaki efektif değer değişimlerini ifade eder. Uzun süreli gerilim değişiklikleri aşırı gerilim, düşük gerilim ve kalıcı gerilim kesintisi olabilir.

Aşırı gerilim ve düşük gerilime sistem hataları değil sistemdeki yük değişiklikleri ile anahtarlama neden olur. Bu tür değişiklikler genelde efektif değer-zaman grafiklerinde gösterilir.

Yüzde ikiden az gerilim dengesizliğinin temel nedeni üç fazlı sistemlerdeki tek fazlı yüklerdir. Gerilim dengesizliğinin diğer bir nedeni de üç fazlı kapasitörlerde tek faz sigortasının atmasıdır. Yüzde beşten fazla değerdeki gerilim dengesizlikleri tek faza kalmadan dolayı oluşabilir.

Aşırı gerilim: Aşırı gerilim, geriliminin 1 dakikadan uzun bir süre boyunca güç frekansındaki efektif değerinin %110'unu aşacak kadar yükselmesidir. Genelde yük anahtarlama sonucunda oluşur.

Düşük gerilim: Düşük gerilim, geriliminin 1 dakikadan uzun bir süre boyunca güç frekansındaki efektif değerinin %90'ın altına düşmesidir.

Kalıcı gerilim kesintileri: Kalıcı gerilim kesintisi, gerilimin 1 dakikadan uzun bir süre boyunca efektif değerinin sifıra düşmesidir. Bir dakikayı aşan kesintiler genelde sistemin bakıma alınmasına neden olurlar.

- **Gerilim dengesizliği**

Gerilim dengesizliği simetrik bileşenler dönüşümü kullanılarak tanımlanabilir. Sıfır veya negatif bileşen değerinin pozitif bileşen değerine bölünmesi ile elde edilen oransal değer dengesizliğin oranını gösterir.

- **Dalga şekli bozukluğu**

Dalga şekli bozukluğu, temel frekanstaki sinüzoidal şeklin bozulması olarak tanımlanır ve spektrumsal olarak karakterize edilir. Beş çeşit temel dalga şekli bozukluğu vardır. Doğru akım bileşeni, harmonikler, araharmonikler, çentik etkisi ve gürültü.

Doğru akım bileşeni: Güç sistemlerinde doğru akım bileşeni, yarım dalga doğrultucular gibi yüklerden dolayı oluşur. Örneğin akkor telli lambaların ömrünü uzatmak için kullanılan diod içeren devreler bu sonucu doğurur.

Harmonikler: Harmonikler, besleme sisteminin normal çalışma frekansının (temel frekans) tam sayı katlarındaki sinüs biçimli gerilim ve akımlardır. Bozulmuş dalga biçimi, temel frekans ve harmoniklerine ayrılabilir. Harmonikler, güç sistemine bağlı bulunan lineer olmayan yüklerden dolayı oluşur. Genellikle ayarlanabilir hız sürücüleri, anahtarlamalı güç kaynakları (bilgisayarlardaki), statik güç kaynağı sistemleri, elektronik ve tıbbi test cihazları, doğrultucular, filtreler ve elektronik büro aletleri gibi lineer olmayan yükler, farklı frekansta akım çekerek sinüzoidal akımın şeklini bozar. Sonuçta oluşan dalga, sinüzoidal olmayan dalganın şeklini temel 50 Hz sinüs dalgası ile çeşitli harmoniklerin toplamı oluşturur.

Çentik etkisi: Çentik etkisi güç elektroniği cihazlarının normal çalışma şartlarında bir fazdan diğerine geçmeleri sırasında oluşan periyodik gerilim bozulmalarıdır.

Gürültü: Gürültü güç sistemlerinde bulunan 200 kHz'den küçük bir frekans spektrumuna sahip işaretler olarak tanımlanır.

- **Gerilim dalgalanmaları**

Gerilim dalgalanmaları normalde 0 p.u. ile 1.1 p.u. seviyesini aşmayan rastlantısal veya sistematik gerilim değişiklikleridir.

Gerilim dalgalanmasının çeşitli biçimleri tanımlanabilir. Fliker (kırpışma - flicker) da bu sınıfta bir bozulmadır.

- **Güç Frekansı Değişimleri**

Güç frekansı değişimleri, sistemin temel frekansının anma frekansından sapması olarak tanımlanır.

Güç sistemi frekansı besleme sistemindeki senkron generatörlerin dönme hızları ile orantılıdır. Yük ve üretim arasındaki dinamik dengeden dolayı frekansta değişimler olur. Frekans değişimlerinin miktarı ve süresi yük karakterine ve generatör kontrol sistemlerinin yük değişimine verdiği cevaba göre değişir.

İzin verilen sınırların dışına taşan frekans değişimlerine şebeke grubundaki hatalar, büyük güçlü yük bloklarının bağlantılarının kesilmesi veya önemli miktarda güç üreten generatörlerin devre dışı kalmaları neden olabilir.

3.6. Güç Kalitesi Problemlerinin Çözümleri

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

Endüstriyel ve ticari kuruluşlar, güç kalitesini düzeltmek için kesintisiz güç kaynağı sistemleri, büyük dalga bastırıcıları ve yalıtım transformatörleri gibi cihazlar kullanır. Bununla birlikte, güç kalitesinin çok iyi olması için atılacak ilk adım genellikle özel koşullara bağlıdır. Bir bina içinde aynı hatta bağlı değişik elektriksel yükler arasında meydana gelen harmonik karışması gibi bazı problemler çok defa müşteri binasında son derece kolay bir şekilde çözümlenir.

Yıldırım düşmesinin neden olduğu geçici enerji kesilmeleri veya dağıtım merkezlerindeki bağlama işlemleri gibi problemlerin elektrik kurumu tarafından düzeltilmesi ekonomik açıdan daha uygun bir çözümdür. Bu nedenle güç kalitesi problemlerinin çözümlenmesinde ekonomik koşullar da dikkate alınarak optimum çözüm sağlanmalıdır.

Güç kalitesi problemlerini çözerken, güç kalite mühendisleri klasik problem çözme yöntemlerini kullanmaktadır. Mühendis fabrikanın çalışır durum araştırmasını yapmadan önce ilk olarak fabrika yetkililerine sorular sorar ve problem hakkında

bilgi toplar. Çalışır durum araştırması, görsel tetkik ve problemden etkilenmiş cihazların elektriksel ölçümlerini içerir. Mühendis cihazların çalışmaz ya da yanlış çalışır duruma gelmesine sebebiyet veren bozulmayı tespit etmek için ölçüm düzeneğini kurarak, sonradan yapacağı analizler için bilgi toplar ve kaydeder. Mühendis bozulmayı genellikle ölçüm cihazlarında bıraktığı, kaydedilmiş "imzası" ile kategorize eder. Bu "Güç imzası", güç kalite bozulmasının dalga şeklidir. Güç kalite probleminin çeşidinin teşhisinden sonra, mühendis, muhtemel kaynakları belirleyebilir. Mühendis, güç kalitesi problemlerinin kaynaklarını izole eder ve alternatif çözümlerin ekonomik hesaplamalarını yapar ve çözümleri müşterisine sunar.

Güç kalite problemlerini çözmenin yada önlemenin dört yolu vardır:

1. Elektrikli sistem ve ekipmanların, elektriksel bozulmalar tarafından zarar görmelerini engelleyecek şekilde dizayn edilerek üretilmesi
2. Güç kalite problemlerinin belirtilerinin, sebeplerin ve çözümün belirlenmesi amacıyla analiz edilmesi
3. Elektriksel bozulmayı ileten ortamın belirlenmesi ve bu ortamın etkisinin ya tamamen ya da kısmen yok edilmesi
4. Güç düzenleyici ekipmanlar sayesinde kalite problemlerinin belirtilerinin giderilmesi.

3.6.1. Hassas cihazlar üzerindeki etkileri azaltmak

Hassas cihaz üreticileri, cihazlarını gerilim değişimlerine daha az duyarlı şekilde dizayn ederek güç kalitesi problemlerinin etkisini azaltabilir ya da ortadan kaldıracırlar. Örneğin basitçe bir düşük gerilim rölesi kullanabilir ya da kapasitör gibi bir cihaz ekleyerek gerilim çukurları çok düşük seviyede olduğunda sisteme geçici enerji sağlayabilirler. Ya da mesela, harmonikleri tolere edebilen özel trafo dizayn edebilirler.

Genellikle güç kalite problemini oluşmadan önce önlemek daha pahalıdır. Güç kalite problemlerini önlemek için, elektrikli cihaz, alıcı ve üreticilerinin potansiyel güç kalite problemlerine karşı uyanık olmaları ve bunları nasıl önleyeceklerini bilmeleri gereklidir. Yeni bir cihazın montajını yapmadan önce, ilk olarak mevcut

sistemin güç kalitesinin sınanması, sayacın her iki tarafındaki akım, gerilim ve frekansın güç kalitesinin araştırılmasının gerçekleştirilmesi gereklidir.

3.6.2. Sebepleri araştırmak yada ortadan kaldırmak

Bir güç kalite mühendisinin problemi azaltmak ya da tamamen giderebilmesinden önce problemin kaynağını belirleyebilmek için, problemin kendisini teşhis etmesi gereklidir. Bu teşhis etme prosedürü mühendisin bir güç kalite araştırma yolunu izlemesini ve birtakım temel sorulara cevap bulmasını gerektirir. Problemin kaynağı iletim ya da dağıtım sisteminde mi? Yoksa, kaynak son kullanıcının kendi sisteminde mi? Probleme sebep olmaktan kim sorumlu? Elektrik kuruluşu mu yoksa son kullanıcı mı? (Bozulmanın yeri genelde problemi çözmekten kimin sorumlu olduğunu belirler).

3.6.3. Transfer ortamını ortadan kaldırmak

Genellikle iletim ve dağıtım sistemleri, harmonikleri, geçici rejimleri, gerilim çukurlarını veya flickerleri bir son kullanıcıdan diğerine bir elektrik borusu gibi iletirler. Mesela, Seydişehir'deki bir trafo tarafından üretilen bir üçüncü harmonik, elektrik kurumunun enterkonnekte iletim ve dağıtım hatları vasıtasıyla Konya' da ki dijital saatlere ulaşarak saatlerin kapanıp açılmasına (gelip gitmesine) neden olabilir. Bu durumda en iyi çözüm, trafoyu değiştirmek ya da trafoya bir filtre bağlayarak üçüncü harmonik kaynağını bertaraf etmektir.

Bir tesiste, hassas yükler ile elektriksel bozulmaya sebep olan yükler aynı devreye bağlanmış olabilir. Basitçe, hassas cihazları diğer bir devreye bağlamak bile bu tip bir güç kalite problemine çözüm olabilir. Çözüm, sistemin tetkik edilmesini, yani, güç kalitesi probleminin kaynağı ve arızalanmış cihazlara nasıl iletildiğinin belirlenmesi amacıyla güç sisteminin izlenmesini gerektirir.

Bütün bunlara ek olarak, hassas bir yük, hassas cihazlarda güç kalitesi problemi oluşturacak bir takım cihazlara yakın bir mesafeye yerleştirilmiş olabilir. Bozulma, havadan iletilebilir. Hassas cihazların başka bir yere yerleştirilmesi, bu tür problemlere kolayca bir çözüm olabilir. Bu çözüm sistemin araştırılması ve izlenmesi

ile kaynağın ve problemin etkilenmiş cihaza hangi yolla iletildiğinin belirlenmesini gerektirir.

3.6. 4. Güç düzenleyici ekipman montajı

Güç düzenleyici ekipmanlar güç kalite problemine karşı gerekli korumayı sağlar. Teknik olarak, güç düzenleyici ekipmanlar güç kalite bozulmalarını azaltan ya da tamamen yok eden cihazlardır. Ekipmanın tipine bağlı olarak, güç sisteminin herhangi bir bölümündeki gücün kalite ve güvenilirliğini iyileştirmek suretiyle gücü düzenler. Mesken, ticari ve endüstriyel son kullanıcılar gibi elektrik kurumları da bunları kullanırlar.

Güç düzenlenmesi genellikle gerilim düzenlenmesini içerir çünkü çoğu güç kalite problemi gerilim kalite problemidir. Çoğu cihaz gerilimin büyüklüğü ve frekansını düzenler. Geçici rejimler ve durağan hal gerilim değişimlerinin etkisini azaltmak için teknolojiyi kullanır ve hassas cihazları bozulmadan izole ederler. Mesela, bastırıcılar geçici rejim gerilim büyüklüğünü kırpar yani sınırlar ve regülatörler durağan hal gerilimini, belirlenmiş nominal düzeyde tutarlar. İzolasyon trafoları, hassas elektronik cihazlara bozulmaların ulaşmasını engeller. Filtreler 50 Hz'in dışındaki frekanslardaki gerilim ve akımları azaltır veya yok ederler.

Gerilim düzenleyiciler, gerilim regülatörlerini ve çeşitli tiplerdeki kademe değiştiriciler, ferromanyetik cihazlar, harmonik filtreler ile katı hal bastırıcılar ile statik VAR kompanzatörlerini kapsar.

Diğer güç düzenleyiciler, enerjinin alternatif kaynaklarını sağlayan cihazlardır. Güç elektroniği anahtarları, bozulma esnasında hızlı anahtarlama ile alternatif enerji kaynağı sağlarlar. Enerji depolama sistemleri bataryalar, kapasitörler, motor-jeneratör gruplarıdır. Bu teknolojilerin her biri, geçici kesintiler ve gerilim çukurları gibi bozulmalarda sisteme enerji sağlarlar. Bu teknolojilerin dezavantajı ise ancak sınırlı miktarda enerjiyi, sınırlı bir zamanda sağlayabilmesidir.

Bu düzenleyici cihazlar aşağıda verilmiştir.












- Bastırıcılar
- Gürültü filtreleri
- İzolasyon trafoları

- Alçak gerilim hat reaktörleri
- Çeşitli hat gerilim reaktörleri
- Motor – jeneratör grupları
- Statik aktarmalı yedeklemeli fiderler
- Kesintisiz güç kaynakları
- Harmonik filtreler

Tablo 3.1’de yukarıda anlatılanlar özet halde sunulmuştur. KGK’ların uzun süreli gerilim kesintileri dışındaki güç kalitesi problemlerine tamamen veya kısmen çözüm getirdiği bu tablodan görülmektedir.



Tablo 3. 1 Güç kalite düzenleme teknolojilerinin güç kalite problemlerine karşı gösterdikleri performanslar

Güç Kalite Problemleri		Güç Kalite Düzenleme Teknolojileri								
		Geçici Rejim Gerilim Baskılayıcı (GRGB)	EMI/RFI Filtre	İzolasyon Trafosu	Gerilim Regülatörü (Elektronik)	Gerilim Regülatörü (Ferrorezonant)	Motor- Generator Grubu	Standby Güç Sistemi	Kesintisiz Güç Kaynağı	Standby Motor Generator
	Ortak Mod	■		■	■	■	■	■	■	
	Normal Mod	■			■	■	■	■	■	
	Ortak Mod		■	■	■	■	■	■	■	
	Normal Mod		■	■	■	■	■	■	■	
				■	■	■	■	■	■	
					■	■	■	■	■	
					■	■	■	■	■	
					■	■	■	■	■	
					■	■	■	■	■	
					■	■	■	■	■	
							■	■	■	
									■	
							■	■	■	

■ İlgili Güç Kalite Problemi Gösterilen İlgili Güç Kalite Düzenleyici sayesinde tamamen giderilebilir.

■ İlgili Güç Kalite Düzenleyici ürünün performansında önemli farklılıklar vardır. Dolayısıyla ilgili problem tamamen giderilebilir ya da giderilemeyebilir.

4. KESİNTİSİZ GÜÇ KAYNAKLARI

Güç kaynaklarından beklenen performans ve kalite gün geçtikçe artmaktadır. Günümüzde kullanılan cihazların pek çoğu güç kaynağının kalite ve sürekliliğine oldukça bağımlıdır. Bu nedenle kesintisiz güç kaynakları bilgisayarlar, haberleşme cihazları ve tıbbi cihazlar gibi hassas elektronik cihazlara yüksek kalitede sürekli güç sağlamak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır.

Elektrik kesintisi ve elektrik akımındaki dalgalanmalar her zaman sistemlerimizi olumsuz yönde etkilemektedir. Kesintisiz güç kaynağı, kesintisiz bir çalışma ortamı oluşturarak sistemlerimizi şehir şebekesindeki ani değişimlere karşı korumakta; ani elektrik kesintisi sırasında devreye girerek sistemimizi güvenlik içinde kapatmamıza, dolayısı ile veri kaybının engellenmesine yardım etmektedir. Ayrıca sistem sürekli çalışmalarda şebeke gerilimindeki dalgalanmaları elimine etmektedir.

Kesintisiz güç kaynakları, elektrik kesintilerinde sabit gerilim kaynağı olurlar. Bunun için genellikle statik kaynak olan bataryaları kullanırlar. Tipik KGK ünitelerinde batarya, ana şebekeye sürekli bağlı olarak şarj olur. KGK batarya, inverter ve doğrultucudan oluşur. KGK'lar yapısal farklılıklarına göre Dinamik (Hareketli) ve Statik (Durağan) olarak ikiye ayrılır.

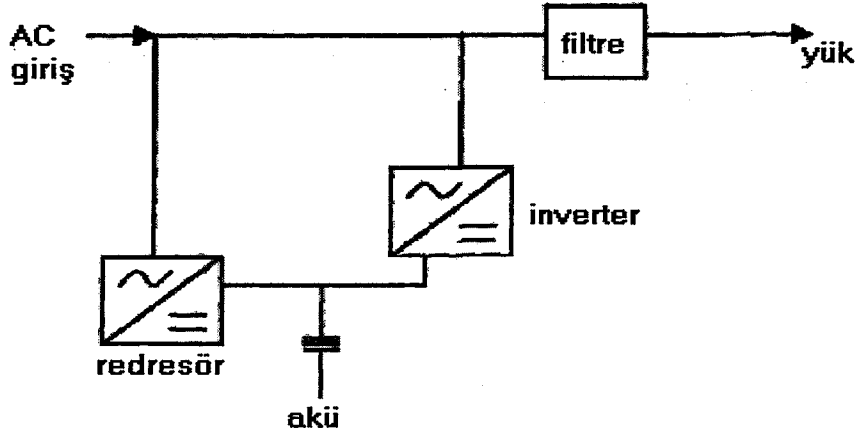
KGK'ların gösterdikleri performans ve çalışma prensipleri baz alınarak son gelişmelere göre üç ana gruba ayrılır. Bunlar,

- Pasif olarak kullanıma hazır (Passive Standby) (Off-line)
- Hat etkileşimli (Line Interactive)
- Çift dönüşümlü (Double Conversion) (On-line)

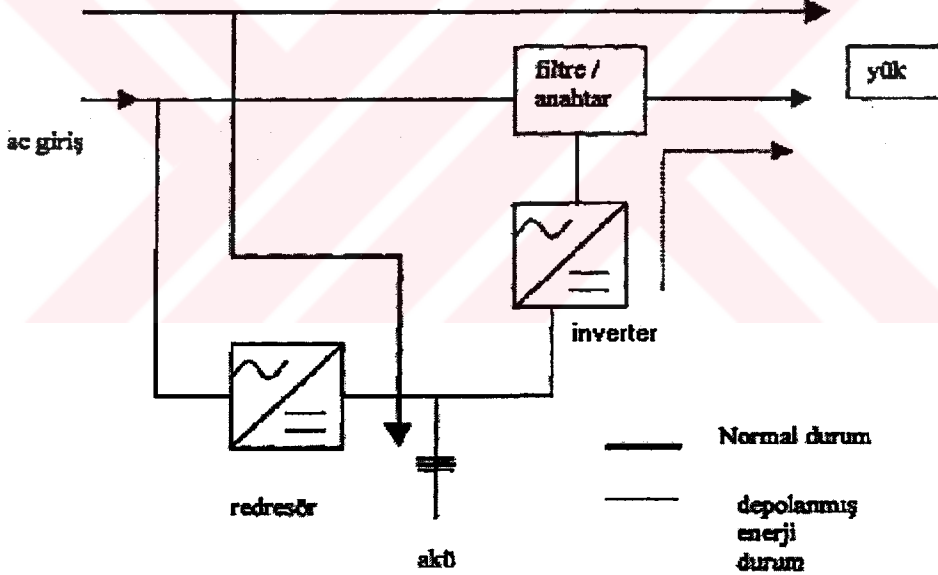
4.1. Pasif Olarak Kullanıma Hazır KGK

Pasif olarak kullanıma hazır KGK'larda inverter şebeke enerjisiyle paralel bağlanır ve sadece enerji kesintilerinde devreye girer. Beklemeli KGK'lar bu kategoriye girer. Şekil 4.1.a ve 4.1.b beklemeli ve pasif olarak kullanıma hazır KGK

topolojisini göstermektedir. Standartlara göre bu tip KGK'lar normal ve depolanmış - enerji durumları olmak üzere iki durumda çalışırlar.



(a)



(b)

Şekil 4.1 Beklemeli ve pasif olarak kullanıma hazır KGK topolojileri

a) **Normal durum:**Yük direk olarak şebeke enerjisiyle ve arada kullanılan bir filtre aracılığıyla beslenir. Söz konusu filtre, dalgalanmaları engeller ve regülatör görevini yapar. Standartlarda bu filtreden basit bir anahtar olarak bahsedilir. Filtre

olarak da farklı aygıtlar kullanılabilir. Örneğin; Ferrerezonans transformatör veya otomatik kademe değiştiren transformatör (Automatic tap changer transformer) kullanılabilir. Bu durumda inverter pasif olarak kullanıma hazır durumundadır.

b)Depolanmıř enerji durumu: řebeke enerjisi kesildięinde veya gerilim deęerinde dūřme tespit edildięinde, akū grubu inverter üzerinde kısa bir süre içerisinde (10 ms gibi) devreye girer. Fakat standartlarda bu kısa sūrenin ne kadar olması gerektięi hakkında bilgi verilmezken; “Yūk direkt olarak inverter veya KGK anahtarına aktarılır” řeklinde bahsedilir. Bu anahtar, elektronik veya elektromekanik olabilir (Karve 2000).

Avantaj ve dezavantajları: Pasif olarak kullanıma hazır, basit tasarım, dūřuk maliyet ve fazla yer kaplamama avantajlarına sahiptir. Őstelik 2 kVA'ya kadar doęruluk derecesi kabul edilebilir yūkseklindedir. Bu tip KGK'ların dezavantajları řunlardır; 2 kVA üzerinde kullanılmaz, çıkıř gerilim ve frekansın ayarlanmasını yapamaz, ani ařırı yūklemeye karřı izoleli deęildir ve anahtarlama sūresi uzundur. Mutlak suretle řebeke ile senkronlanması gerekir. Sadece beslemenin kesilmesi durumunda çalıřtıkları için kayıpları daha dūřūktür (Karlı 1995).

4.2. Hat Etkileşimli KGK

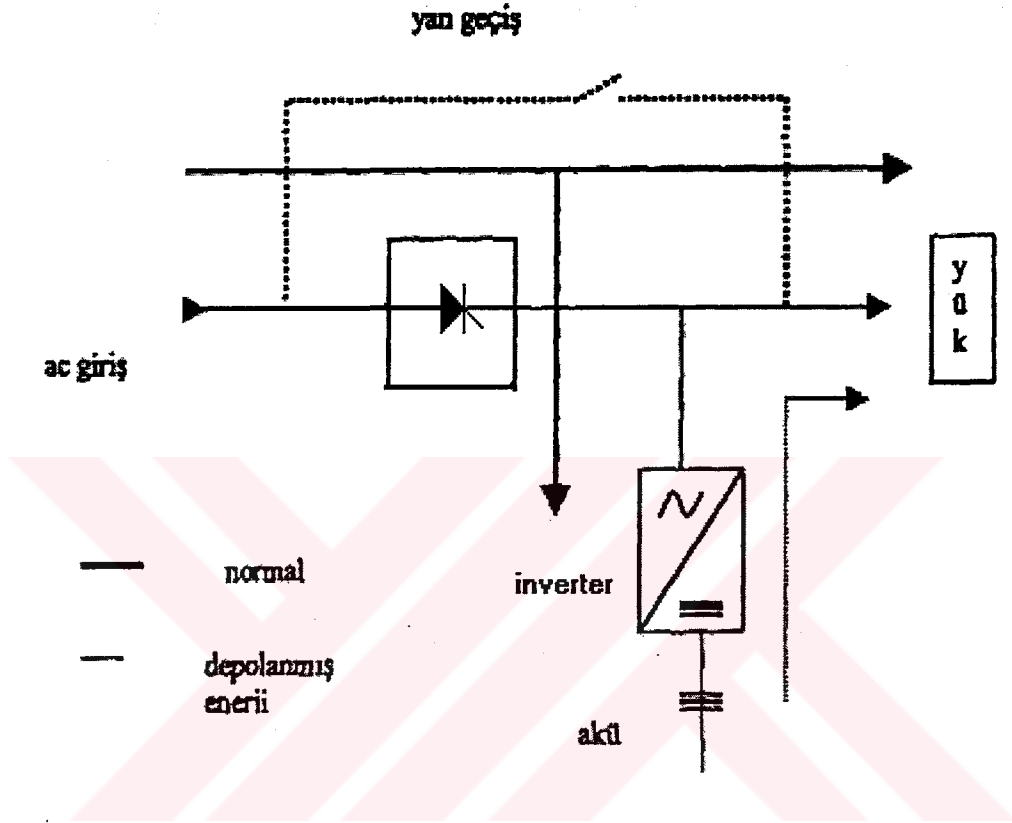
Hat etkileřimli KGK sistemlerinin gerçekte off-line KGK sistemlerinin dięer bir tūrū olduęunu sūylememiz mūmkündür. Bu sistemlerde doęrultucu ve inverter maliyet, hacim ve kayıpları dūřürmek amacıyla birleřtirilmiřtir. İnverter, řebekeye paralel baęlı olarak çalıřır. Geri besleme ile aynı zamanda akūlerin řarj iřlemini yapar. Beklemesiz KGK'lar bu kategoriye girer. Hat etkileřimli topolojinin ũ çalıřma durumu vardır. Normal, Depolanmıř enerji ve Yan geçiř (Bypass). řekil 4.2 Hat etkileřimli topolojiyi gūstermektedir (Karve 2000).

a)Normal durum: řebekeden gelen enerji statik anahtar aracılıęı ile doęrudan yūke aktarılır, bu arada akūlerin řarj iřlemine de inverter tarafından devam edilir. Aynı zamanda inverter, çıkıř gerilimi ve frekans adaptasyonunu da yapar.

b)Depolanmıř enerji durumu: Enerji kesintisi veya gerilim dūřmesi meydana geldięinde akū inverter üzerinden yūkū beslemeye devam eder. Bu durumda

inverter başka yerlere de geri besleme yapabilir. Bu nedenle statik anahtar, ana besleme gereken seviyeye yükselene kadar şebeke bağlantısını keser.

c) **Yan geçiş durumu:** Arıza ve bakım esnasında kullanılabilen durumdur. Bu durumda KGK tamamen şebeke enerjisi ile çalışır.

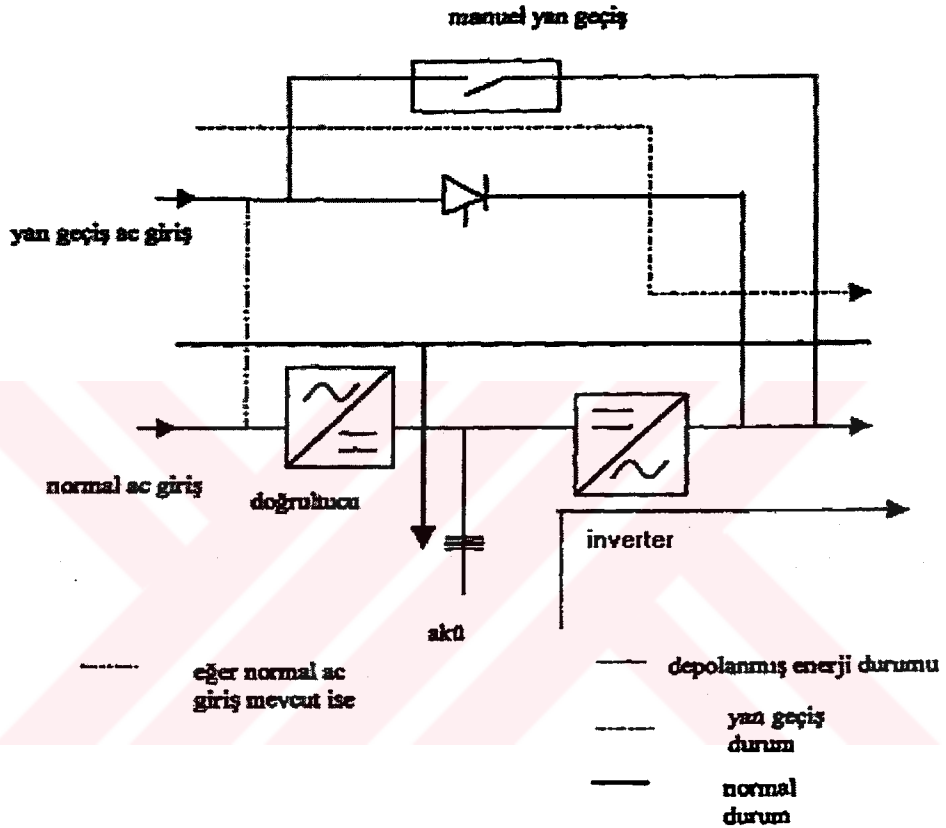


Şekil 4.2 Hat etkileşimli KGK

Avantaj ve dezavantajları: Hat etkileşimli KGK'ların diğerlerine göre tek avantajı, aynı koşullarda, daha az bir maliyet getirmesidir. Hacimleri ve ağırlıkları daha küçüktür. Sadece beslemenin kesilmesi durumunda çalıştıkları için kayıpları daha düşüktür (Karşlı 1995). Dezavantajları şunlardır; dağıtım sisteminden yüke gelen ani ve / veya aşırı yüklemeye karşı izoleli değildir. Doğrusal olmayan yüklerle karşı verimi düşüktür. Gerilim oynamalarında, gerilimi iyi regüle edemez. Çıkış frekansını regüle edemez. Sistemde inverter paralel olarak kullanıldığı için, çıkış gerilimi tam istenilen kalitede olmaz. Bu nedenlerden dolayı, Hat etkileşimli KGK'lar orta ve yüksek güç isteyen yükler için tavsiye edilmez.

4.3. Çift Dönüştümlü KGK

İnverter, şebeke ve yük arasında seri olarak bağlanmıştır. Bu tip KGK'lar dört durumda çalışırlar; Normal, depolanmış enerji, Recovery (Geri kazanma) ve yan geçiş. Şekil 4.3. Çift Dönüştümlü topolojiyi göstermektedir (Karve 2000).



Şekil 4.3 Çift dönüştümlü KGK

a) **Normal durum:**Yük, sürekli olarak doğrultucu ve inverter ile kontrol edilir (AC'den DC'ye DC'den AC'ye). Bu çift dönüştümlü bir işlemdir. Bu şekilde, enerji geri kazanma durumunda akü şarjı devamlı kontrol altında tutulur.

b) **Depolanmış enerji çalışma durumu:** Gerilimin düşmesi veya şebekenin kesilmesiyle akü grubu ve şarj redresörü (Charger) devreye girer. Bu durum enerji normale dönene kadar veya KGK'nın depoladığı enerji bitene kadar devam eder.

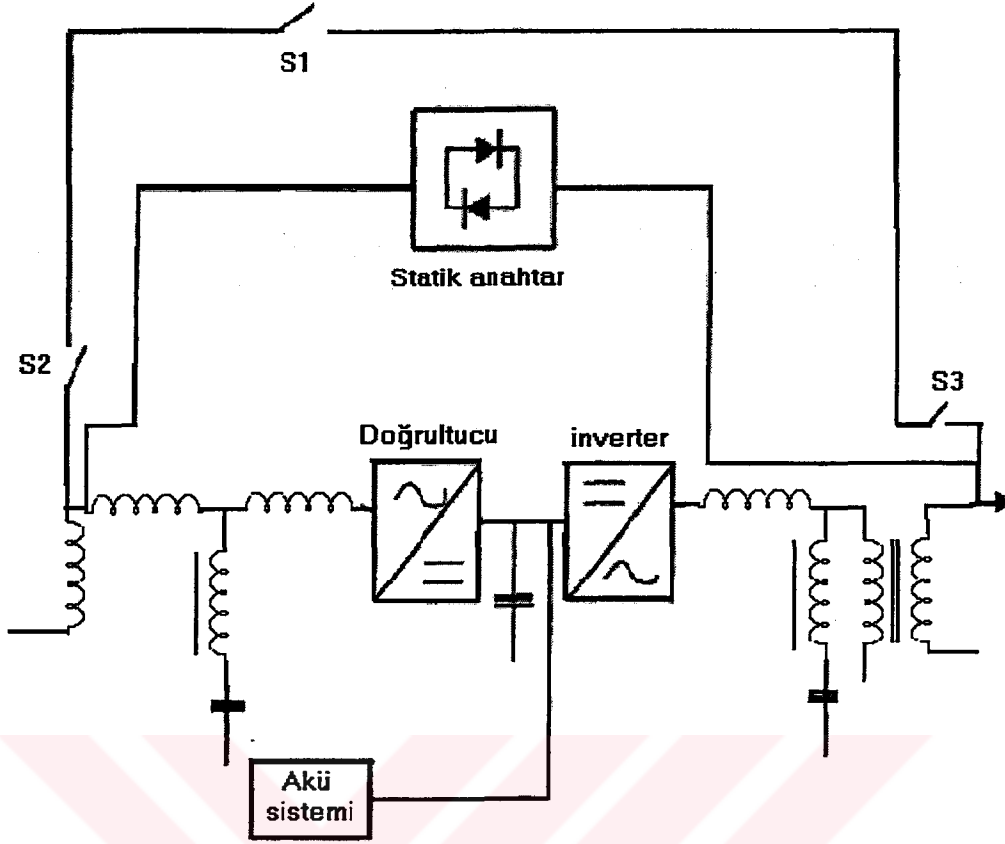
c)Yan geçiş çalışma durumu: Bu tip KGK'larda yük, aniden yan geçiş girişine aktarılır. KGK içinde hata oluştuğunda, akülerin enerjisi bittiğinde veya aşırı yüklenme olduğunda özel statik anahtar devreye girer. Genellikle böyle bir durumda giriş - çıkışfrekansı ve gerilimin aynı olması gerekir. Eğer eşit değillerse yan geçiş de transformatör kullanılması uygundur. Ayrıca bakım için manuel anahtar kullanılır.

Avantaj ve dezavantajları: Konum ne olursa olsun inverter sürekli yükü korur. Yük, devamlı olarak dağıtım sisteminden gelen gerilim ve akım darbelerinden korunur. Giriş gerilimindeki değişimlerde çok geniş bir toleransa sahip olup, çıkış gerilimini ve frekansını regüle eder. Üstelik KGK, frekans dönüştürücü olarak çalıştığı için statik anahtara gerek kalmaz. Şebeke enerjisi kesildiği zaman depolanmış enerji durumuna beklemez geçiş. Yan geçiş durumuna geçerken sistemi durdurmaz ve bakım için ayrı manuel yan geçiş anahtarı kullanılır. Dezavantajları: çok pahalı ve diğer topolojilere göre daha az bir verime sahip olmasıdır. Çift dönüşümlü KGK'lar 10 kVA üzerindeki yükler için idealdir. Daha hacimli ve ağırdırlar (Karlı 1995).

Dinamik KGK sistemlerinde dizel motor ve jeneratör kullanılarak kritik yükler beslenir. Hibrit (Hybrid) ve Döner (Rotary) KGK sistemleri hareketli aksamalara sahip oldukları için dinamik KGK'lar grubuna girmektedirler. Dinamik KGK'lar büyük sistemler için uygundur, fakat çok pahalı olmaları ve devamlı bakım gerektirdikleri için, sadece çok özel durumlarda kullanılmaktadır.

Statik KGK'lar elektrik ve elektronik elemanlardan oluşan bir sistemdir. Şekil 4.4'de görüldüğü gibi cihazın içinde hareketli parça yoktur. Bir statik KGK beş temel ünitelerden oluşmaktadır. Bunlar;

- **Doğrultucu / Redresör;** alternatif akımı doğru akıma çevirip, aküyü şarj eder.
- **İnverter;** kritik güç için doğru akımı alternatif akıma çevirip, yüke iletir. Aynı zamanda yüke daha sağlam bir enerji iletmesini sağlar.
- **Akü grubu;** şebeke kesintilerinde sisteme doğru akım sağlar.
- **Statik veya manuel yan geçiş anahtarı;** akü ve şebeke arasındaki enerji aktarma görevini yapar.
- **Transformatör;** izolasyon ve güç kademelerini ayarlamak için kullanılır .



Şekil 4.4 Statik KGK diyagramı

4.4. Kesintisiz Güç Kaynaklarından Beklenen Özellikler

Kesintisiz güç kaynaklarından beklenen özellikler aşağıda sıralanmıştır (Sefa, 2000).

4.4.1. Gerilim kararlılığı

Yükü besleyen gerilimin değişik şartlarda değerinin hiç değişmemesi göz önünde bulundurulduğunda:

- **Giriş Gerilimine Göre Çıkış Gerilimi Regülasyonu:** Ülkemiz şartlarında şebekenin $\pm\%20$ değişmesinde kesintisiz güç kaynağının çıkış geriliminin değişimidir. Modern bir kesintisiz güç kaynağında bu değer $\pm\%1$ den küçüktür ($\pm 2\%$ kabul edilebilir bir değerdir).

- **Yüke Göre Çıkış Gerilimi Regülasyonu:** Kesintisiz güç kaynağının çıkışına bağlanan yükler sıfırdan anma yüküne kadar değiştirildiğinde çıkış geriliminde meydana gelen değişmedir. Bu değer $\pm\%1$ den küçük olmalıdır.

4.4.2. Frekans kararlılığı

Yüke sağlanan gerilimin ikinci özelliği de frekansıdır. Şehir şebekesinde üretim teknolojisinin yapısından dolayı frekans oynamaları mevcuttur. Şehir şebekesinin 49.5 Hz ve 50.5 Hz arasındaki değerleri kabul edilebilir sınırlardır. İyi bir kesintisiz güç kaynağı bu sınırlar içerisinde şebekeyle senkronize olmalıdır ve bu sınırların dışında kendi ürettiği son derece kararlı $\%0.01$ 'lik toleransı olan 50 Hz'e geçmelidir. Bu geçişin çok hızlı oluşu sakıncalıdır. 1 Hz'lik bir frekans değişim hızı uygun olmaktadır.

4.4.3. Ani yüke cevap verebilme (Dinamik Regülasyon)

Çıkış yükünün ani olarak sıfırdan $\%100$ yüke kadar değişmesi, şebekenin kesilmesi veya geri gelmesi anında, çıkış geriliminde meydana gelen değişmedir. Bu oynama $\pm \%10$ dan küçük olmalı ve bir periyotta statik regülasyon bandına girmelidir.

4.4.4. Çıkış gerilimi toplam harmonik bozulması

THD, çıkış gerilimlerinin içerdiği harmoniklerin bir ölçüsüdür. Doğrusal yükte $\%5$ 'den küçük, doğrusal olmayan yüklerde $\%7,5$ 'den küçük olması gerekir. Modern kesintisiz güç kaynaklarında bu değer doğrusal yükler için $\%3$ doğrusal olmayan yükler için $\%5$ seviyesindedir. Büyük endüktör ve kondansatör elemanları ile kare dalga bile süzülerek harmonik distorsiyon $\%3$ değerine düşürülebilir, fakat böyle bir kesintisiz güç kaynağının çıkış empedansı çok büyük ve dinamik regülasyonu çok kötüdür. Bu nedenlerden dolayı, modern kesintisiz güç

kaynaklarında yüksek frekanslarda PWM tekniği ile sinüs üretilir. Böylece düşük frekanslı harmonikler üretilmez ve THD küçültülür.

4.4.5. Aşırı yük ve kısa devre koruma

Bütün önlemler alınsa bile KGK uzun ömrü süresince aşırı yüklerle ve kısa devrelere maruz kalacaktır. İyi bir kesintisiz güç kaynağı bu tip etkilere maruz kaldığında arıza yapmamalı, sistemi beslemeye devam etmelidir. Bunun için verilebilecek değerler:

- %150 aşırı yükte gerilim regülasyonu sınırları içinde kalarak en az 1 dakika çalışmalıdır.
- Kısa devre durumunda ise çıkışın tamamen korunması ve kısa devre kalktığıında dışarıdan müdahale gerekmeksizin çalışmanın devam etmesi aranan özelliklerdir.

4.4.6. Yüksek verim

KGK bünyesinde çeşitli enerji birimleri oluşmaktadır. Sistemde bir kaybın olmaması imkansız olacağından bir verim söz konusudur. Komple sistem verimi önemli bir unsurdur. KGK'larda verim muhtelif güçlere göre %85 ile %95 arasında değişmektedir.

4.4.7. Aküler

Akü teknolojisi son yıllarda büyük ilerleme kaydetmiştir. Tam bakımsız, kapalı kurşun asit aküler (VRLA) hemen hemen tüm KGK üreticileri tarafından kullanılmaktadır. Burada küçük hacmin ve kapalı kutunun getirdiği bir dezavantaj akülerin aşırı deşarja maruz kaldıklarında bozulmalarıdır. Diğer bir özellik de akünün şarj süresidir (deşarjdan sonra belirli bir kapasiteye ulaşması için gereken süre). Bunlar üretici firma tarafından belirtilen büyüklüklerdir. Mümkün olduğu kadar aşırı deşarjdan etkilenmeyen ve hatta kısa devre bile edilebilen, deşarj sonrası 2 saat içinde %80 kapasiteye ulaşabilen aküler

kullanılmalıdır. Akülerin şarj edilmelerinde ise ortam ısısı, üretici değerlerine göre şarj edilmeleri ömürlerinin uzatılması için uyulması gereken önemli kriterlerdir.

4.4.8. Crest faktörü ve KGK'lar üzerindeki etkisi

Bir sinyalin Crest Faktörü (CF) tepe değerinin o sinyalin etkin değerine olan oranı olarak ifade edilir.

$$CF = \text{Tepe değer} / \text{Etkin değer}$$

Saf sinüs tipi yüklerde bu değer $CF = 1,414$ değerine eşittir. Bilgisayar türü yüklerde ise 3'e kadar yükselebilir. Bu durum yükün doğrusal olmayan bir akım çektiğini gösterir (Bhanoo 1998).

Yüksek CF'li akımlar yeni olmamasına rağmen SMPS tipi güç kaynağı içeren bilgisayarların yaygın olarak kullanılmasından dolayı dikkate alınması gereken bir özellik haline almıştır (McLennan 1989). Alıcıların bu tip akım çekmesi halinde iyi tasarlanmamış bir KGK'nın çıkışı sinüs yerine flat tapping olarak ifade edilen tepesi düzleşmiş bir sinüs olmaktadır. Bu durumda alıcılar için arzu edilmeyen, harmonik içeren bir güç kaynağı oluşmaktadır. Ancak tepki süresi hızlı ve gelişmiş modülasyon teknikleri kullanan KGK'lar tarafından bu bozulma engellenebilmektedir (Bhanoo 1998; McLennan 1989).

Şebekeden gelen gürültü ve sıçramaları yok etmek veya azaltmak için KGK'larda alçak geçiren filtre kullanılmalıdır (Standler 1998).

4.5. Kesintisiz Güç Kaynaklarında Giriş Güç Katsayısının Düzeltilmesi

Üretimi giderek pahalanan elektrik enerjisi, iletimde ucuz, gerçekte iş gören aktif enerji olmasını gerekli kılmaktadır. Düşük güç faktörünün neden olduğu ekstra kayıplar ortadan kaldırılırsa, yatırım ve işletme maliyetleri azalacaktır.(Eyol 1990).

Genel halde reaktif güç, sistem kayıplarını artırarak, enerji iletim kapasitesini azaltmaktadır. Her ne kadar reaktif güç faydalı güce çevrilemez ise de bundan tamamıyla vazgeçilemez. Zira elektrodinamik prensibe göre çalışan generatör, transformatör, bobin ve motor gibi bütün işletme araçlarının normal çalışmaları için

gerekli olan magnetik alan, reaktif akım tarafından sağlanmaktadır. Bu yüzden iletim hatından faydalı aktif gücün yanısıra reaktif gücünde çekilebileceği göz önünde bulundurulur ve boyutlandırılır.

Şebeke tabii halinde meydana gelen güç, genel olarak endüktif karakterlidir ve bunu kompanze etmek için kapasitif güç üreten cihazlardan yararlanır. İşte elektrik tesislerinin ve yükün ihtiyacı olan reaktif gücü belirli teknikler kullanılarak karşılanmasına “Reaktif güç kompanzasyonu (RGK)” denir (Gümeli 1990).

4.5.1. Güç faktörü

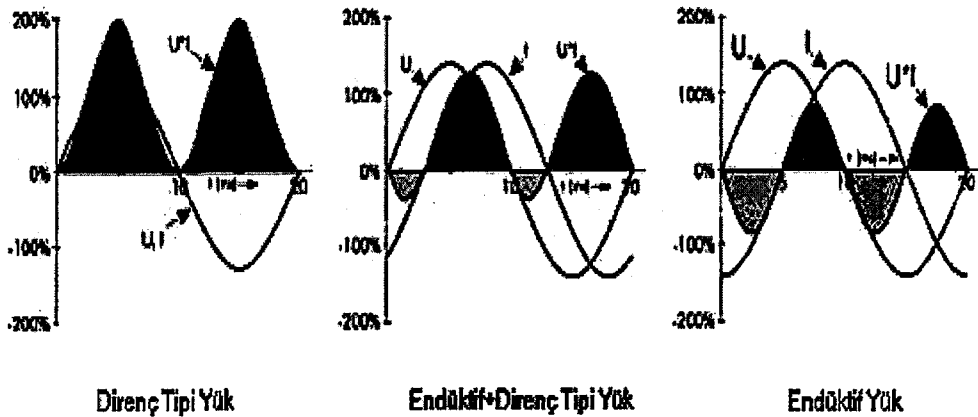
Uygulamada yükler genellikle motor türünde ve endüktif özellikte olduklarından şebekeden yararlı aktif gücün yanında reaktif güç de çekerler. Alternatif akım motorlarında döner alanın, transformatörlerde manyetik alanın oluşturulabilmesi için her ne kadar reaktif güç gerekli ise de, iletim ve dağıtım sistemlerinden daha fazla aktif güç iletebilmek için reaktif gücün ihtiyaç duyulan yerde karşılanması gerekmektedir. Bu nedenle, işletmelerde reaktif güç ihtiyacı alıcılara yakın bir yerde RGK sistemleri tarafından karşılanır (Bayram 2000).

Endüstride sistemin reaktif güç ihtiyacını karşılayabilmek için, aktif gücün yanında reaktif gücün de iletilmesi gerekmektedir (Ürgüplü 1997). Ancak elektrik enerjisi alternatörlerden yüklere iletilirken reaktif güç için böyle bir zorunluluk yoktur. Sistem içerisinde reaktif gücün iletilmesi, verimi düşürecektir. Endüstride kullanılan endüktif yüklerin çekmiş oldukları reaktif güçler enerji nakil hattını fazladan yüklediklerinden, hattan çekilen aktif güç miktarını artırmak için enerji nakil hattındaki iletkenin kesitini artırmak gerekir. Yüklerin ihtiyacı olan reaktif güçler, ya statik olarak kondansatörlerle, ya da dinamik olarak senkron motorlarla kompanze edilirler. Bu nedenle reaktif gücün ihtiyaç duyulan noktaya en yakın yerde üretilmesi sisteminin verimini artırmak açısından büyük faydalar sağlayacaktır. Son yıllarda güç mühendisliğinde RGK’nu da içine alan elektrik güç kalitesi çok büyük önem kazanmıştır (Domijan 1993). Dolayısıyla RGK, endüstride zorunluluk haline gelmiştir (Kumar, Sabberwal and Mukharji 1995).

Senkron motorların uyartım akımlarının değiştirilmesi ile motorun kapasitif veya endüktif olarak çalıştırılması sağlanabilmektedir. Ayrıca senkron motorun

şebekeden çektiği reaktif gücün miktarı da uyartım akımı ile ayarlanabilmektedir. Bundan dolayı, senkron motorlar dinamik güç kompanseörü olarak kullanılmaktadırlar. Senkron motor güç kompanseörü olarak kullanılırken üzerinde herhangi bir yük yok ise, kaynaktan çekeceği aktif güç sadece mekanik kayıpları karşılamak içindir. Senkron motor eğer kompanzasyon yapılan sitemde başka bir amaçla kullanılmıyorsa ekonomik değildir (Çolak 2000). Ekonomik olması nedeniyle reaktif güç kompanzasyon sistemlerinde kondansatörler yoğun olarak kullanılmaktadır. Kondansatörlerin bakım masrafları yoktur, verimleri yüksektir. Günümüzde kompanzasyon artık mikroişlemci tabanlı yapılmaktadır. Bu nedenle mutlaka sistemin güç katsayısının bilinmesi gerekir.

Bir K GK sistemini boyutlandırırken güç faktörünün önemli manaları vardır. Güç birim zamandaki enerjidir ve DC devrelerinde gerilim ve akımın matematiksel çarpımı olarak ifade edilir ($Güç=Volt*Amper$). Fakat alternatif akımda bir karışıklık mevcuttur. Bazı AC akımları enerji sağlamadan yüke girip çıkabilir. Reaktif ya da harmonik akım adı verilen bu akım gerçek güçten fazla olan görünürdeki gücü artırır. Görünür güç ve gerçek güç arasındaki bu fark güç faktörünün artmasına sebep olur. Bundan dolayı herhangi bir sistemdeki gerçek güç, güç faktörüyle VA değeri çarpılarak bulunur. Çoğu elektrikli cihaz için görünür güç (VA) ve gerçek güç(Watt) arasındaki fark çok önemsizdir ve ihmal edilebilir. Şekil 4.5’de çeşitli yüklere ait akım gerilim ilişkisi görülmektedir.



Şekil 4.5 Çeşitli yüklere ait akım gerilim ilişkileri

4.5.2.Güç faktörünün düzeltilmesi

Teknoloji geliştikçe, elektronik gücün kullanımı basit yüklerden (elektronik olmayan akkor flamanlı lambalar, motorlar, röleler, rezistif ısıtıcılar, vb.) elektronik yüklere (elektronik balastlı floresan lambalar, statik anahtarlı motor sürücüleri, kişisel bilgisayarlar ve bir çok elektronik ev aletleri bunlardan bir kaçındır) doğru bir eğilim vardır. Yeni yüklerin şebekeden çektiği akım formu eski yüklerden çok farklıdır. Bu durum gelecekte güç kaynaklarının kapasitesinde ve aynı beslemeden çalışan diğer yüklerin birbirini etkilemesine neden olacaktır. Eski teknoloji modern güç kaynakları şebekeden bozuk harmonikli akım çekerler. Kullandığımız bilgisayarların SMPS beslemesi ısıtıcı ve flamanlı lambalardan farklı olarak yumuşak bir sinüs akım yerine kısa darbeleri bir akım çekerler. Bu kaynaklar aynı enerjiyi verebilmek için şebekeden kısa süreli akım çeker. Sonuç olarak bu, akımın tepe değerini yükseltir. Bu esnada ev veya ofisteki kablolama, sigortalar ve aynı zamanda enerji üreteçleri veya dağıtıcılar bir strese(zorlamaya) sokulur. Bu stresi azaltmak ve güç kaynaklarının kontrol kapasitesini arttırmak için giriş güç devreleri eklenmeye başlanmıştır. Bu devreler çekilen akımın şeklini geliştirmek için eklenmektedir. İdeal olarak giriş akımının giriş geriliminin sinüsüyle aynı formda ve fazda olmasıdır. Bu durumda güç kaynağının limitleri içinde girişten maksimum güç çekilebilir. Bu durumda güç faktörü 1.00 diyebiliriz. Güç çekimi tamamen temel frekans (50Hz) bileşenleri üzerinde olunca giriş akım harmonikleri de sıfıra yaklaşacaktır. Günümüzdeki birçok anahtarlamalı güç kaynaklarında PFC (Güç Faktörü Düzenleme) devresi yoktur. Dolayısıyla bu cihazların PFC'si 0.6 civarında ve aynı zamanda bir çok tek harmonikleri içerir. Hatta öyle ki ana frekanstan büyük harmoniklerde vardır. Son dönemlerde standartların tekrar düzenlenmesi ile yeni nesil SMPS güç kaynakları PFC devrelerine sahiptir. Yeni nesil güç kaynakları 0.99 PF (Power Factor) ve %5'den az akım harmonikleri ile ideal bir hal almaya başlamıştır.

PFC'siz ve düşük güç faktörlü sistemlerin istenmeyen etkileri aşağıda sıralanmıştır.

- Tesisatta kullanılan kablo, sigorta v.b. malzemeleri yüksek değerli seçmek gerekir.
- Trafoların ısınmasına yol açar.

- Reaktif güç olması nedeniyle maliyeti artırır. Örneğin bilgisayarınızın 300 watt enerji kullanmasına rağmen yaklaşık 500 VA'lık enerji parası ödersiniz.
- Enerji kaynaklarının gerçek gücünde kullanılmasını engeller.
- Tesisatın onay almasını geciktirir.
- Güç faktörü düzenleyici yatırımlara ihtiyaç duyar.

PFC'li ve yüksek güç faktörlü sistemlerin avantajları aşağıda sıralanmıştır.

- Kaynak enerjisi daha iyi kullanılır.
- Daha az enerji çekilmesi nedeniyle daha düşük kesitli bakır kablolar kullanılabilir.
- Tesisat girişine ortak filtre takılabilir. Çünkü yükler rezistif gibi hareket etmektedir.
- Tesisatın çabuk onay almasını sağlar.
- Yüksek güç faktörünü sağlayan PFC devreleri iyi regüle edilmiş DC bara gerilimi sunarlar. Bu diğer dönüştürücülerin daha kararlı çalışmasını sağlar.
- Güç faktörünü yükselten PFC'lerin çalışma aralığı çok geniştir.
- Yüksek güç faktörü nedeniyle faturaların azalmasını sağlar.
- Kaynak gerilimindeki bozucu etkileri engeller.
- Trafolar da ki ısınmaları azaltır.

5. KESİNTİSİZ GÜÇ KAYNAKLARINI TEŞKİL EDEN ELEMANLAR VE KONTROL METODLARI

Kesintisiz Güç Kaynaklarının teşkil eden en önemli cihazlar; inverter, doğrultucu/redresör ve dönüştürücü trafosu olarak tanımlanabilir. Bu cihazlar temel olarak güç elektroniğine dayanır ve genellikle sistem içerisinde blok halinde monte edilirler. Bu blokları oluşturan asıl parçalar, yarı iletken güç anahtarlama elemanları olarak bilinir. Bunlardan bazıları; diyot, tristör (SCR), triyak, Bipolar Güç Transistörü (BJT), MOSFET, Mos Kontrollü Tristör (MCT) ve IGBT olarak tanımlanmıştır. Tablo 5.1’de güç anahtarlama elemanları gösterilmektedir (McLennan 1994).

Tabloda MOSFET, IGBT, BJT transistörleri ile SCR ve MCT tristörlerinin bazı özellikleri verilmiştir. Tablo incelendiğinde, SCR en yüksek güce dayanabilmektedir, ancak düşük frekanslı devrelerde kullanılabilir. BJT ise 400 kVA ve 5 kHz frekansa kadar ekonomik olabilir. Düşük watt’lı KGK’lar için MOSFET kullanmak daha uygundur. MCT ise MOSFET ve SCR’nin karışımıdır. Çok özel ve nadir durumlarda 1000 kVA üzerinde yükler için kullanılır. IGBT geleceği en parlak olan ve her uygulamada kullanılabilen transistördür. Teknolojik olarak hızlı bir şekilde gelişmektedir. En son çıkan IGBT’lerin kayıpları minimum dereceye kadar azaltılmıştır. Bu da ilerde transformatörsüz devrelerin tasarlanmasına büyük katkı yapacaktır. Bu durumda hacim, kayıplar ve maliyeti minimuma düşürüp daha yüksek frekanslarda çalışan elektronik devreler elde edilebilir.

Bir elektrik dalgası değişik metotlarla doğrultulabilir, yarım köprü veya tam köprü teknikleriyle aynı zamanda kontrolsüz, yarım kontrollü veya tam kontrollü tekniklerle yüke iletilebilir. Doğrultmak genel anlamıyla elektrik enerjisini AC’den DC’ye çevirmektir. DC’ den AC’ye çeviren cihaz inverter olarak tanımlanır. Dönüştürücü ise DC’den DC’ye veya AC’den AC’ye iki yönden enerji aktarması yapabilen cihazdır.

Tablo 5.1. Güç anahtarlama aygıtları

Güç Anahtarlama Elemanları	Gelişim	Maksimum Güç [kVA]	Çalışma frekansı [kHz]
MOSFET	Sabit	5	100
IGBT	Hızlı	400	25
BJT	Yavaş	400	5
SCR	Yavaş	1000	0,12
MCT	Geleceğe bağlı	1000 (?)	2

5.1. İnverter

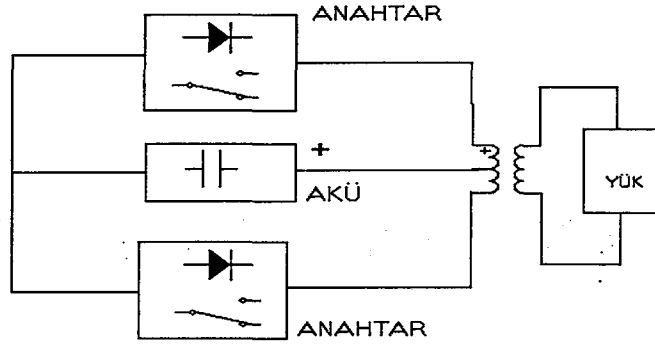
İnverter, doğru akımı alternatif akıma çevirebilen bir cihazdır. Bu cihaz alternatif akımın gerilim ve frekansını değiştirerek, değişken gerilim ve frekanslı ac çıkış gerilimi üretebilir.

Tek fazlı KGK uygulamalarında kullanılan inverterler şekil 5.1'de görüldüğü gibi üç kategoriye göre sınıflandırılabilir;

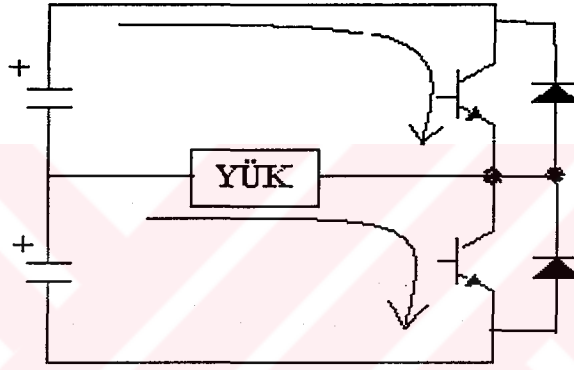
- Push - pull inverterler,
- Yarı köprü inverterler,
- Tam köprü inverterler

5.1.1. Push-pull inverterler

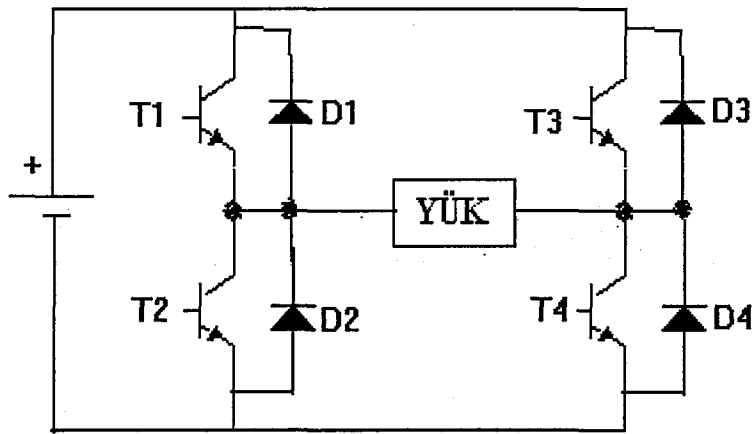
Bu tip inverterler düşük güç uygulamalarında kullanılabilir. Fakat rezistif olmayan yüklerde, transformatörün sekonderi, primer üzerinde etki yaparak yüksek gerilim oluşturabilir. Şekil 5.1.a bu tip inverterleri göstermektedir.



a. Push-pull inverter



b. Yarı köprü bağlantılı inverter



c. Tam köprü inverter

Şekil 5.1 Tek fazlı KGK uygulamalarında kullanılan inverterler

5.1.2. Yarı köprü bağlantılı inverterler

Yük, iki farklı kaynaktan değişik zamanla beslendiği için çıkışta, alternatif akım elde edilebilir. Şekil 5.1.b bu tip inverterleri göstermektedir.

5.1.3. Tam köprü inverter

Bu tip inverterlerde transistör ikişer ikişer devreyi sürer, örneğin T1 ve T4 iletimdeyken T2 ve T3 kesimde kalmalıdır. Diyotların görevi sisteme geri besleme sağlamaktır. Bu devrenin avantajları; her tür yük için kare dalga elde edebilir ve transformatöre ihtiyaç yoktur. Şekil 5.1.c tam köprü devre şemasını göstermektedir.

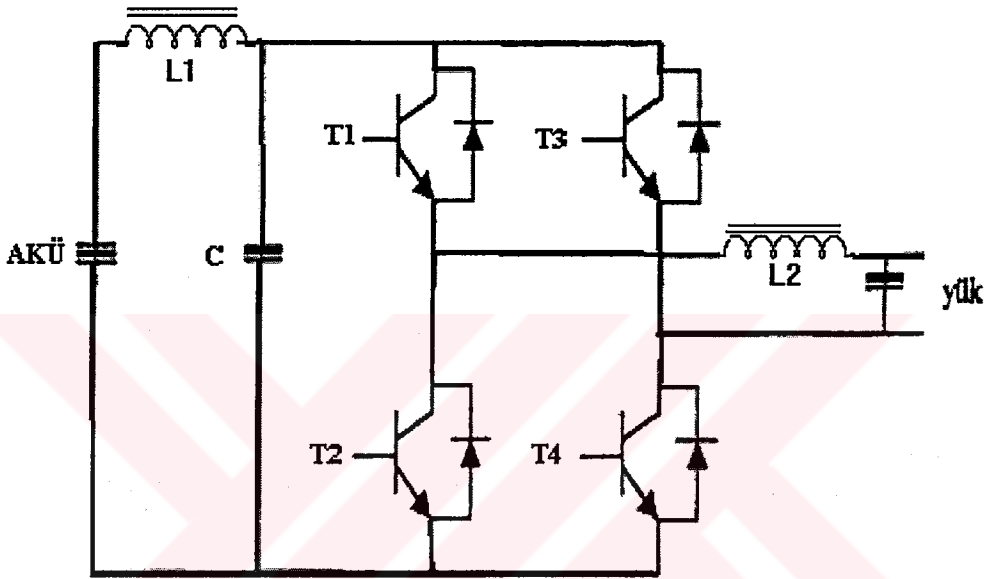
5.2. İnverterin Görevi

Bütün KGK sistemlerinde, asıl hedef her türlü yük ve geçici durum için ideal bir çıkış gerilimi hazırlamaktır. KGK sistemlerinde genellikle 50 - 400 Hz sinüzoidal çıkışa gerek duyulur. Bu görevi, bir inverter yerine getirebilir. Böyle bir sistemin performansını belirleyen bazı faktörler ise şunlardır:

- Toplam harmonik bozulma (THD),
- Geçici cevap (Transient response),
- Verim,
- Gerilim ayarlaması,
- Çıkış empedansı,
- Doğrusal olmayan yük,
- Güç dönüşüm modellemesi,
- Kontrol veya modülasyon stratejisi,

Modern inverterler PWM stratejisi ile ve 20 kHz anahtarlama frekansı ile çalışır. Sisteme uygulanan yük empedansı % 0 – 150 nominal yük değerleri arasında ve bu; resistif, endüktif veya kapasitif olabilir. Çıkış geriliminin istenilen şekilde olması için geri besleme denetimi kullanılır. Sistemin LC filtre ve anahtarlama

frekansını belirlemek için çıkış gerilim aralığı ve çıkış gerilim bozulması (output distortion) özellikleri baz alınır. Kontrol stratejisine bağlı olarak çıkış geriliminin ayarlanması sistemin en önemli faktörüdür. İnverterlerin kontrol stratejisi genellikle analog tabanlı veya dijital tabanlı olarak sınıflandırılır. Şekil 5.2 tek fazlı tam köprü tam kontrollü inverteri göstermektedir

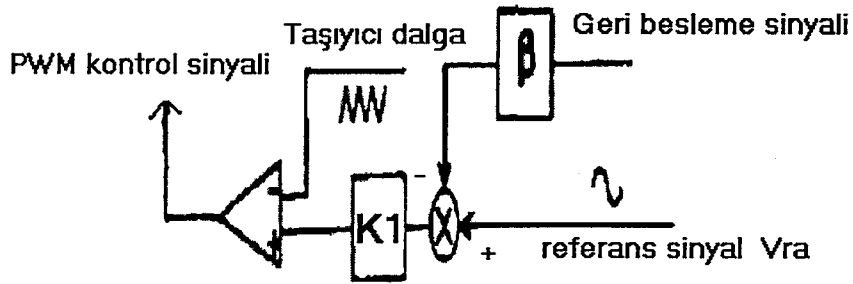


Şekil 5.2 Tek fazlı inverter

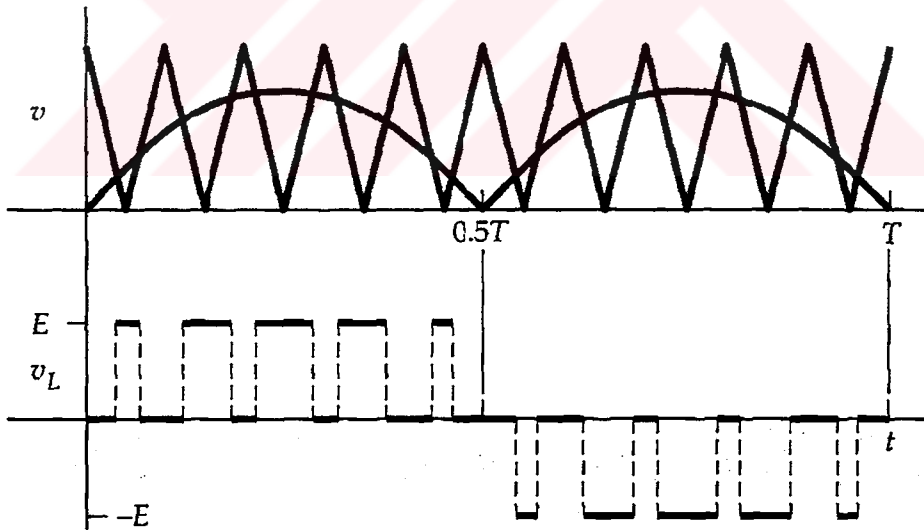
5.3. İnverterlerin Kontrol Metotları

Eskiden inverterlerin çıkış gerilimini kontrol etmek için açık çevrim ileri besleme tekniği kullanılıyordu. Bu teknikte çıkış geriliminin efektif değeri bir geri besleme çevrimi ile ayarlanıyordu. Yeni sistemlerde daha modern geri besleme kontrol teknikleri kullanılmaktadır. Bu teknikler kapalı – çevrim ve anlık kontrolörler (instantaneous controller) olarak tanımlanmıştır. Bu kontrolörlerden bazıları ise; Dijital kontrolörler, Histeresis kontrolörler, Analog kontrolörler ve siliding mod kontrolörlerdir (Sliding mode). Şekil 5.3.a Anlık kontrolörlerin tek hat şemasını göstermektedir (Yong, 1994).

Şekilde görüldüğü gibi bir PWM işaretini elde edilmesi için devrenin çıkışından alınan örnek, mevcut referans sinyali ile toplanıp uygun bir kazanç sağlandıktan sonra bir dizi taşıyıcı dalga ile PWM kontrol sinyali olarak gönderilir. Şekil 5.3.b. de bu işaretin elde edilmesi ile ilgili bir örnekleme yapılmıştır. Şekildeki kesim noktaları anahtarlama elemanının tetikleme anlarını belirtmektedir. Çıkış gerilimin seviyesi ve frekansı bu şekilde belirlenebilir.



(a)

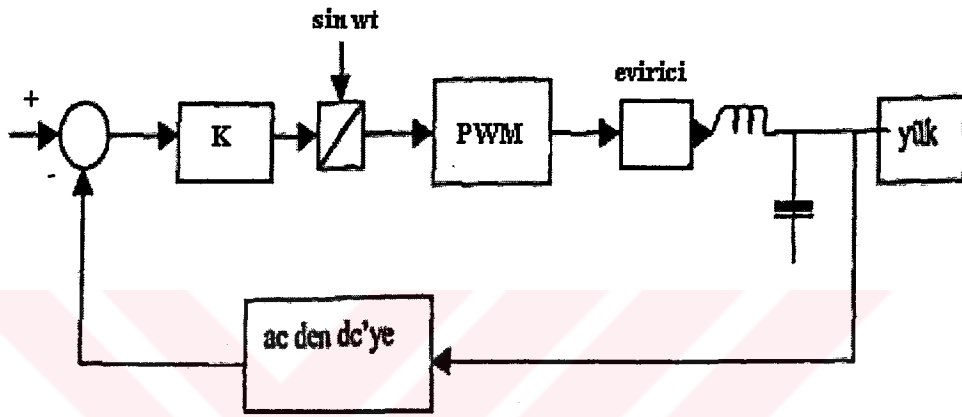


(b)

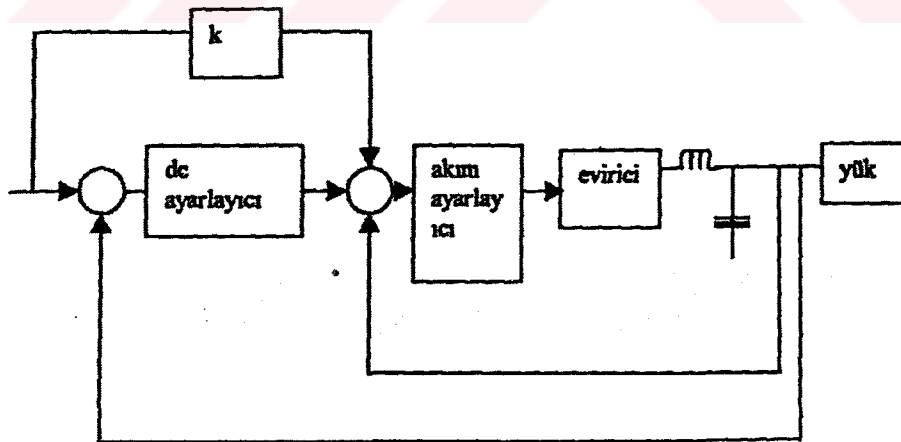
Şekil 5.3 a) Anlık kontrolörün tek hat şeması, b) PWM kontrol sinyali

İnverterlerin en basit kontrol stratejisi, çıkış gerilimi kontrol eden, gerilim kontrolörüdür. Bu stratejide en fazla kullanılan metot sinüzoidal Pulse - Width

Modulation (SPWM) metodudur. Daha verimli bir sistem elde etmek için dijital teknikler önerilir. Şekil 5.4.a gerilim ayarlayıcıyı göstermektedir (Manning, 1994). İleri besleme tekniğinde kullanılan akım ayarlayıcılarından yüksek kaliteli dalga şekli elde edilebilir. Şekil 5.4.b akım ayarlayıcı ve yük ileri besleme metodunu göstermektedir. Bu teknikte kullanılan akım ayarlayıcıların yanı sıra, analog histerizis regülatörleri analog ve dijital sinüzoidal PWM regülatörleri kullanılmaktadır.



(a)



(b)

Şekil 5.4 a) Gerilim ayarlayıcı, b) Akım ayarlayıcı ve yük ileri besleme metodu

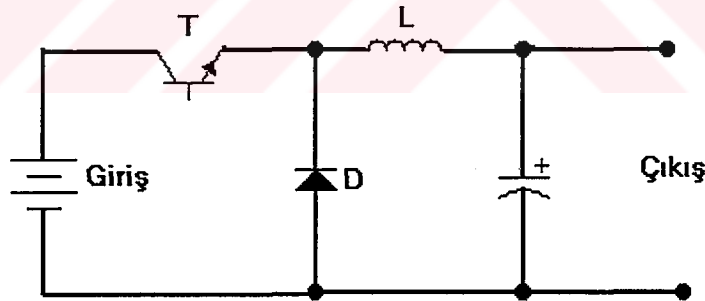
5.4. DC / DC Dönüştürücüler

Bu dönüştürücüler DC/DC dönüşümünü sağlayabilen cihazlardır. Görevleri akü ve inverterin arasındaki bağlantıyı sağlamak ve P.F. (Güç faktörü) değerini 1'e yaklaştırmaktır. Dönüştürücüler, gerilim yükseltme/düşürme (buck/boost) tekniklerini uygulamak için kullanılır. DC-DC dönüştürücüler izolesiz ve izoleli olmak üzere iki gruba ayrılırlar.

5.4.1. İzolesiz dönüştürücüler

a) Azaltan dönüştürücü

Azaltan (buck) dönüştürücü, kaynaktan elde edilen gerilimi istenen seviyeye kadar düşürmekte kullanılır. Şekil 5.5'te azaltan dönüştürücünün devre şeması görülmektedir. Bu devrenin tek dezavantajı, giriş çıkış arasında izolasyon olmamasıdır. Devrede kullanılan transistörün dayanma geriliminin en az giriş gerilimi kadar olmalıdır. Basit bir şokun yeterli ve çıkış kondansatörünün yükünün az olması azaltan dönüştürücünün avantajlarıdır.



Şekil 5.5 Azaltan dönüştürücü

b) Yükselten dönüştürücü

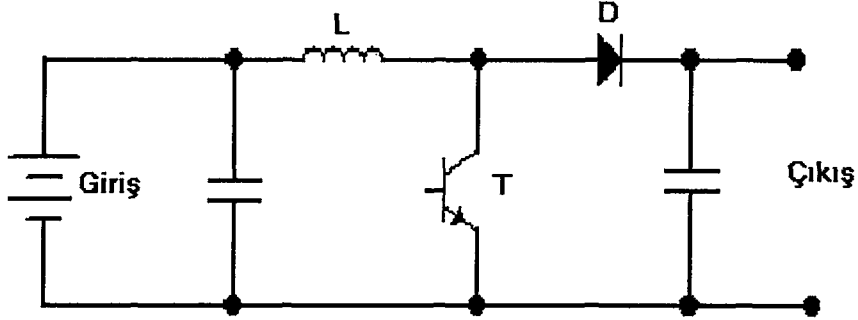
Yükselten (boost) dönüştürücüde yük önce endüktör ve diyot üzerinden beslenir. Bu durumda transistör kesimdedir. Transistör iletme geçtiği an L'de enerji depolanır. Şekil 5.6 yükseltici dönüştürücünün devre şemasını göstermektedir. Bu devrenin avantaj ve dezavantajları şunlardır.

Avantajları;

- Basit bir şok yeterlidir,
- Manyetik kuplaj problemi yoktur.

Dezavantajları;

- Güç transistörünün dayanma geriliminin çıkış geriliminden büyük olması,
- Giriş ve çıkış gerilimleri arasında izolasyon olmaması,



Şekil 5.6 Yükseltici dönüştürücü

c) Azaltıcı / Yükseltici dönüştürücü

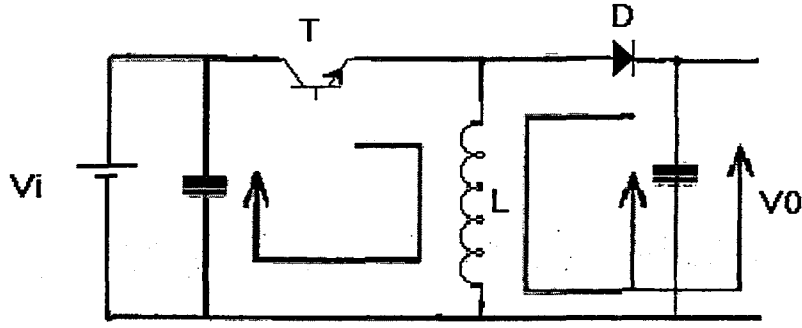
Bu dönüştürücüde transistör iletimde olduğu an, akım endüktör, V_i , ve transistör üzerinde bir döngü yapar. Aynı zamanda endüktör üzerinde enerji toplanır. Transistör kesime girdiği zamanda endüktör üzerinde toplanan enerji yüke ve çıkış kondansatör üzerine aktarılır. Bu durumda diyot geri dönüşü tamamlamak için görev yapar. Şekil 5.7 azaltıcı / yükseltici dönüştürücünün devre şemasını göstermektedir.

Avantajları;

- Basit bir şok yeterlidir,
- Manyetik kuplaj problemi yoktur.

Dezavantajları;

- Güç transistörünün dayanma gerilimi en az giriş gerilimiyle çıkış geriliminin toplamı kadar ($V_T > (V_0 + V_i)$), olmalıdır.
- Giriş çıkış arasında izolasyon yoktur,

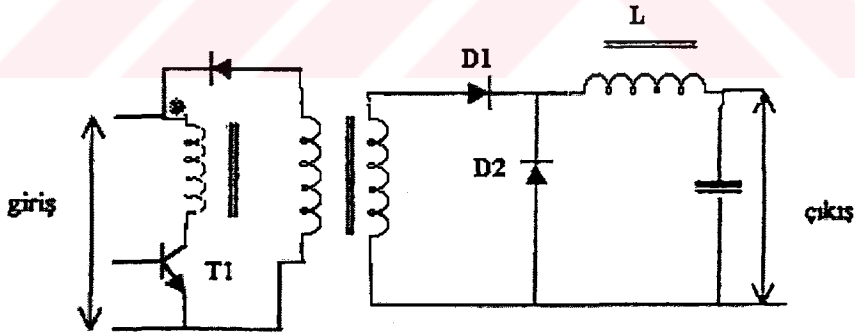


Şekil 5.7 Azaltıcı / Yükseltici dönüştürücü

5.4.2. İzoleli dönüştürücüler

a) İleri yönde DC/DC dönüştürücü

Şekil 5.8 bir ileri yönde (forward) dönüştürücünün devre şemasını göstermektedir. T1 transistörü devrede iken, D1 üzerinde iletim sağlanır. T1 kesime geçtiği zaman D2 diyot üzerinde iletim sağlar. Nüvenin doyuma gitmemesi bu devrenin avantajlarından biridir. Dezavantajı ise, transistörün dayanma geriliminin giriş geriliminin iki katı olmasıdır.



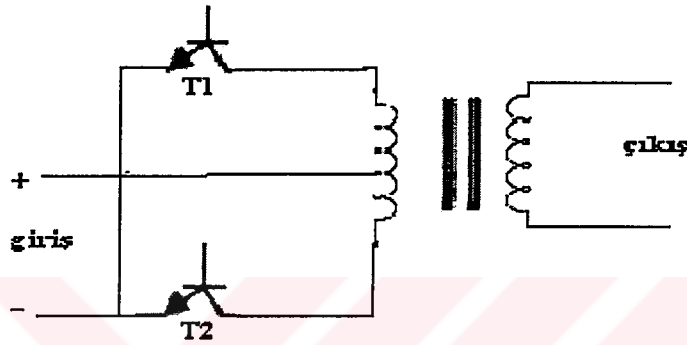
Şekil 5.8 İleri yönde dönüştürücü

b) Push - pull dönüştürücü

Bu tip dönüştürücü de iki transistör sıra ile yüke enerji iletirler. Transformatorün simetrik sarılması ve seçilen yarı iletkenlerin aynı karakteristiğe sahip olmaları çok önemlidir. Şekil 5.9 Push - pull dönüştürücünün devre şemasını

göstermektedir. Push - pull dönüştürücü devresinin dezavantajları aşağıdaki gibi verilebilir.

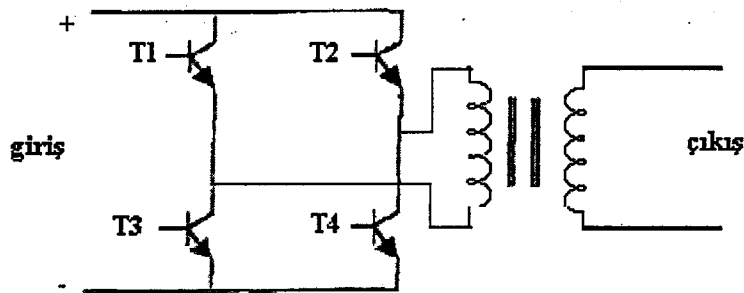
- Güç transistörünün dayanma geriliminin giriş geriliminin iki katı olması zorunluluğu,
- Simetriyi sağlama zorunluluğu,
- İki primer sargı arasında iyi bir manyetik kuplaj gerekliliği,
- İki transistörün aynı anda ilettime girme riskinin olmasıdır.



Şekil 5.9 Push-Pull dönüştürücü

c) Tam köprü dönüştürücü

Çalışma prensibi push - pull gibidir. Fakat bu devrede transistörler ikişer ikişer ilettime geçerler(çapraz transistörler). Transistörlerin dayanma gerilimi en az giriş gerilimi kadar olmalı, simetriyi sağlam tutmalıdır. Bir kol üzerinde iki transistörün aynı anda ilettime geçme riski vardır. Şekil 5.10 Tam köprü push - pull dönüştürücüyü göstermektedir.



Şekil 5.10 Tam köprü dönüştürücü

d) Flyback dönüştürücü

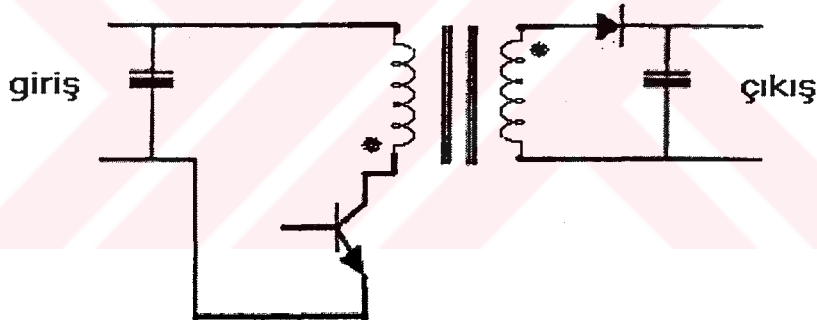
Flyback dönüştürücünün devre şeması şekil 5.11'de görülmektedir. Bu inverterde transformatörün primer ve sekonder sargılarının kutupları birbirine ters sarılmaktadır. Transistör iletimde olmadığı zaman sekonder sargıları üzerinde depolanmış enerji aniden yüke aktarılır. Anlık akım miktarı primer ve sekonderin sargı oranına bağlıdır. Flyback dönüştürücülerin avantaj ve dezavantajları şunlardır:

Avantajları ;

- Birkaç gerilimi aynı anda kararlı olarak üretebilir,
- Çalışma gerilimindeki değişikliklerden çok az etkilenirler,

Dezavantajları;

- Güç transistörünün dayanma gerilimi giriş geriliminin iki katından büyük olmalıdır,
- Bu tip dönüştürücüde kullanılan transformatörün nüvesinin hava aralığının ve kesit alanının büyük olması gerekmektedir



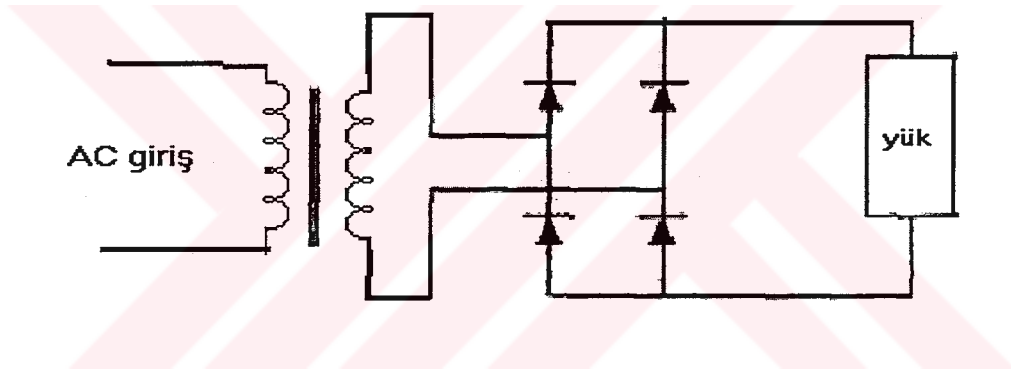
Şekil 5.11 Flyback dönüştürücü

5.5. Doğrultucu

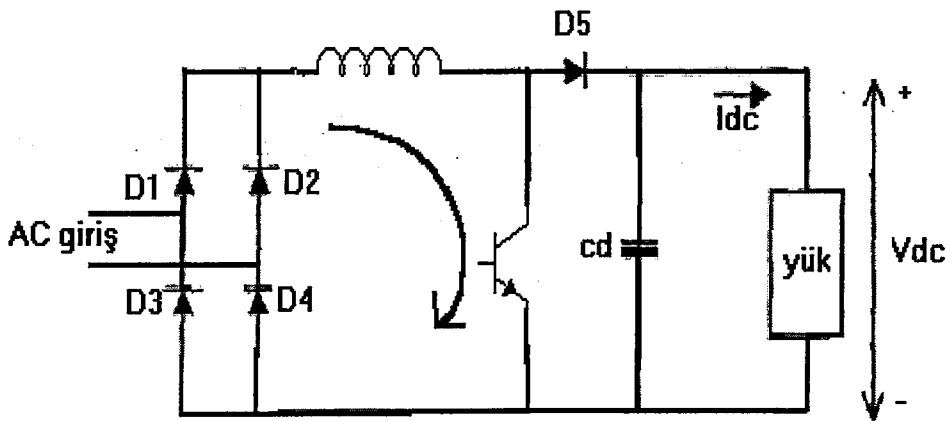
Doğrultucu, AC gerilimi DC gerilime çevirmek için, akü şarj sisteminde kullanılır. Doğrultucular yapı olarak yarım köprü, tam köprü yapısında olur. Aynı zamanda kontrolsüz, yarım kontrollü veya tam kontrollü olarak devrede kullanılabilir. KGK sistemlerinde kullanılan doğrultucuların akım ve gerilim kontrollü olması zorunludur. Doğrultucu aynı zamanda P.F. düzelticisi olarak da kullanılabilir. Son teknolojik gelişmelerle, tek faz KGK'lar için doğrultucunun

performansını yükseltmek, maliyet ve hacmini azaltmak amacı ile tristor kullanmak yerine, anahtarlama mod doğrultucu tekniği kullanılmaya başlanmıştır. Anahtarlama mod doğrultucuda dört mod kullanılmaktadır. Tekniğin adı bu nedenle Çok Kanallı Anahtarlı Mod Doğrultucu kabul edilmiştir. Bu modlardan ikisi pozitif ve diğer ikisi de negatif iletimlerde kullanılmaktadırlar (Hirachi 1990).

Şekil 5.12 Standart tek fazlı doğrultucu ve Şekil 5.13. tek fazlı standart anahtarlama mod doğrultucunun devre şemasını göstermektedir. Şekil 5.11'de devreyi teşkil eden D_1 , D_2 diyotlar pozitif ve D_3 , D_4 diyotları ise negatif iletimlerde devreye girerler ve akım L_1 'e aktarırlar. Transistör kontrol anahtarı olarak çalışarak, iletim konumdayken endüktör üzerinde enerji toplanır ve transistör off konumdayken enerji yük ve kapasitöre iletilir. Bu devre PFC amacıyla yaygın olarak kullanılır.



Şekil 5.12 Standart tek fazlı doğrultucu



Şekil 5.13 Standart tek fazlı anahtarlama mod doğrultucu

5.6. Akümülatörler

Aküler enerji deposu olarak bilinir ve bir çok uygulamada DC güç kaynağı olarak kullanılmaktadır. Bu bir motorun çalıştırılması, bir jeneratörün start alması veya küçük bir aydınlatma için olabilir. Teknolojik olarak elektrik kesintilerinde acil durum için kullanılan akü sistemleri Akü Enerjisinin Depolama Sistemleri olarak tanımlanır. Piyasada en fazla kullanılan ve en güvenilir akü tipleri Nikel - Kadmiyum (Ni - Cd) ve Kurşun - Asit (Pb - Acid) tipleridir. Akü enerjisini depolama sistemleri teknoloji içerisinde bütün büyük uygulamalarda Kurşun - Asit tipi aküler kullanılmaktadır. Sebebi ise daha ucuz ve daha fazla tanınmış olmasıdır.

Akü enerjisinin depolama sistemleri enerji depolama uygulamaları çok geniş bir kategoriye sahip olduğu halde iki değişik gruba ayrılabilir; Elektrik üreticiler ve kullanıcılar. Bu çalışmada ağırlıklı olarak kullanıcı grubu incelenecektir. Akü enerjisinin depolama sistemlerinde kullanılan aküler çok uzun süreli kullanılacağı ve acil durumlarda çok kısa süre içerisinde çok büyük bir yükü beslemesi gerektiğinden bazı özelliklere sahip olmaları gerekir (Mcdowll 1999). Bunlar;

- Uzun ömürlü ve dayanıklı olması,
- Az bakım gerektirmesi,
- Kötü kullanıma dayanıklı olması,
- Ucuz olması,
- Çevreye zarar vermemesi gibi özelliklerdir.

KGK uygulamalarında kullanılan akülerin, imkanlar elverdiği kadar küçük, hafif ve ucuz olması istenir. Çünkü akü KGK'ların en ağır, en pahalı ve en fazla yer tutan elemanlarından. KGK için en ideal akü, hiç yer tutmayan, sınırsız enerji depolayabilen ve istendiği zaman hizmete girebilen aküdür.

Aküler genellikle bir grup pozitif ve bir grup negatif levhalardan oluşur. Pozitif ve negatif levhalar birbirinden izole edilmektedirler. Bir akünün gücü kullanılan levhaların boyutlarıyla doğrudan orantılıdır. Kullanılan levhalar ne kadar büyük olursa, akü o kadar daha fazla enerji depolayabilir. KGK'nın çalışma prensibine göre, aküler çoğu zaman bekleme durumunda kalırlar ve devreye girdikleri an, çok hızlı ve yüklü bir şekilde boşalırlar.

Akümülatörlerin kapasitesi 6, 12, 24 veya 38 Ah olabilir. Akülerin içindeki hücreler akülerin kapasitesine göre seçilir. Her hücrenin tam şarj kapasitesi 2,1 voltur. Fakat bu değer değişik etkenlerle değişebilir. Bu oran kurşunlu aküler için hücre başına 2,5 volt civarındadır. Akü kullanırken bu değer 2,4 voltun altında olması gerekir. Fakat bu değer 1,6 voltun altına düşerse akü için tehlikeli bir nokta sayılır. Ni - Cd tip akülerin hücre başına anma gerilimi 1,6 voltur ve akü çalışırken bu değer 1 voltun altına düşmemelidir.

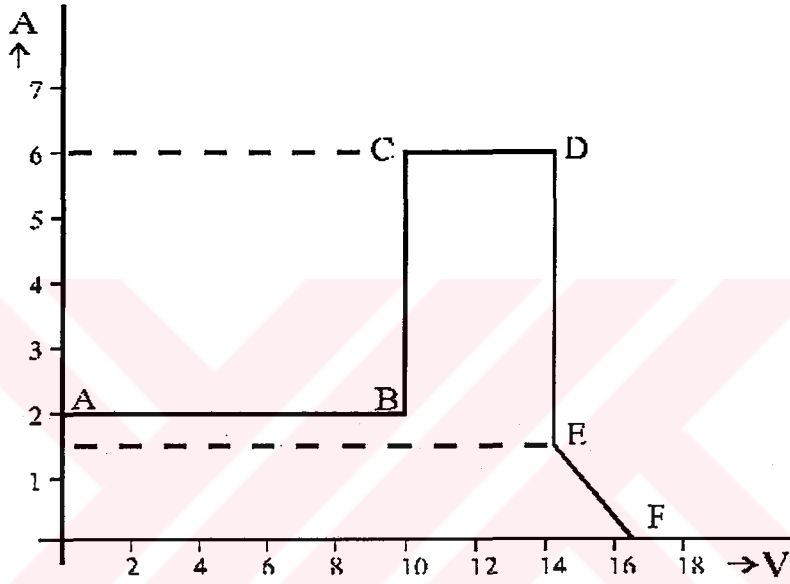
Akülerin korunması için sigortalar kullanılabilir, ancak aşağıdaki sebeplerle genellikle korumasız bırakılırlar:

- Akünün çalışması gerektiğinde başka alternatif yoktur. Tam kapasite ile ve en kısa zamanda devreye girip kritik olan yükleri beslemesi gerekir. Bu yüzden herhangi bir gecikmeye tabi tutulmamalıdır.
- Elektrik elemanlarının kimyasal maddelerden veya korozyona sebep olan sıvılardan uzak tutulması gerekir, halbuki akü bu tip maddelerle işini yapabilir hatta akülerde patlama meydana gelebilir.
- Aküler bir enerji dağıtma kaynağı olarak çok önemli ve çevreyi etkileyen motor ve makineleri beslemek zorundadır. Bu nedenle aküyü herhangi bir şekilde izole edip enerji dağıtmasına engel olmak yanlış olur.
- Akünün hücrelerindeki reaksiyonlar bir kısa devre anında motorların durdurulmasıyla önlenemez.
- Sigorta ve devre koruyucular koruma esnasında parazit yaratırlar. Akülerde oluşan kısa devre akımı AC devrelere göre 10-12 kat daha büyüktür. Bu da aküleri korumak için harcanan maliyetin arıza zamanında verebilecek zararın kat kat üstünde olması anlamına gelir (Richard 1991).

5.6.1. Akü şarjı

Kurşun-Asit aküler tekniğine uygun olarak doldurulduğunda çok uzun seneler kullanılabilir. 12 V Kurşun-Asit bir akünün ideal şarj akım - voltaj grafiği şekil 5.14'de gösterilmiştir. Birinci faz (A-B) sırasında akü voltajı 10 V civarına gelene kadar şarj akımı sınırlandırılmıştır. Bu sınırlama hem ortama asit buharının yayılmasına, hemde oluşan kimyasal reaksiyonun hızını düşürerek kurşun plakaların

delinmesine engel olmaktadır. Akü voltajı 10 V'u geçtikten sonra (C-D) voltaj değeri 14.4 V' ta ulaşana kadar akü toplam kapasitesinin 1/10 u kadar bir akımla şarj edilmelidir. Şarj süresi 5-6 saat kadar sürecektir. Voltaj değeri 14.4 V'ta ulaştığında akü tümüyle dolmuştur ve bundan sonra iç direncinin küçük oluşu nedeniyle kendi kendine boşalmasını engellemek için çok küçük bir akım ile tamponda tutulması gerekmektedir (E-F). Tamponlama sırasında voltaj 16.5 V'tun üzerine çıkarılmamalıdır.



Şekil 5.14 Şarj akım-voltaj değişim grafiği

Akü şarjının verimliliğini belirlemede kullanılan başlıca parametreler şunlardır: Akü tipleri, kapasiteleri, maksimum şarj akımları, gaz hali voltaj değerleri, sıcaklık, üretici toleransları, akünün dinamik zaman sabiti, akünün yaşı ve gaz haline etki eden diğer parametreler gibi. Bu parametrelerin birbirine bağlı olması da söz konusudur. Aküler, normal koşullar altında anma kapasitelerine göre oldukça düşük akım değerinde ve uzun zamanda doldurulduğundan genelde büyük güçlere gerek duyulmaz. Örneğin 60 Ah(amper saat) kapasiteli 12 V'luk akünün 5-6 amper akımla 10-12 saatte doldurulması akünün ömrü açısından önemlidir.

5.7. Transformatörler

Transformatör güç iletiminin vazgeçilmez unsurudur. İlk kez 1831’de Michael Faraday tarafından kullanılmış ve o zamandan bu yana bir çok değişikliğe uğradığı halde, temel düşüncesinde pek fazla bir farklılık oluşmamıştır. Cihazların gerilim ve akımına uyan değerler, elektrik makinelerinden transformatörlerce sağlanır.

Transformatörler, belirli bir elektrik gücünde, gerilim ve akım değerlerinde değişiklik yapan makinelerdir. Şebeke gerilimlerini, cihazların çalışma gerilimine eşit değere düşürür veya yükseltir. Bu değişimi yaparken, devresi kapalı alternatif manyetik alan gövdesi ile bu alanın etkilediği iki sargı elemanından yararlanmaktadır. Düşük frekanslı transformatörlerde çelik (silisli) sac kullanılmaktadır. Bir transformatörün gücü VA (Volt Amper) ile belirlenir. Güç sisteminde transformatörler gerilim yükseltici veya gerilim düşürücü, aynı zamanda izolasyon cihazı olarak kullanılmaktadırlar. Transformatörlerin yapısından kaynaklanan bir takım kayıplar ise aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Histeresis kayıpları,
- Kaçak akı kayıpları,
- Omik kayıpları,
- Fuko kayıpları.

Şehir şebekesi frekansı ile çalışan transformatörlerin kayıplarının yanı sıra kapladığı alanın çok büyük ve ağır olması, ısınma ve ses kirliliği problemi, gibi dezavantajlarının bulunması kullanıcıları yüksek frekans ile çalışan transformatörlere yöneltmiştir. Bu tip cihazlarda silisli sac yerine Ferrit NiZn veya MnZn kullanılmaktadır. Yüksek frekans ile çalışan transformatör çok daha az yer tutan, çok hızlı, ses kirliliği yaratmayan ve ısı problemi az olan bir türdür. Yüksek frekans ile çalışan transformatörlerin önemi “bilgisayarlı aletlerin küçülmesinin en büyük etkeni yüksek frekans ile çalışan transformatörlerdir” cümlesi ile açıklanabilir.

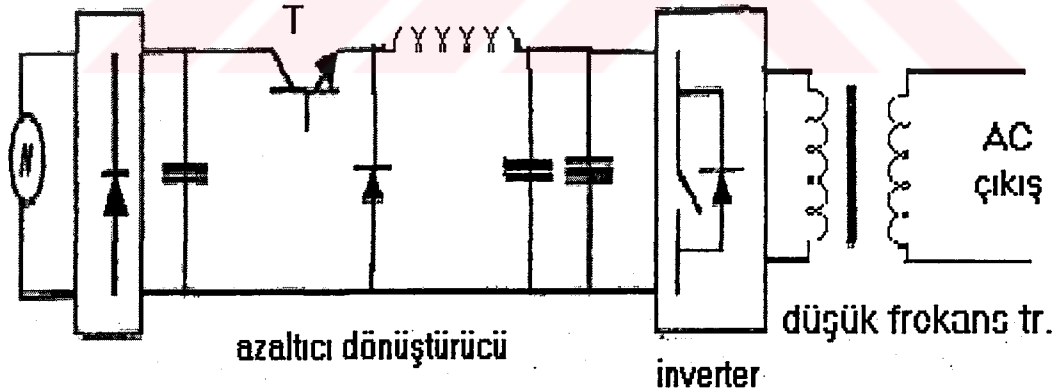
5.8. KGK'ların Tasarımında Kullanılan Devre Şemaları

Bu bölümde değişik metotlarla düşük frekans ve yüksek frekans ile çalışan KGK'ların devre şemaları ile kullanılan değişik tip azaltıcı/yükseltici dönüştürücülerin kullanımının etkileri incelenecektir. Her devrenin avantaj ve dezavantajları belirlenecektir.

5.8.1. Düşük frekanslı transformatör izolasyonu kullanan KGK'lar

KGK'nın çıkışı düşük frekanslı transformatör ile izole edilir. Bu şekilde gerçekleştirilen devre şemaları aşağıda kısaca verilmiştir (Krishan 1993).

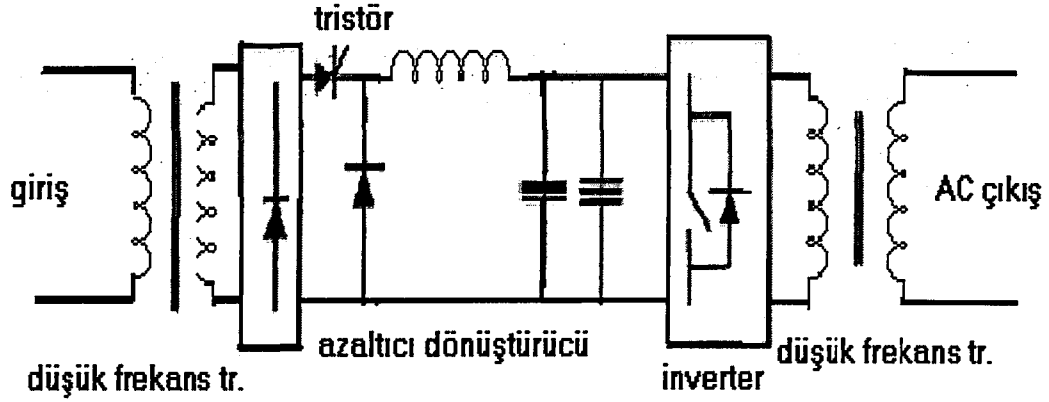
Devre şeması 1: Sistem bir azaltıcı dönüştürücü kullanmaktadır. Dönüştürücünün görevi, doğrultucunun çıkışındaki DC gerilimi akü geriliminin seviyesine kadar indirmektir. Gerilimler arasındaki farkı minimuma indirmek için büyük filtreler gerekir. Şekil 5.15 düşük frekanslı transformatör ve azaltıcı dönüştürücü kullanan KGK'yı göstermektedir.



Şekil 5.15 KGK devre şeması 1

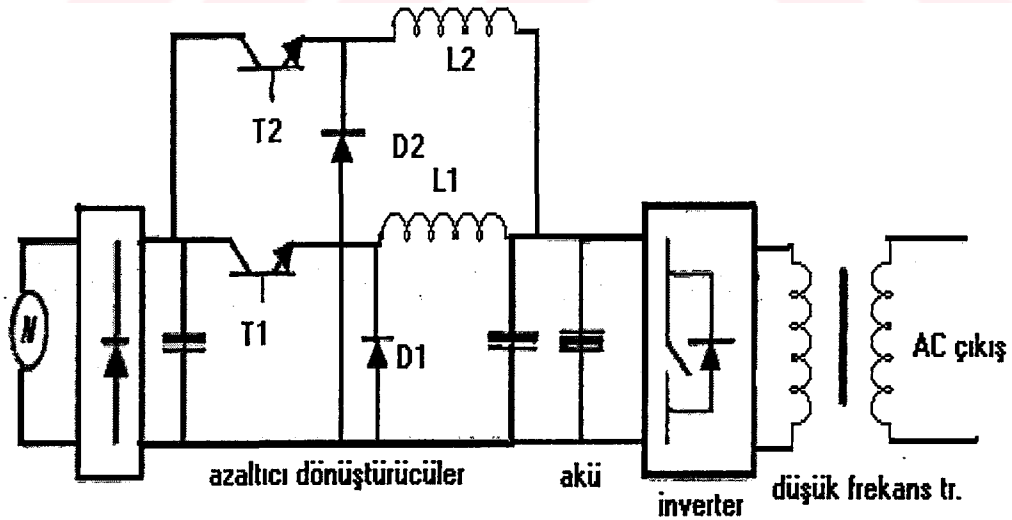
Devre şeması 2: Filtrenin boyutunu küçültmek için tristör ile çalışan dönüştürücü kullanılır. Bu durumda girişte düşürücü transformatör kullanmak gerekir ki, bu da ağırlık, fiyat ve hacmin artmasına, verim ve girişteki güç faktörünün

düşmesine sebep olur. Şekil 5.16 giriş ve çıkışta düşük frekanslı transformatör ve tristör kullanan KGK'yı göstermektedir.



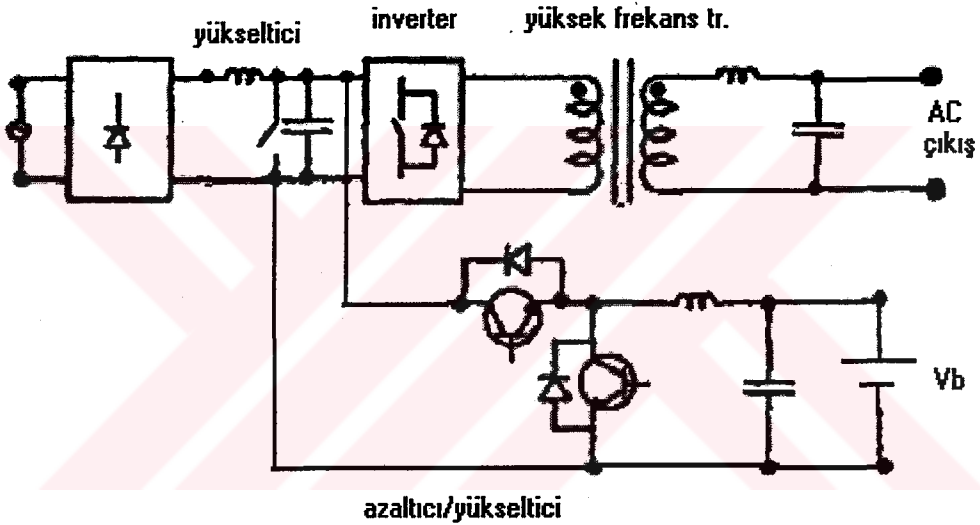
Şekil 5.16 KGK devre şeması 2

Devre şeması 3: Gerilim dalgalanmalarını azaltmak ve kapasitörlerin boyutunu küçültmek için çoklu azaltıcı dönüştürücü kullanılır. Geri dönüş devresi kullanıldığı için girişte güç faktörü düşüktür. Şekil 5.17 çıkışta düşük frekanslı transformatör ve çoklu azaltıcı dönüştürücü kullanan KGK'yı göstermektedir.



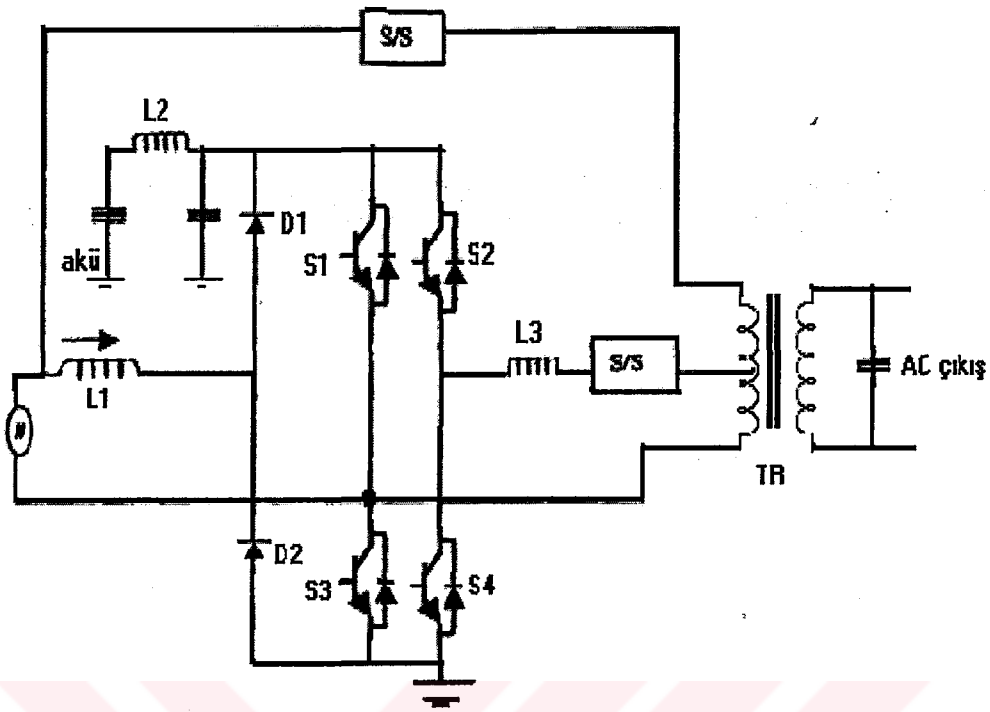
Şekil 5.17 KGK devre şeması 3

Devre şeması 4: Yüksek güç faktörü sağlamak için doğrultucunun çıkış noktasında yükseltici dönüştürücü kullanılır. Yükseltilmiş çıkış gerilimi giriş geriliminin pik değerinden daha büyük olduğu için inverter bu yüksek gerilim ile yüksek verim sağlar ve daha önceki devrelerin eksiklerini tamamlamış olur. Aküler azaltıcı dönüştürücü aracılığı ile şarj edilir. AC girişi kesildiği zaman yükseltici dönüştürücü aracılığı ile DC bağlantısı beslenir. Azaltıcı dönüştürücü için küçük bir güç faktör düşüşü meydana gelir. Halbuki yükseltici dönüştürücünün toleransı 1 p.u.'dur ve izolasyon sadece çıkışta yapılır. Şekil 5.18 azaltıcı / yükseltici dönüştürücü ve yüksek frekanslı transformator kullanan KGK'yı göstermektedir.



Şekil 5.18 KGK devre şeması 4

Devre şeması 5: Güç aktarma kademesi teke düşürülerek ve aktif anahtarların sayısı azaltılarak yeni bir KGK topolojisi ortaya çıkarılmıştır. Bu sistemde devre, bir yarı kontrollü dönüştürücü olarak çalışırken inverter tek fazlı tam köprü seçilir. Doğrusal olmayan yükler için bir akım ayarlayıcı, yükü doğrudan beslemek için kullanılır ve bu şekilde çıkış gerilimi ayarlanır. Transformator ve inverter acil durumlarda yükü beslemek için destek verir. Yan geçiş durumunda, yan geçiş anahtarları inverteri devre dışı bırakarak yükü direk şebekeye bağlar. Şekil 5.19 yarı kontrollü inverter dönüştürücü ve düşük frekanslı transformator kullanan KGK'yı göstermektedir.

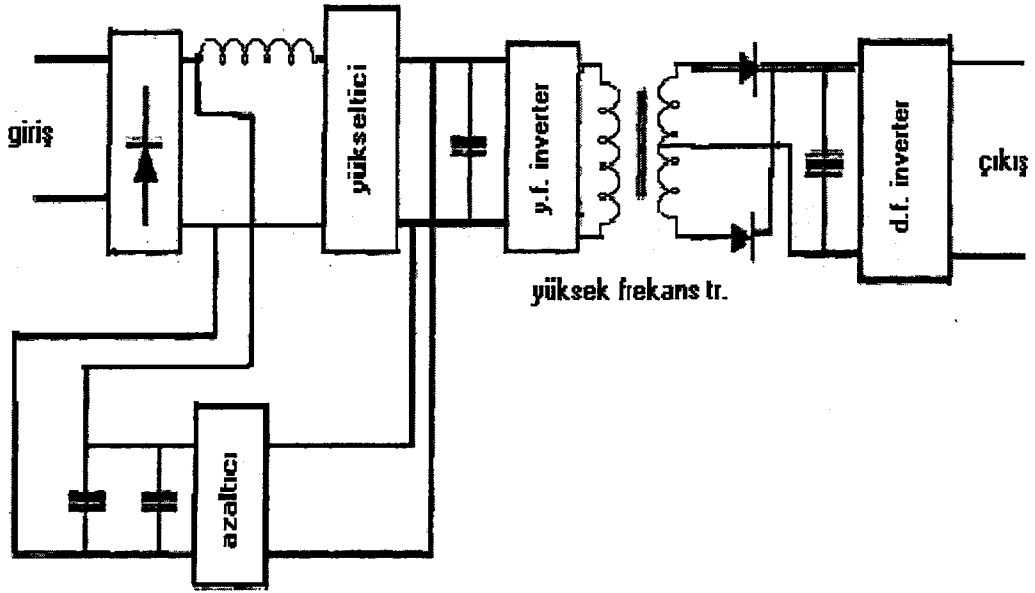


Şekil 5.19 KGK devre şeması 5

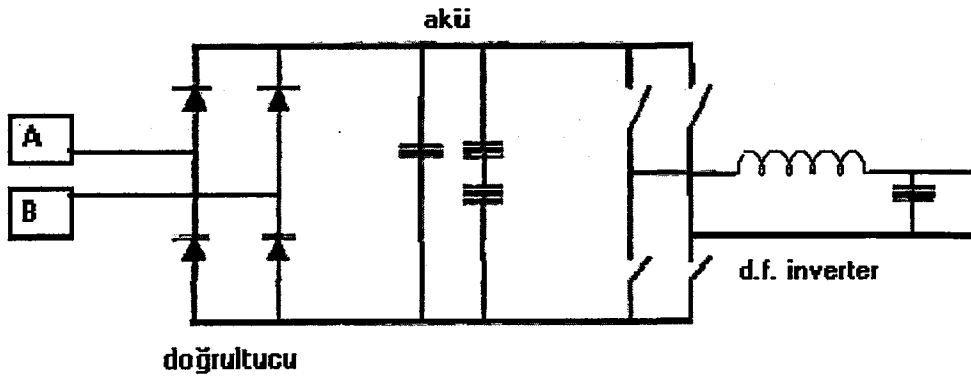
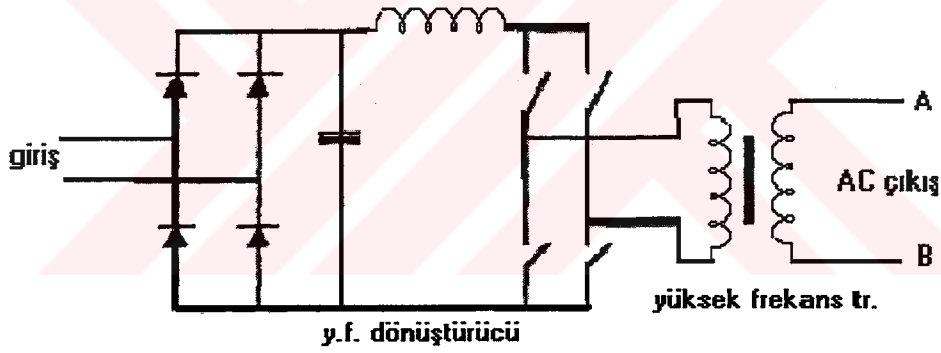
5.8.2. Yüksek frekanslı transformatör izolasyonu kullanan KGK'lar

Bu teknolojiye yüksek frekanslı transformatör kullanılır ve bu şekilde KGK'ların ağırlığında ve hacminde büyük ölçüde tasarruf sağlanmış olur. Bunun yanında yüksek frekanslı PWM kullanılarak filtrelerin boyutu minimize edilir.

Devre şeması 6: Kullanılan akü düşük gerilim tipindedir, bu nedenle akü ve çıkıştaki yükseltilmiş gerilim farkını azaltmak amacı ile arada bir azaltıcı dönüştürücü kullanılır. Fakat bu devrede sistemin verimi düşük olurken normal çalışma verimi yüksek olur. Bu sistemde yüksek frekanslı transformatör kullanılması KGK'nın hacmini azaltır. Şekil 5.20 azaltıcı/yükseltici dönüştürücü ve yüksek frekans transformatör kullanan KGK'yı göstermektedir.



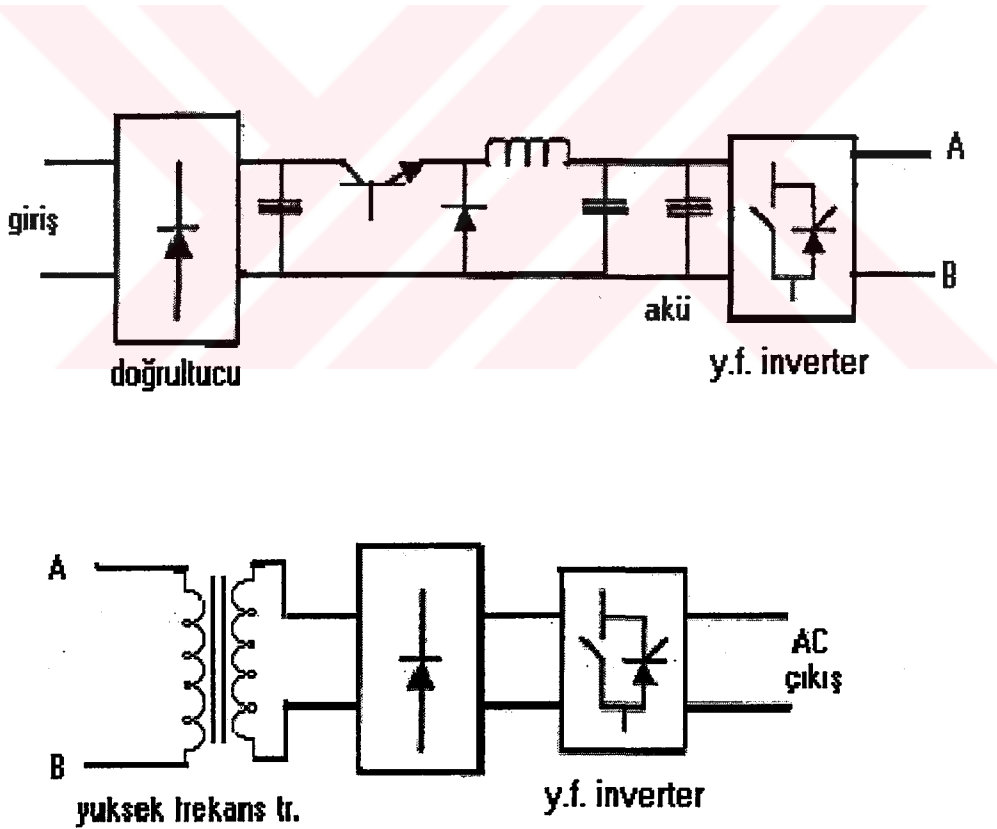
Şekil 5.20 KGK devre şeması 6



Şekil 5.21 Metot 7

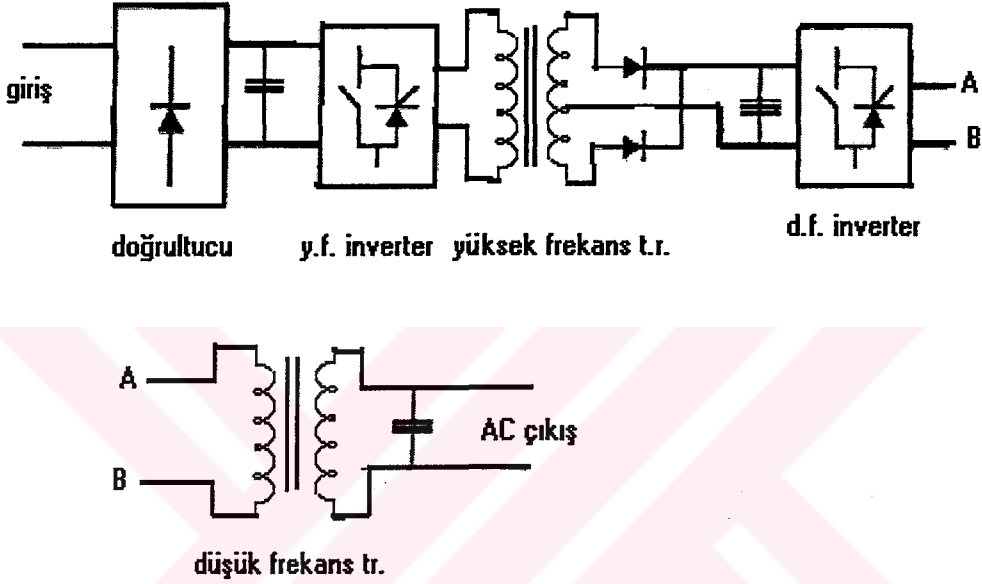
Devre şeması 7: Bu metot da KGK, anahtarlama mod dönüştürücü, tam köprü transistör ve transformatörden oluşur. İnverter yüksek gerilim tam köprü tiptendir ve çıkış için LC (Filtre) kullanır. Sistemin giriş güç faktörü ve verimi yüksektir, işgal ettiği hacim küçüktür, geçici tepki iyidir. Şekil 5.21 anahtarlama mod dönüştürücü, tam köprü transistör ve yüksek frekans transformatör kullanan KGK'yı göstermektedir .

Devre şeması 8: Çıkış gerilimi ve akü gerilimini eşitlemek amacı ile girişte azaltan dönüştürücü kullanılır. Sonra yüksek frekans inverter ve transformatör aracılığı ile akünün gerilimi yükseltilir. Çıkış inverteri, yüksek giriş gerilimi ve yüksek verim ile çalışır. Bu sistemin tek dezavantajı güç prosesinde beş kademe kullanmasıdır Şekil 5.22 Azaltan dönüştürücü, yüksek frekans inverter ve yüksek frekans transformatör kullanan KGK'yı göstermektedir.



Şekil 5.22 KGK devre şeması 8

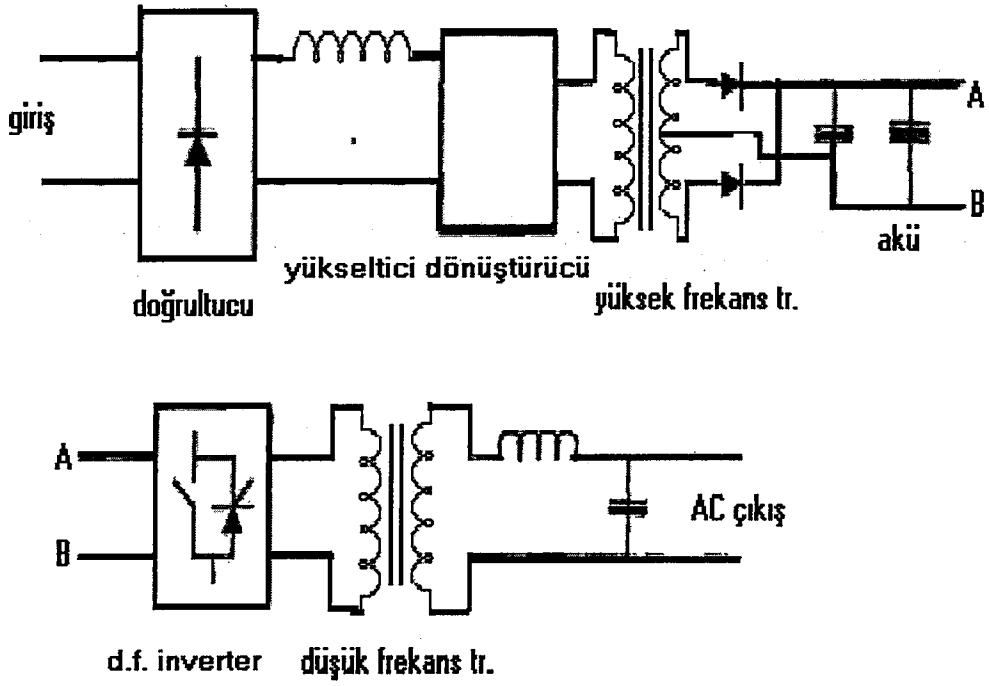
Devre şeması 9: Bu metotta azaltıcı/yükseltici dönüştürücü ortadan kaldırılır. Yüksek frekans ile çalışan inverter ve transformator kombine olur. Bu şekilde akünün giriş ve çıkışı ile hat frekansında izolasyon sağlanır. Sistemin dezavantajı verimin düşük olmasıdır. Sebebi ise; çıkıştaki inverterin giriş geriliminin düşük olmasıdır. Şekil 5.23 yüksek frekanslı inverter ve yüksek frekans transformator kullanan devreyi göstermektedir



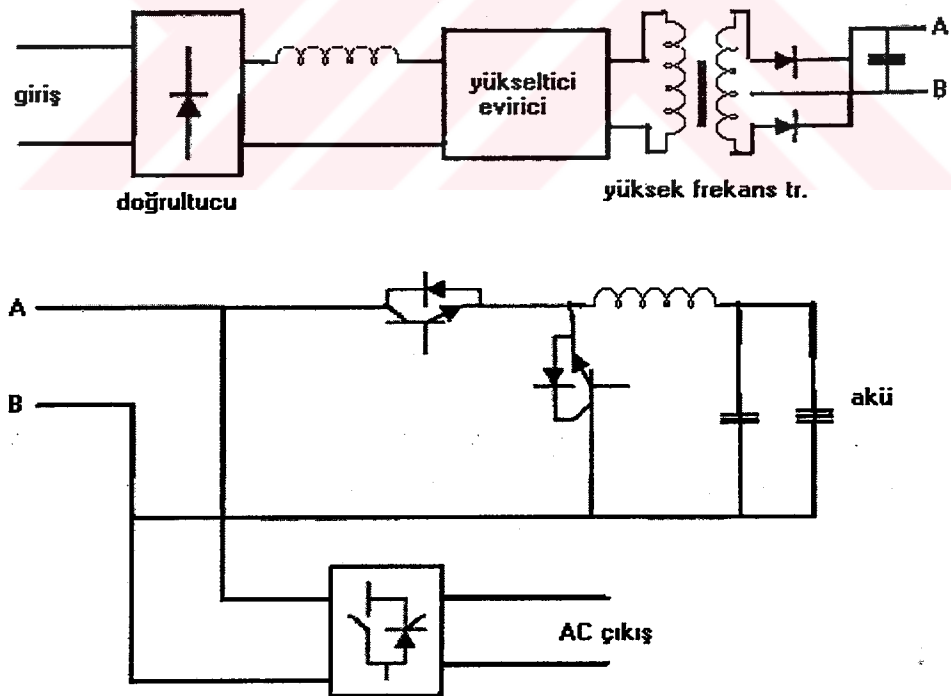
Şekil 5.23 KGK devre şeması 9

Devre şeması 10: Bu metotta yüksek frekans izoleli azaltıcı/yükseltici dönüştürücü kullanılır. Yükseltme kademesi birim güç faktörü ile sinüzoidal giriş akımı sağlar. Azaltma kademesi ise sistem gerilimini, akü gerilimi ile adapte eder. Bu sistemin dezavantajı, çıkışdaki inverterin düşük akü gerilimi ile çalışmasıdır. Şekil 5.24 Yüksek frekanslı azaltıcı/yükseltici dönüştürücü kullanan KGK'yı göstermektedir.

Devre şeması 11: Bu şekilde sinüzoidal giriş akımı, çıkış inverterinden yüksek gerilim ve bire yakın güç faktörü elde edilir. Akünün şarjı ve deşarjı için azaltıcı/yükseltici dönüştürücü kullanılır Şekil 5.25'de bu devre gösterilmektedir.



Şekil 5.24 KGC devre şeması 10



Şekil 5.25 KGC devre şeması 11

6. DARBE GENİŞLİK MODÜLASYONU

İnverterlerin kontrol stratejisi genellikle analog tabanlı veya dijital tabanlı olarak sınıflandırılır. Gerçekleştirilen KKG'da dijital tabanlı kontrol stratejisi kullanılmıştır.

Son 20 yıl içinde bilhassa mikrodenetleyici, mikroişlemci ve güç elektroniği devre elemanlarındaki gelişmeler, çoğu kontrol algoritmalarının ve güç elektroniği sistem tasarımlarının yazılım temelli olarak gerçekleşmesine yol açmıştır. Yazılım temelli tasarımların avantajlarından birisi sistemin kolaylıkla değiştirilmesine olanak sağlaması ve herhangi bir uygulama için kontrol strateji parametrelerinin kolaylıkla ayarlanabilir oluşudur.

İnverter katı çıkış gerilim şeklinin sinüs olması istenmektedir. Bu sinüs içerisindeki harmonik bileşenlerin mümkün olduğu kadar küçük olması, gerçekleştirilen KKG'da elde edilmek istenen en önemli özelliklerden biridir. Harmonik yüzdesinin durumunu belirten bir büyüklük olarak Toplam Harmonik Distorsiyonu şeklinde bir büyüklük tanımlanmıştır. THD'nin %5'den büyük olmaması istenir.

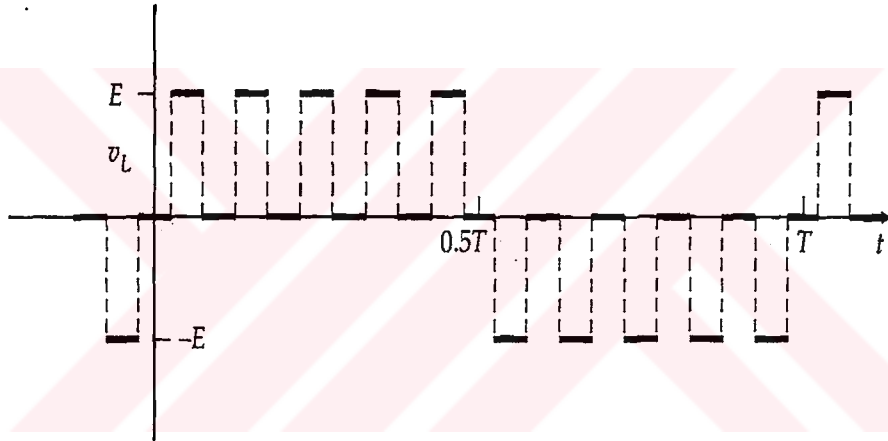
Çıkış dalga şekli kare dalga olan inverterler oldukça yüksek oranda harmonikler içerirler. Birçok uygulamada bu harmoniklerin belirli bir düzeyin altında tutulması gerekir. Bunu sağlayabilmek için ise harmoniklerin süzülmesi veya düşük harmonik içerecek bir dalga şekli oluşturulması yollarından birisini seçmek gerekir. Bu uygulamada düşük harmonik içerecek bir dalga şekli oluşturulması yolu seçilmiştir. Harmoniklerin süzülmesi ancak sabit frekans çıkışlı inverterlerde başvurabilecek bir yoldur. Gerçekleştirilen push-pull inverter devresi 50 Hz sabit frekans çıkışına sahiptir. 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 inverterde sinüzoidal PWM kullanılarak çözülmüştür. İnverter içindeki MOSFET'ler bir çevrimde bir çok defa iletme sokularak çıkış gerilimi kontrol edilmiştir.

İnverterlerin en basit kontrol stratejisi, çıkış gerilimini denetleyen, gerilim ayarlama stratejisidir. Bu stratejide en fazla kullanılan metot sinüzoidal Pulse - Width

Modulation (SPWM) metodudur. Daha verimli bir sistem elde etmek için dijital teknikler kullanılır.

Analog devreler kullanmadan, mikrodenetleyici kontrolünün seçilmesiyle fiziksel devrede önemli bir küçültme sağlanmıştır. Ayrıca çıkış değerleri ideal hale getirilmiştir. Kontrol işleminin kolay olması diğer avantajdır.

PWM'in amacı, çıkış geriliminin genliğini kontrol etmek ve en azından bazı durumlarda, çıkıştaki bir veya daha fazla harmonik bileşenlerinin büyüklüğünü azaltmaktır. Metotlardan biri, her yarım dalgada belli sayıda ve aynı genişliğe sahip darbeler kullanmaktır. Her yarım dalgada 5 darbeli bir örnek şekil 6.1' de gösterilmiştir. Darbe genişliği, istenilen temel dalga çıkış gerilimi alınıncaya kadar ayarlanabilir.



Şekil 6.1 PWM sinyal değişimi

PWM'deki metot, her yarım dalgadaki darbeleri, yarım dalganın merkezine simetrik olacak şekilde düzenlemektir. Bu düzenlemenin sonucunda fonksiyon tek sayılı fonksiyon olup Fourier serilerinde çift sayılı harmonikler bulunmaz ve bütün kosinüs terimleri (A katsayıları) sıfırdır.

Gerekli olan darbe genişliğinden ayrı olarak, darbeler $180^\circ/5$ (veya 36°)'lik aralıklarda yerleştirilmiştir. Şekilden de açıkça görüldüğü gibi, dalga biçimi tek sayılı fonksiyondur ve yarım periyotluk simetriye sahiptir. Böylece, Fourier serileri sadece tek sayılı fonksiyonun sinüs terimlerini içerir. Her darbe, gerçek darbenin alanına eşit değerli bir impuls fonksiyonu ile temsil edilir. İmpuls, gerçek darbenin merkezine

yerleştirilmiştir. Bu bir yaklaşımdır, fakat darbe genişliği üzerinde düz bir çizgi ile temsil edilen bir sinüs dalgası ile yaklaşım tam olmaktadır.

Aşağıdaki eşitliklerde, her yarım dalgada herbiri t_p genişliğinde k darbe vardır. Her darbe, t_i kesintili zamanında yerleştirilmiştir.

$$t_i = \left(\frac{T}{2k}\right)(i + 0,5) \quad i = 0,1,2,\dots,(k-1) \quad (6.1)$$

$$t_p = \frac{mT}{2k} \quad (6.2)$$

(6.2) eşitliğinde, m mümkün olabilen maksimum darbe genişliği çarpanıdır. Bu durumların Fourier katsayılarının hesabında yerine konulması ile (6.3) ve (6.4) eşitlikleri elde edilir. Bu işlemde, sonlu genişlikteki her darbe, uygun değerli bir impuls fonksiyonu $\delta(t_i)$ ile gösterilmiştir.

$$B_n = \left(\frac{2}{T}\right)(2) \sum_{i=0}^{(k-1)} \int_0^{t_p/2} t_p E[\delta(t_i)] [\sin n\omega_0 t] dt \quad (6.3)$$

$$B_n = \left(\frac{4}{T}\right) t_p E \left[\sum_{i=0}^{(k-1)} \sin n\omega_0 t_i \right] \quad (6.4)$$

$k = 5$ durumunda,

$$B_n = 0,4mE \left(\sin \frac{n\pi}{10} + \sin \frac{3n\pi}{10} + \sin \frac{5n\pi}{10} + \sin \frac{7n\pi}{10} + \sin \frac{9n\pi}{10} \right) \quad (6.5)$$

Tablo 6.1. $m = 0,2$ için n 'nin değişik değerleri için B katsayı değerleri

Katsayı	Değer
B_1	0,2589 E
B_3	0,0989 E
B_5	0,0800 E
B_7	0,0989 E
B_9	0,2589 E
B_{11}	-0,2589 E

Önceki eşitliklerle, m 'nin değiştirilmesiyle temel genlik değerinin azaltılabileceği görülmektedir. Fakat temel dalgaya göre, harmonik içeriği bağıl olarak büyüktür. Ayrıca, harmoniğin temel dalgaya oranı, darbe genişliği değiştiği halde, bağıl olarak değişmeden kalır. Bu teknik sadece gerilimin genliğini değiştirmek için kullanışlıdır ve çok geniş alanda kullanılmaz.

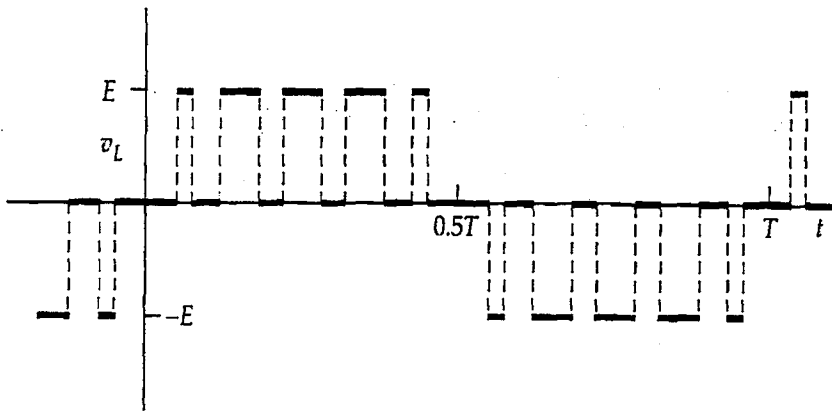
Şayet bundan önceki PWM metodu dalga süresince, ayarlanabilir darbe genişliği yapılabilecek şekilde düzenlenirse, bu durumda geliştirilmiş gerilimli dalga biçimi elde edilir. Her yarım dalgadaki darbe sayısı öncekinde olduğu gibi bir tam sayı olarak kalır fakat her darbenin genişliği yarım dalga içindeki pozisyonuna göre değişir veya modüle edilir. Darbe genişliğinin değişimi, şekil 6.2 de görüldüğü gibi, açılma pozisyonunun sinüsü ile orantılıdır. Her darbenin gerçek genişliği, istenilen çıkış geriliminin genliği ile de orantılıdır.

Fourier serilerinin katsayıları için yaklaşık bir analiz aşağıdaki gibi yapılabilir (farklı darbe genişlikleri t_{pi} sembolü ile verilmiştir):

$$t_{pi} = m(\sin \omega_0 t_i) \frac{T}{2k} \quad (6.6)$$

formülde k her yarım dalgadaki darbe sayısı ve

$$t_i = \left(\frac{T}{2k} \right) (i + 0,5) \quad i = 0,1,2,\dots, (k-1) \quad (6.7)$$



Şekil 6.2 Darbe genişliğinin değişimi

Fourier serilerinin katsayıları, (6.8) eşitliğinden bulunur:

$$B_n = \left(\frac{4}{T} \right) \int_0^{T/2} E t_{pi} [\delta(t_i)] (\sin n \omega_0 t) dt \quad (6.8)$$

(6.6) eşitliği yerine konularak, (6.9) eşitliği elde edilir:

$$B_n = \left(\frac{2mE}{k} \right) \left[\sum_{i=0}^{(k-1)} (\sin \omega_0 t_i) (\sin n \omega_0 t_i) \right] \quad (6.9)$$

$k = 5$ durumunda,

$$B_n = (0,4mE) \left[\begin{aligned} & \left(\sin \frac{\pi}{10} \right) \left(\sin \frac{n\pi}{10} \right) + \left(\sin \frac{3\pi}{10} \right) \left(\sin \frac{3n\pi}{10} \right) + \\ & \left(\sin \frac{5\pi}{10} \right) \left(\sin \frac{5n\pi}{10} \right) + \left(\sin \frac{7\pi}{10} \right) \left(\sin \frac{7n\pi}{10} \right) + \\ & \left(\sin \frac{9\pi}{10} \right) \left(\sin \frac{9n\pi}{10} \right) \end{aligned} \right] \quad (6.10)$$

Bu eşitliğin çözümünün sonuçları Tablo 6.2 de görülmektedir.

Tablo 6.2 (6.10) eşitliği çözümü sonuçları

Katsayı	Değer
B_1	$m E$
B_3	0
B_5	0
B_7	0
B_9	$m E$
B_{11}	$-m E$
B_{13}	0
B_{15}	0
B_{17}	0
B_{19}	$-m E$
B_{21}	$-m E$

İdeal sonuç, düşük dereceli harmoniklerin tamamen süzülmesi ve bağlı darbe genişliği ile doğrudan orantılı bir temel bileşenin kalmasıdır. Şayet ek harmonikler göz önüne alınırsa, (6.11) eşitliğinde verildiği gibi harmonik derecelerine ait sıfır olmayan değerler oluşur. Bu yüksek dereceli harmonikler temel dalga ile aynı bağlı büyüklüğe sahiptirler fakat yüksek dereceli harmonikler olmalarından dolayı filtreleme elemanları ile bastırılabilmesi daha kolaydır. (6.11) eşitliğinde, r bir pozitif tam sayıdır.

$$n = 2kr \pm 1 \quad (6.11)$$

Gerçek bir uygulamada, darbeler impuls fonksiyonlarıyla doğru bir şekilde temsil edilemezler çünkü darbenin sonlu genişliği vardır. Daha sonra görülecek pratik uygulamalarda, darbenin merkezindeki pozisyonu ile ideal pozisyonu arasında küçük bir kayma oluşmaktadır. Bu durumda bundan önceki analiz yaklaşık olarak doğru olmaktadır.

$k = 5$ ve $m = 0,2$ değerleri için yapılan gerçek bir Fourier analizinin sonuçları, Tablo (6.3) ve (6.4) de görülmektedir. Bu sonuçlar ile impuls fonksiyonu temsili kullanılarak hesaplanan Tablo (6.2)'deki sonuçlar arasında çok küçük farklılık vardır.

Tablo (6.4) de sonuçlar, $m = 0,2$ değerini kullanan tablo (6.2) deki sonuçlardan sadece çok küçük bir farklılık göstermektedir. Sonlu yükselme zamanı ile gerçekçi dalga biçimi kullanılarak olabilecek farklılık, Tablo (6.2) deki sonuçlar ve Tablo (6.4) de gösterilen sapma arasındaki farklılık ile aynı derecededir.

Tablo 6.3 $k = 5$ ve $m = 0,2$ değerleri için yapılan gerçek bir Fourier analizinin sonuçları

Darbenin		
Sırası	Merkezi	Genişliği
1	18°	2,22°
2	54°	5,82°
3	90°	7,20°
4	126°	5,82°
5	162°	2,22°

Tablo 6.4 $k = 5$ ve $m = 0,2$ değerleri için yapılan gerçek bir Fourier analizinin sonuçları

<i>Katsayı</i>	<i>Değer</i>
B_1	0,1999 <i>E</i>
B_3	0,0003 <i>E</i>
B_5	0,0000 <i>E</i>
B_7	0,0016 <i>E</i>
B_9	0,1921 <i>E</i>
B_{11}	-0,1883 <i>E</i>
B_{13}	-0,0053 <i>E</i>
B_{15}	-0,0002 <i>E</i>

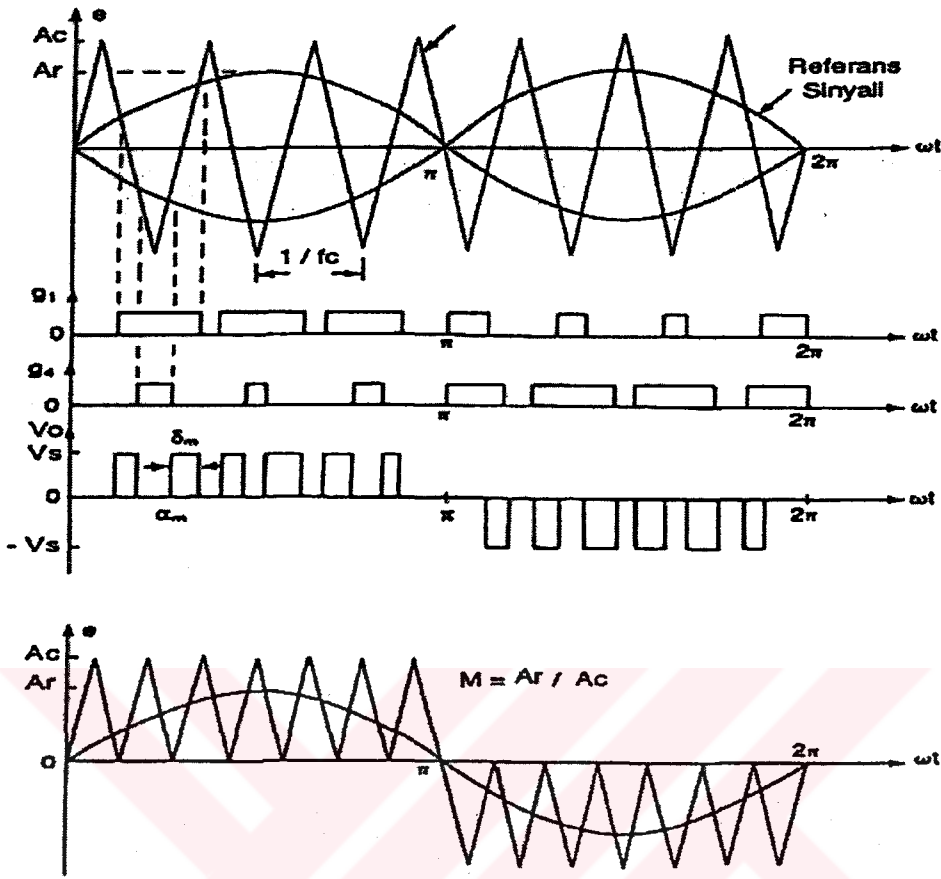
9. ve 11. harmoniklerin değerlerinin, temel dalganın genliğine kıyasla oldukça büyük oldukları açıkça görülmektedir. Bunlar filtre edilebilirse, yarım dalgadaki 5 darbe yeterli olmaktadır. Bu filtrenin mümkün olmadığı durumlarda, yarım dalgadaki darbelerin sayısının artırılması gerekmektedir. Böylece anahtarlama sonucu oluşan yüksek dereceli harmonikler filtre ile rahatlıkla giderilebilir.

6.1. Sinüsoidal Darbe Genişlik Modülasyonu

Bu methoda sinüsoidal referans sinyali ile üçgen dalga taşıyıcı sinyalinin karşılaştırılmasıyla kontrol sinyali elde edilir. Bu tip modülasyon endüstriyel uygulamalarda çoğunlukla Sinüzoidal Darbe Genişlik Modülasyonu (SPWM) olarak ifade edilir ve şekil 6.3'deki gibi gösterilen bir darbenin genişliği sinüs sinyalinin genliği ile orantılıdır. Distorsiyon faktörü ve düşük harmonik bileşenleri belirgin bir şekilde azaltılmıştır. Referans sinyalinin frekansı (f_r), inverterin çıkış frekansını (f_0) belirler ve tepe genliği A_r , modülasyon indeksi M , çıkış geriliminin etkin değeri V_0 'dur.

Her yarım peryot başına darbe sayısı taşıyıcı sinyale bağlıdır. Çıkış geriliminin etkin değeri modülasyon indeksi değiştirilerek ayarlanabilir.

Harmonikler inverter çıkış dalga şeklinin yan bandlarında görünürler. Merkez ve etrafındakiler anahtarlama frekansı ve onun bileşenleri, $n f_f$, $2m_f$, $3m_f$ yan band harmonikleridir.



Şekil 6.3 Sinüsoidal darbe genişlik modülasyonu

6.2. Mikrodenetleyici Kullanılarak Sinusoidal PWM Sinyalinin Elde Edilmesi

Sıklıkla kullanılan modülasyon sinyallerinden biri de sinüsoidal PWM sinyalidir. Programlanmış sinüsoidal PWM birçok simülasyon programında ve sistemlerde kullanılır (Gürdal 1997).

Önceleri sinüsoidal sinyal jeneratörleri analog olarak tasarlanırken günümüzde mikrodenetleyici teknolojisinin gelişmesi tasarıma yeni bir alternatif getirmiştir. Bu yeni teknik sayesinde elde edilen sinüsoidal sinyalin örnekleme değerleri daha sağlıklı ve kararlılığı geniş bir frekans aralığındadır. Mikrodenetleyici kullanılarak sinüsoidal sinyal elde etmek için birkaç metot vardır.

6.2.1. Direkt Look-up tablosu metodu

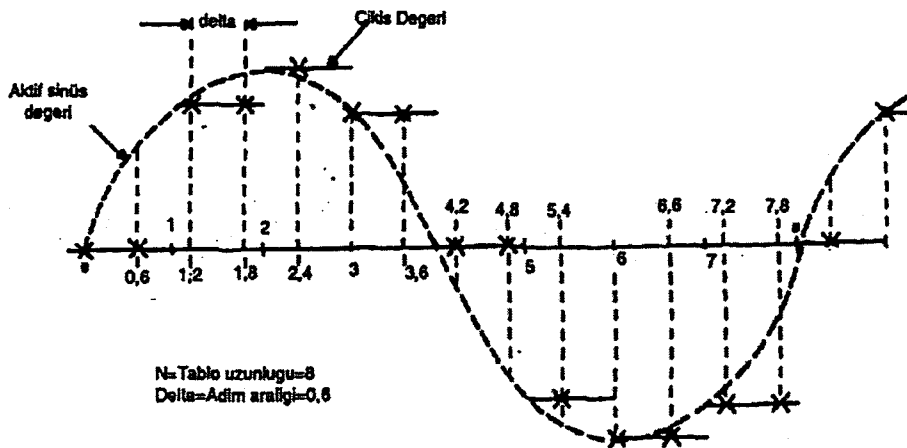
Look-up tablosu metodu basit bir algoritmaya sahiptir. Sinüsoidal sinyalin örneklenmiş değerlerinin hafızada tutularak okunmasını esas alır. Hafıza depolanan sinüs sinyalinin değerleri

$$S(i) = \sin(i \cdot 211^\circ / N), \quad i = 0, 1, \dots, N-1 \quad (6.12)$$

Sinüs sinyalinin değerleri 211° açısına ulaşınca kadar sabit aralıklarla hesaplanır. Açılı parametresi olan i ve adım aralığı olan delta parametreleri kullanılarak aşağıdaki ifade elde edilir:

$$S(i) - S(\text{mod}\{i \cdot \text{delta}, N\}), \quad i = 0, 1, \dots, N-1 \quad (6.13)$$

$\text{Mod}\{a, b\}$, a 'nın b 'ye bölümünden kalandır. Bu değer tamsayı olarak hesaplanır. Mod operatörü, açı 211 değerini aşınca tablonun sonundan tekrar başa dönmeyi sağlar. Şekil 6.4'de $N=8$ ve $\text{delta}=0.6$ değerlerine göre look-up tablosunun algoritması gösterilmiştir.



Şekil 6.4 Direkt Look-up tablosu metodu

Örneklenmiş bu sinyal şekli sinusoidal sinyale bir yaklaşımdır ve bu sinyalde distorsiyon görülür. N'nin değeri ne kadar büyükse sinyalin şekli sinüse o kadar yakın olur. Üretilen sinyalin frekansı örnekleme aralığı $t[sn]$, adım aralığı delta ve tablo uzunluğu olan N değerlerine bağlıdır.

$$f[Hz] = \text{delta}/(t.N) \quad (6.14)$$

6.2.2. Doğrusal İnterpolasyon metodu

Direkt look-up tablo metodu gerçek sinusoidal sinyale bir yaklaşımdır ve distorsiyon içerir. Distorsiyonu azaltmak için sinüs sinyalinin değerleri ile tablo değerleri doğru hesaplanmalı ve interpolasyon tablosu kullanılmalıdır. Bu metod doğrusal interpolasyon metodudur.

Sinüs sinyali üretmek için bu metotlarda örneklenmiş iki tablo değerini kullanır. Bu iki değer arasındaki doğrusal hattın değerleri ara değerlerdir. Bu algoritma şekil 6.5'de gösterilmiştir ve aşağıdaki gibi bir yaklaşımla ifade edilir:

$$S(i+d) = \sin(2\pi \cdot ((i+d)/N)) = \sin(2\pi \cdot i/N) + d \cdot (\sin(2\pi \cdot (i+1)/N) - \sin(2\pi \cdot i/N)) \quad (6.15)$$

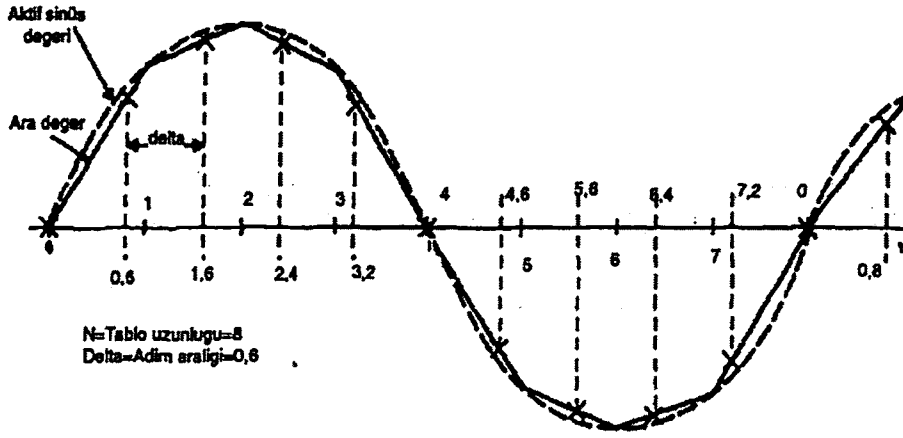
N : sinüs tablosunun uzunluğu

i : integer $0 < i < N - 1$

d: desimal $0 < d < 1$

Sinüs sinyali direkt look-up tablo metodunda olduğu gibi 2π açı değerine kadar sabit aralıklarla üretilir. Tablo indeksi i, açı parametresi ve adım aralığı olarak kullanılmıştır. $\{S(i+1) - S(i)\}$ örneklenmiş iki tablo değeri arasındaki eğimi ifade eder. İlk denklemden elde edilen sinüs değerleri ve denklem 6.15'de elde edilen eğim değerleri ayrı tablolar halinde hafızada tutulmalıdır.

Matic (1998) ve Feder (1993)' e göre bir önceki metot dikkate alındığı zaman interpolasyon tablo metodu sinüs sinyaline daha iyi bir yaklaşımdır ve tablo uzunluğu ne kadar fazla olursa distorsiyon o kadar az olur (Gürdal 1997).



Şekil 6.5. Doğrusal interpolasyon metodu

6.2.3. Tekrarlama metodu

Tekrarlama metodununun başlangıç noktası, farklı eşitlik çiftleridir:

$$y(nT + T) = A \cdot y(nT) + B \cdot x(nT) \quad x(nT + T) = C \cdot y(nT) + D \cdot x(nT) \quad (6.16)$$

Başlangıç değerleri olan $X(0)$ ve $Y(0)$ 'dan $x(nT)$ 'nin $X(z)$ z transformu ve $y(nT)$ 'nin $Y(z)$ z transformu elde edilebilir. Sonuç ise:

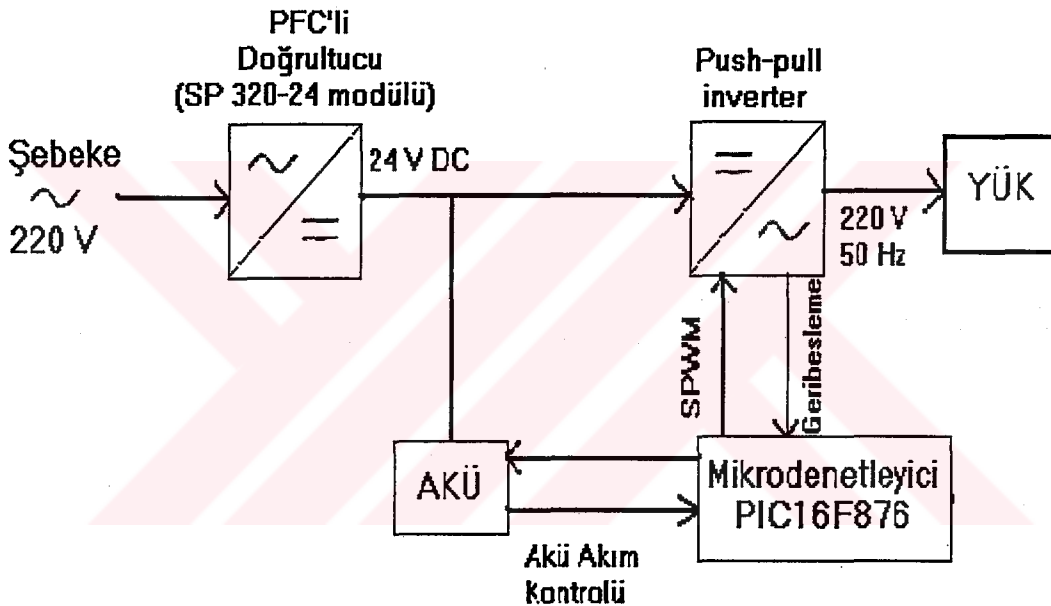
$$Y(z) = (z^2 \cdot y(0) - D \cdot z \cdot y(0) + B \cdot z \cdot x(0)) / W$$

$$X(z) = (z^2 \cdot x(0) - A \cdot z \cdot x(0) + C \cdot z \cdot y(0)) / W$$

$$W = (z^2 - z \cdot (A + D) + A \cdot D - B \cdot C) \quad (6.17)$$

7.SİSTEMİN TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Bu çalışmada amaç; şebeke tarafındaki elektrik güç kalitesi problemlerini elimine ederek, hassas elektronik cihazları normal ve bozulmamış şebeke gerilimi ile besleyebilecek bir kesintisiz güç kaynağı sistemi gerçekleştirmektir. Ayrıca şebeke tarafında, giriş güç faktörünün düzeltilmesi ve harmoniklerin de azaltılması amaçlanmıştır. Gerçekleştirilen on-line KGK'nın blok şeması şekil 7.1'de gösterilmiştir.

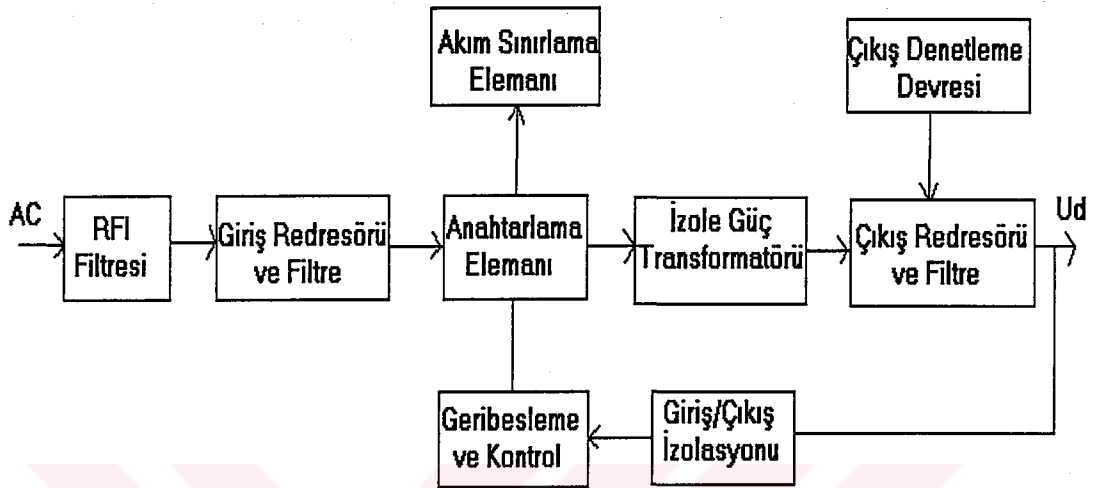


Şekil 7.1 Gerçekleştirilen KGK'nın blok şeması

7.1. SP-320-24 SMPS Modülünün İşlevsel Özellikleri

Gerçekleştirilen KGK'da AC giriş gerilimini DC'ye dönüştürmek ve akünün şarjını kontrol etmek amacıyla SP-320-24 SMPS modülü kullanılmış ve güç faktörü 0.95 değerinde tutularak PFC kontrolü sağlanmıştır. SP-320-24 320W, tek çıkışlı PFC fonksiyonuna sahip bir modüldür. Kısa devre, aşırı yük ve aşırı gerilim korumaları vardır. 100 kHz anahtarlama frekansı ile çalışmaktadır. Soğutma için DC

fan kullanılmıştır. SP-320-24 SMPS modülünün blok şeması şekil 7.2’de verilmiştir. Modül, izoleli DC-DC dönüştürücü içermekte olup, özellikle giriş güç faktörünü düzeltmek üzere üretilmiş bir SMPS cihazıdır.



şekil 7.2 SP 320-24 SMPS blok şeması

Aşağıda SP 320-24 SMPS modülüne ait teknik bilgiler verilmiştir.

AC giriş gerilim aralığı	88~264 VAC
Aşırı yük koruması	%105~135
Aşırı gerilim koruması	%115~145
Çalışma sıcaklığı	-20C ⁰ ~65 C ⁰
Çıkış gerilimi	24 V (± %1)
Çıkış akımı	0~13 A (± %1)

7.2. Push-pull İnverter

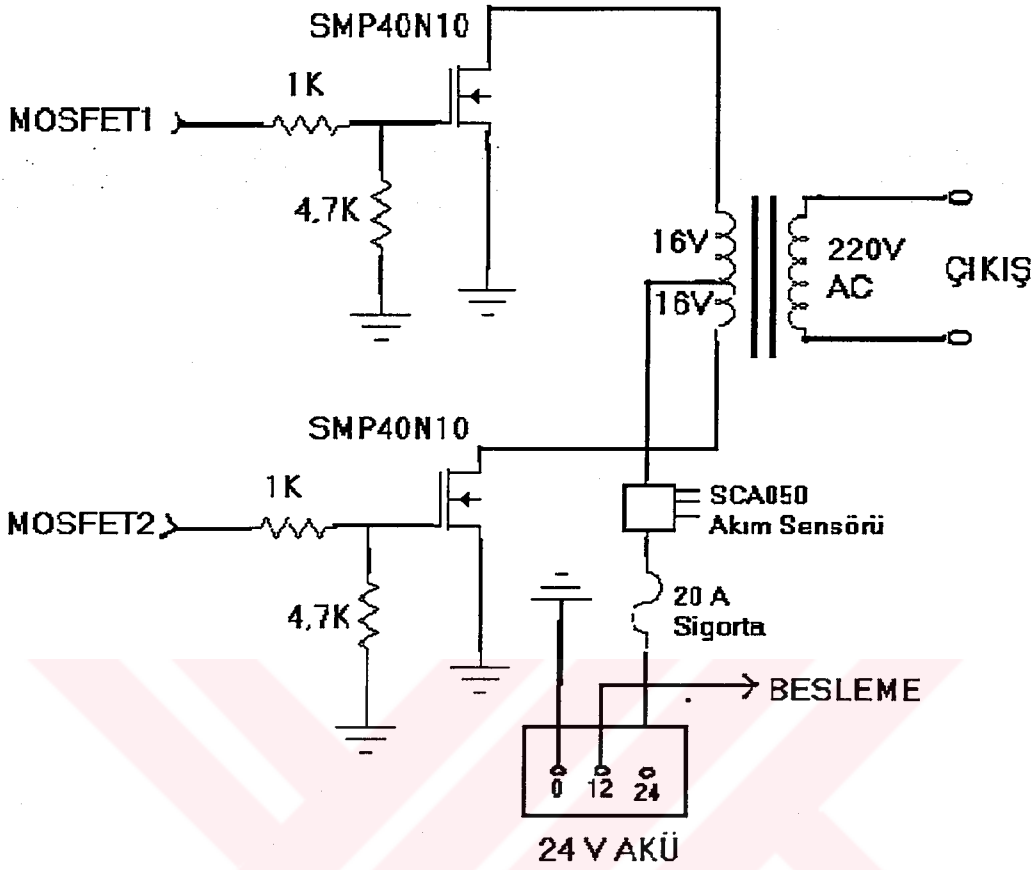
Bütün KGK sistemlerinde, asıl hedef, her türlü yük ve geçici durum için ideal bir çıkış gerilimi üretmektir. KGK sistemlerinde genellikle 50 - 400 Hz sinüzoidal çıkışa gerek duyulur. Bu görevi, bir inverter yerine getirebilir. Böyle bir sistemin performansını belirleyen bazı faktörler ise şunlardır:

- Toplam harmonik bozulma (THD),
- Geçici cevap
- Verim,
- Gerilim ayarlaması,
- Çıkış empedansı,
- Doğrusal olmayan yük,
- Güç dönüşüm modellemesi,
- Kontrol veya modülasyon stratejisi.

Modern inverterler PWM stratejisi ile çalışır. Sisteme uygulanan yük empedansı % 0 - 150 nominal yük değerleri arasında ve bu; resistif, endüktif veya kapasitif olabilir. Çıkış geriliminin istenilen şekilde olması için geri besleme kullanılır. Kontrol stratejisine bağlı olarak çıkış geriliminin ayarlanması sistemin en önemli özelliğidir.

Gerçekleştirilen push-pull inverter devresi şekil 7.3'de görülmektedir. Push-pull inverterde iki MOSFET sıra ile yüke enerji iletirler. MOSFET'ler statik anahtar görevini yapmaktadır. MOSFET'ler seçilirken aynı karakteristiğe sahip olmalarına dikkat edilmiştir.

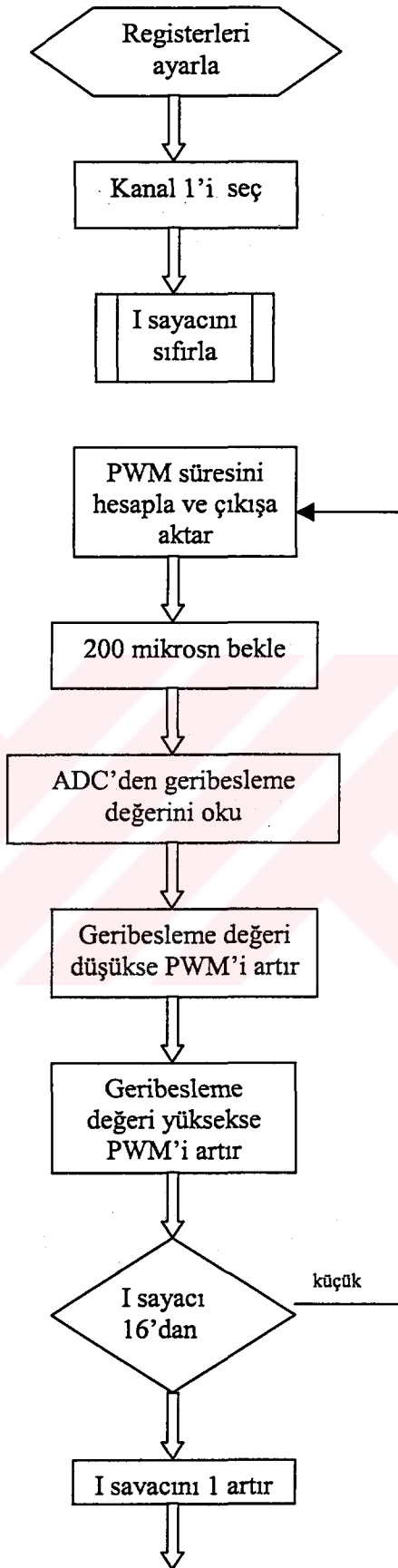
Push-pull inverterde MOSFET'leri sürmek için PIC16F876 mikrodenetleyicisi ile üretilen sinüzoidal PWM sinyalleri kullanılmıştır. 1. MOSFET'e SPWM uygulanırken 2. MOSFET kesimdedir. Akım 1. MOSFET üzerinden ve trafodan geçer. Bu işlemin tersi durumunda akım, 2. MOSFET üzerinden ve trafodan geçer. İnverter devresinde SMP40N10 n tipi MOSFET kullanılmıştır. Bu MOSFET 100V, 40A ve iç direnci $40\text{m}\Omega$ değerindedir. n kanallı MOSFET seçilmesinin sebebi, piyasada yaygın olarak kullanılması ve maliyetinin düşük olmasıdır. 40N10 MOSFET'in kullanılmasının nedeni dayanma geriliminin giriş geriliminin iki katından büyük olması ve iç direnç değerinin düşük olmasıdır. Ayrıca anahtarlama elemanı olarak MOSFET'in tercih edilmesinin sebebi gerçekleştirilen sistemin düşük güçlü olmasından kaynaklanmaktadır. MOSFET'lerin aynı anda iletme girme riskini ortadan kaldırmak için MOSFET'lere uygulanan sinüzoidal PWM'in senkronize olması sağlanmıştır.

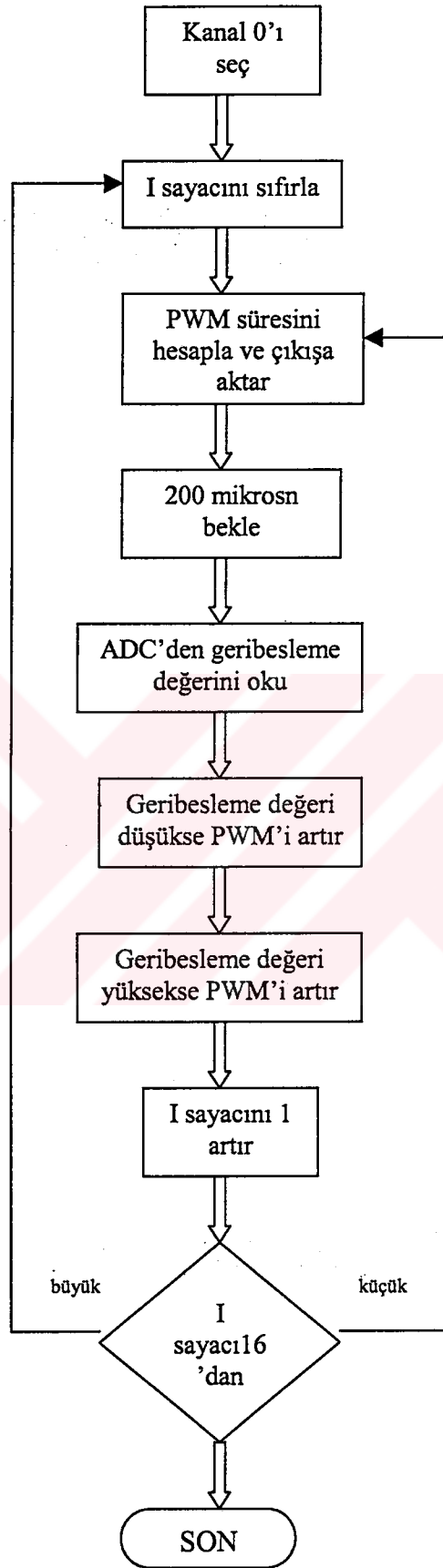


Şekil 7.3 Sinüzoidal PWM kontrollü push-pull inverter

7.3. Sinüzoidal PWM'in Elde Edilmesi

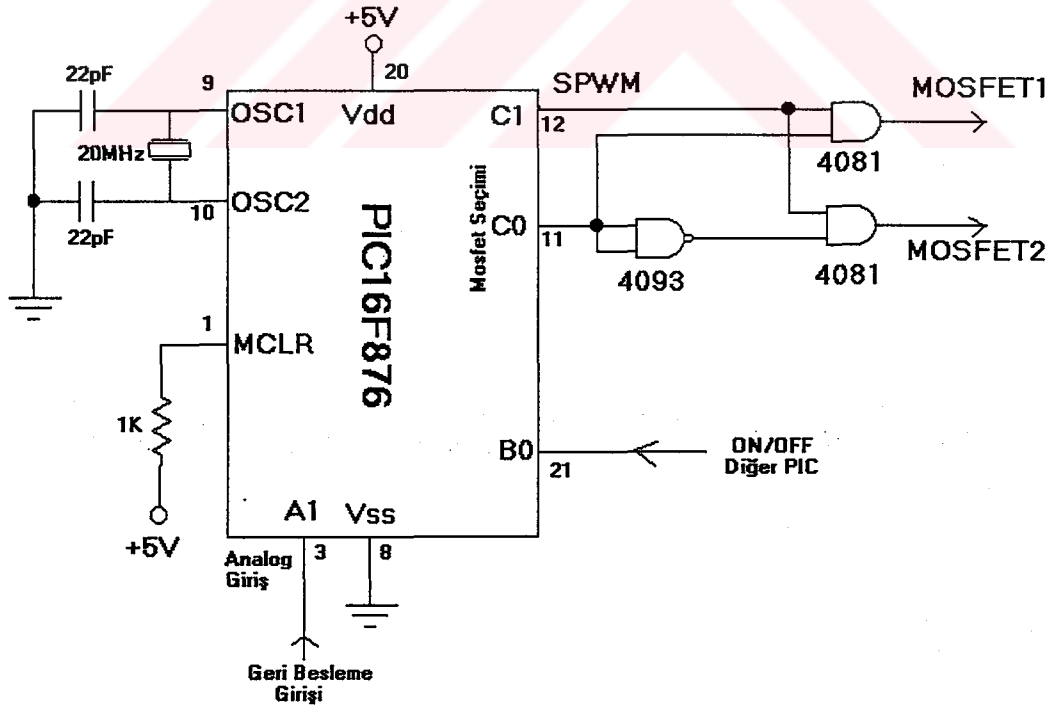
İnverterin çıkış gerilimi ve frekans değişimleri yalnızca yazılımdaki değişikliklerle yapılabilmektedir. İnverterde kullanılan MOSFET'ler için sinüzoidal PWM sinyallerinin üretimi iki amaçla yapılmıştır. Bunlardan birincisi her bir MOSFET'in iletim sırasını ve iletim zamanını, diğeri ise iletim anını gerçek değerinde kontrol etmektir. Yazılım temelli PWM sinyali üretiminde, ilk fonksiyon yazılım tarafından, ikincisi ise donanım zamanlayıcısı vasıtasıyla gerçekleştirilmiştir. Bu sistemde işlemler, örneğin iletim zamanının hesaplanması ve yarı iletkenin seçimi, yazılım sistemi tarafından belirlenir. Kontrol sistemi, bir saat darbe üreticisi ile standartlaştırılmış bir mikrodenetleyici tarafından oluşturulmuştur. Şekil 7.4'te PWM yazılım algoritması (akış diyagramı) verilmiştir.





Şekil 7.4 PWM yazılım algoritması

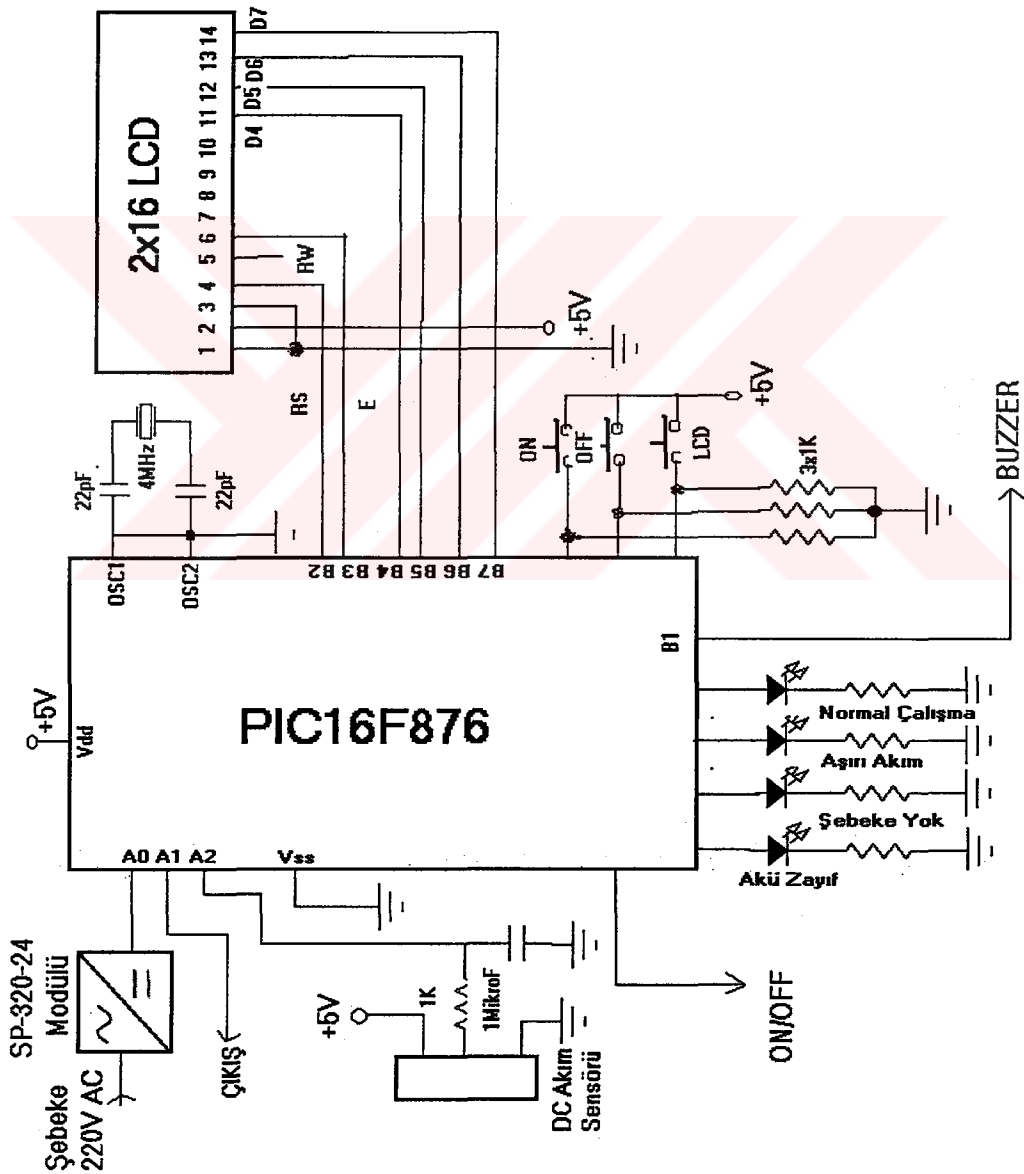
Push-pull inverterdeki MOSFET'leri sürmek için kullanılan sinüzoidal PWM PIC16F876 mikrodenetleyicisi tarafından yazılım yoluyla üretilmiştir. Mikrodenetleyicide 20MHz'lik kristal osilatör kullanılarak zamanlama aralığı arttırılmıştır. PIC ile, 50 Hz sinüzoidal işaret 11,25⁰'lik aralıklarla örneklenerek bir look-up tablosu oluşturulmuştur. 50 Hz sinüzoidal işaretin tek alternansında 16 örnekleme alınarak 16 darbeli sinüzoidal PWM darbesi elde edilmiştir. Elde edilen SPWM sinyalleri 1,6 kHz değerindedir. Dolayısı ile MOSFET'lerde 1,6 kHz frekansta anahtarlanmıştır. PIC16F876 mikrodenetleyicisi ile elde edilen SPWM tek kanal PWM'dir. PWM sinyalleri PIC16F876'nın 12. pininden (C1) alınmıştır. Bu tek kanal PWM 11. pine bağlı mantık kapıları ile 10 msn'de bir MOSFET'lere uygulanmıştır. İnverterin yüklenmesi neticesinde çıkış geriliminin düşmesi sonucu çıkışı 220 V'ta sabit tutabilmek için mikrodenetleyicinin 3.bacağına, çıkıştan geribesleme kontrolü yapılmıştır. Geri besleme ile çıkıştaki gerilimin düşmesi veya artması durumlarında SPWM'in iletim süreleri ayarlanarak çıkış geriliminin sabit tutulması sağlanmıştır. Şekil 7.5'te sinüzoidal PWM'i elde etmek için kullanılan devre şeması görülmektedir.



Şekil 7.5 PIC16F876 mikrodenetleyicisi ile SPWM devre şeması

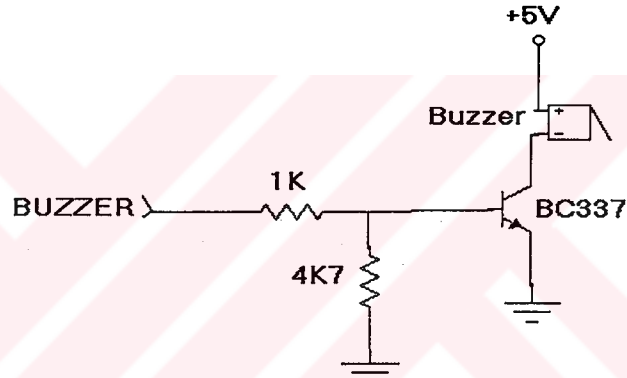
7.4. Kontrol, Gösterge ve Uyarı Ünitesi

Gerçekleştirilen K GK sisteminde 2 tane PIC16F876 mikrodenetleyicisi kullanılmıştır. 2 tane mikrodenetleyici kullanılmasının sebebi gösterge olarak kullanılan LCD'ye okumanın yaklaşık 4 ms'n sürmesi sebebi ile SPWM üretme rutinlerinin aksamasından kaynaklanmaktadır. Bu sebeple 1. mikrodenetleyici SPWM üretmek için 2.'side kontrol ünitesi olarak kullanılmıştır. Şekil 7.6'da kontrol, gösterge ve uyarı ünitesinin devre şeması gösterilmiştir.

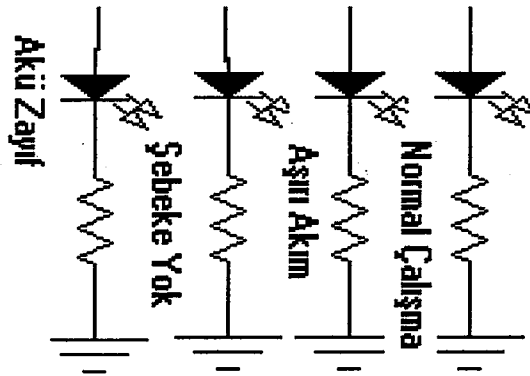


Şekil 7.6 Kontrol, gösterge ve uyarı ünitesinin devre şeması

Kontrol ünitesi ile sistemin açılıp kapanması (on/off) sağlanmıştır. On-off anahtarlar ile açma kapama ve LCD gösterge anahtarları ile de göstergeye geçiş sağlanmıştır. Giriş gerilimi, akü akımı, çıkış gerilimi ve çıkış gücü ölçülerek 2x16 LCD ekranda gösterilmiştir. Mikrodenetleyici ile 4 bitlik veri okuması yapılarak LCD ile haberleşme sağlanmıştır. Akünün akımını okuyabilmek için SCA050 50A'lık akım sensörü kullanılmıştır. Ayrıca kontrol ünitesi ile akü zayıf, şebeke yok, normal çalışma ve aşırı akım ölçümleri yapılarak LED'ler ile gösterilmiştir. Ve bu durumlar için sesli uyarı sistemi yapılmıştır. Sesli uyarı sisteminde buzzer kullanılmıştır. Ve her durum için ayrı bir ses tonu ile uyarı sağlanmıştır. Şekil 7.7'de buzzer ve LED'li uyarı devre şemaları gösterilmiştir.



(a)

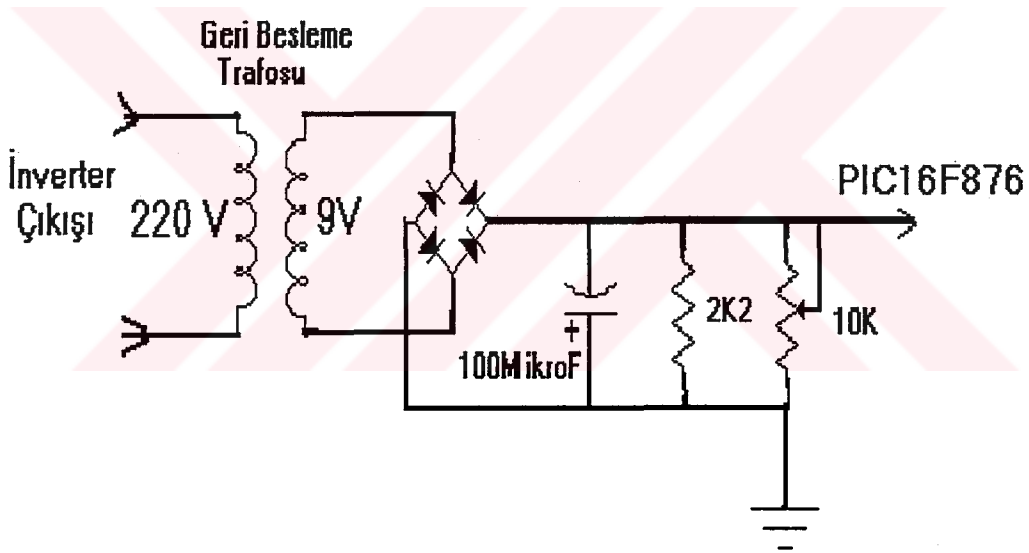


(b)

Şekil 7.7 a) Sesli (buzer) uyarı devre şeması b) LED'li uyarı devre şeması

7.5. Geribesleme Devresi

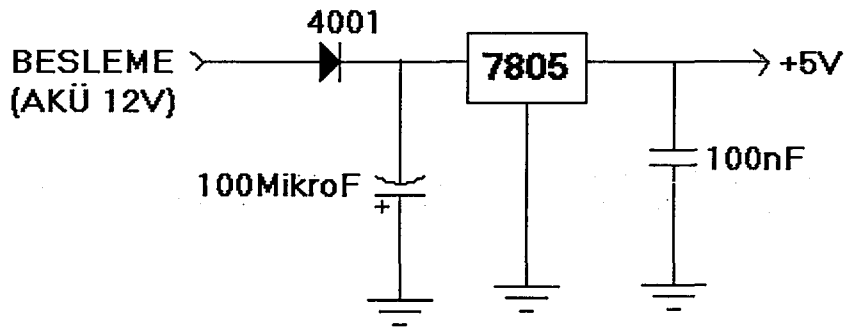
İnverter devresinin çıkışındaki gerilimin 220 V 50Hz AC olması istenmektedir. Bunun için çıkış gerilimi sürekli olarak kontrol edilip ölçülerek SPWM'in iletim süreleri ayarlanmıştır. Geribesleme devresinde çıkıştaki gerilim 220/9 V'luk bir trafo ile alınarak bu analog değer PIC16F876 mikrodenetleyicisinin 3. bacağından okunmuştur. Bu değerler PIC16F876 mikrodenetleyicisinde bulunan ADC modülü ile dijital değerlere dönüştürülmüştür. SPWM'in iletim sürelerini ayarlamak için kullandığımız look-up tablosundaki katsayılar bu dijital değerler ile değiştirilir. Okunan bu değerlere göre SPWM'in iletim süreleri ayarlanıp çıkış gerilimi 220 V'ta sabit tutulmuştur. Şekil 7.8'de geribesleme devresi görülmektedir.



Şekil 7.8 Geri besleme devresi

7.6. Besleme Devresi

Gerçekleştirilen KKG'da sistemimizde kullanılan entegreler 7805 regüle entegresi ile +5'la beslenmiştir. 7805'in 1. bacağına 12 V'luk gerilim, sistemdeki akülerden birisi ile sağlanmıştır. Şekil 7.9'da besleme devresi görülmektedir.



Şekil 7.9 Besleme devresi

7.7. Akü Grubu

Aküler enerji deposu olarak bilinir ve birçok uygulamada kullanılmıştır. Piyasada en fazla kullanılan ve en güvenilir akü tipleri Nikel-Kadmiyum (Ni-Cd) ve Kurşun-Asit (Pb-Acid) tipleridir.

KGK uygulamalarında kullanılan akülerin, imkanlar elverdiği kadar küçük, hafif ve ucuz olması istenir. Çünkü KGK'ların en ağır, pahalı ve en fazla yer tutan elemanlarındandır.

Gerçekleştirilen sistemde 7Ah'lik 2 tane tam bakımsız kuru akü kullanılmıştır. Seri bağlı 2 akünün 24 V'luk gerilimi MOSFET'ler ile 10 ms'nlik aralıklarla kıyılarak transformatörün yük ucundan 50 Hz sinüzoidal işaret elde edilir. Ayrıca akülerden birisi ile 7805 regüle entegresinin giriş beslemesi sağlanmıştır.

KGK'nın aşırı yüklenme durumlarında çekilecek aşırı akımdan aküyü korumak için 20 A değerinde sigorta kullanılmıştır. Akü akımı SCA050 akım sensörü ile ölçülerek LCD ekranda gösterilmiştir. Akü akımının zayıf olması durumunda ve aşırı akım çekilmesi durumlarında LED'li ve sesli uyarı sistemi ile kullanıcı uyarılmıştır.

7.8. Gerçekleştirilen KGK'nın Teknik Özellikleri

Gerçekleştirilen mikrodenetleyici kontrollü, tek fazlı, on-line ve PFC'li kesintisiz güç kaynağının genel özellikleri şu şekilde maddelendirilebilir.

- Gerçek sinüs dalga çıkışlı “On-Line” teknoloji
- Çift mikrodenetleyici kontrol
- Sinüzoidal PWM teknolojisi
- Geniş giriş gerilim aralığı (88-264 V AC)
- Girişte yüksek güç faktörü (0,95)
- Çok düşük düzeyde Toplam Harmonik Distorsiyonu
- Fanlı soğutma
- LCD ekran
- LED’li ve sesli uyarı sitemi
- Akü ile yedekleme zamanı
- Aşırı akım koruması

Gerçekleştirilen sistem, yük değişimlerine karşı geribesleme ile PWM sinyallerinin iletim sürelerinin değiştirilmesi ile hızlı cevap verir. Toplam Harmonik Distorsiyonu 16 darbeli SPWM tekniği ile %5’in altında tutulmuştur. Bu sebeple hassas yüklerin kesintisiz ve kaliteli beslenmesi sağlanmakta ve beslediği cihazların ömrü uzamaktadır. Yüksek güç faktörü özelliği ile beslenen cihazların şebekeye olan olumsuz etkileri ortadan kaldırılmaktadır. Giriş güç faktörü düzeltme işlemi hazır bir SMPS modülü ile sağlanmıştır. LCD ekran ve LED’li göstergeler ile şık bir görünüm elde edilmiştir. Gerçekleştirilen KGK’nın teknik özellikleri tablo 7.1’de görülmektedir.

Tablo 7.1 Gerçekleştirilen KGK'nın teknik özellikleri

TEKNİK ÖZELLİKLER		
GİRİŞ	Gerilim	220 V AC \pm %25
	Frekans	50 Hz
	Güç Faktörü	>0,95
ÇIKIŞ	Gerilim	220V \pm %1
	Frekans	50 Hz \pm %1
	Güç	250 VA
	Dalga Şekli	Sinüs
	Toplam Harmonik Distorsiyonu	%5
AKÜ	Akü Tipleri	Tam Bakımsız Kuru Akü
	Gerilim	12 V
	Adedi	2
	Yedekleme zamanı	20-30 dk.
	Yeniden Dolma Süresi	<7h
GENEL ÖZELLİKLER	Kontrol	Mikrodenetleyici Denetimli
	Gösterge	2x16 LCD Gösterge
	Çalışma Teknolojisi	Sinüzoidal PWM Teknolojisi
ALARMLAR	Aküden Çalışma	Uyarılar 4 sn'de bir sesli
	Akü Zayıf	Uyarılar 1sn'de bir sesli
KORUMA	Aşırı Akım Koruması	Sigorta korumalı
	Aşırı Çıkış Gerilim Koruması	Geribesleme ile PWM iletim süresinin ayarlanması

Gerçekleştirilen KGK'nın bir gerilim kaynağı olarak özellikleri aşağıda sıralanmıştır.

Regülayon: Ülkemizdeki şebeke geriliminden sapmalar -20% ile $+15\%$ arasında değişmektedir. Kabul edilebilir değişim aralığı 2% 'dir. Gerçekleştirilen KGK gerilim değişimlerini 1% 'in altında tutmaktadır.

Gerilim kararlılığı: KGK, değişen yük değerlerinde yükü besleyen gerilimin sabit kalmasını sağlamaktadır.

Yüke karşı regülayon: Yükteki $1-100\%$ değişimlerde, gerilimdeki değişimi 1% 'den küçük olmaktadır.

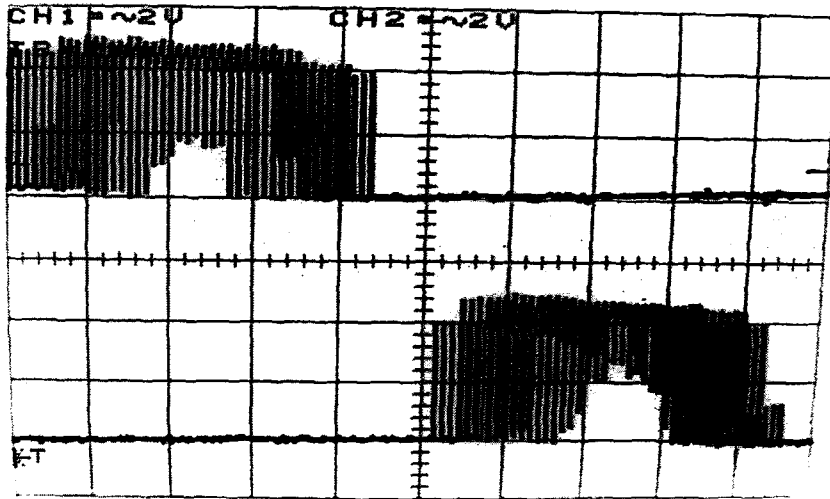
Ani yüke karşı regülayon süresi: Yükteki ani değişimlerde çıkıştaki regülayon süresi 250 msn kadardır.

Frekans kararlılığı: Şebekede frekans bozulmalarında KGK'nın çıkışı 50 Hz ($\pm 1\%$) değerindedir.

Aşırı akım koruma: KGK'nın aşırı akımlara karşı korumalıdır.

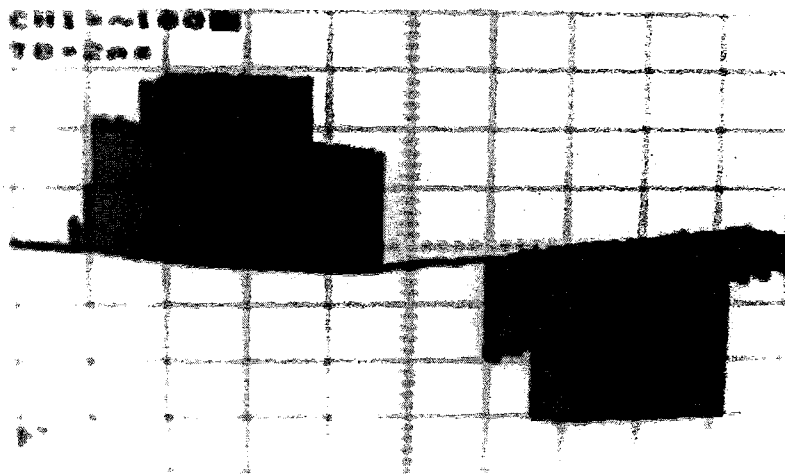
7.9. Deneysel Sonuçları

Gerçekleştirilen mikrodeneleyici kontrollü tek fazlı PFC'li on-line kesintisiz güç kaynağının üzerinde çeşitli çalışmalar yapılmış ve bazı değişimler osilaskopta incelenmiştir. KGK'nın push-pull inverter katında kullanılan n tipi MOSFET'lerin kapısına uygulanan 1,6 kHz frekanslı sinüzoidal PWM sinyalleri şekil 7.10'da görülmektedir. Bu sinyaller 10 msn'de bir MOSFET'lere sıra ile uygulanmıştır.



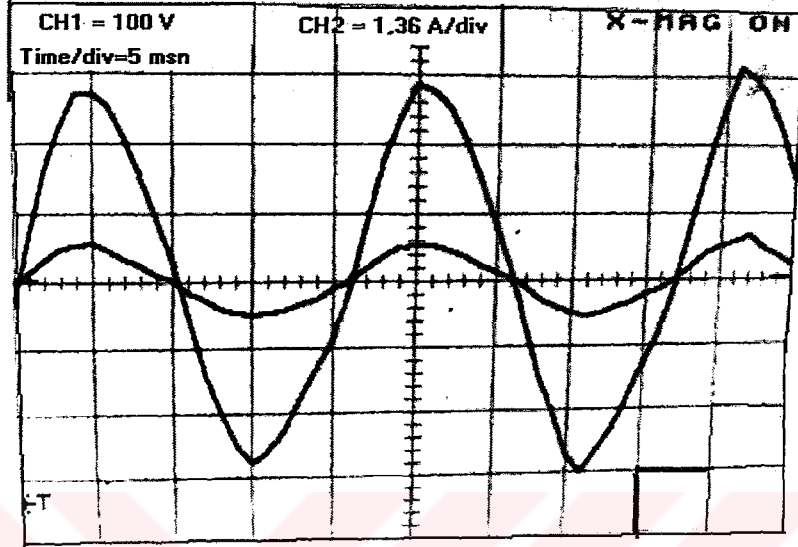
Şekil 7.10 MOSFET'lerin kapısına uygulanan sin PWM sinyalleri

Şekil 7.11'de kesintisiz güç kaynağının çıkışında filtresiz, 100 W'lık rezistif bir yük varken görülen osiloskop görüntüsü verilmiştir. Bu sinyal çıkışta filtre bağlı olmadığından sinüzoidal değildir. Çıkışın sinüzoidal olması için kondansatörlü filtre kullanılmıştır. Bu filtre basit bir filtredir. PWM'in üstünlüklerinden birisi toplam harmonik distorsiyonunu düşürdüğü için çıkıştaki filtre katını basitleştirmesi idi. Gerçekleştirilen kesintisiz güç kaynağında kullanılan sinüzoidal PWM sebebiyle sistemin toplam harmonik distorsiyonu %5'in altında tutulabilmektedir. Dolayısı ile çıkışta basit bir filtre kullanılmıştır.



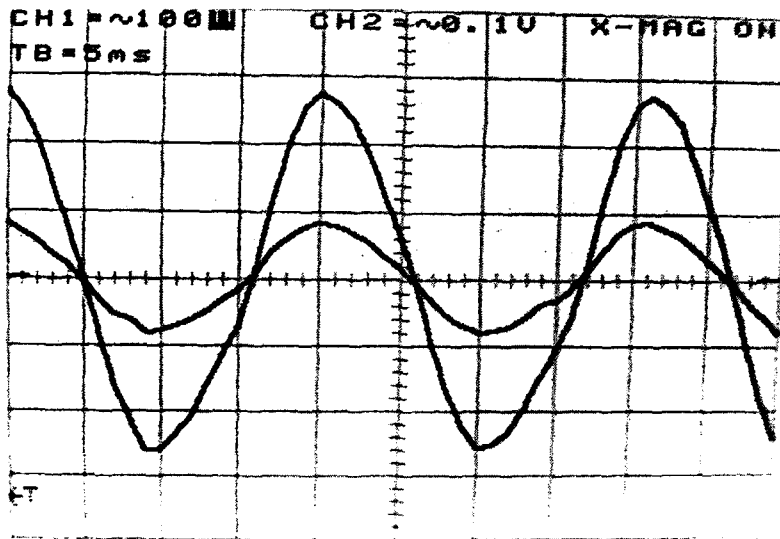
Şekil 7.11 Filtresiz ve 100 W'lık rezistif bir yükteki çıkış gerilimi

Kesintisiz güç kaynağının çıkışına bağlanan kapasitif filtre ile çıkış sinyalinin sinüzoidal hale getirilmiştir. Şekil 7.12'de 100 W'lık omik yük için çıkış gerilimi ve akımının değişimi görülmektedir.



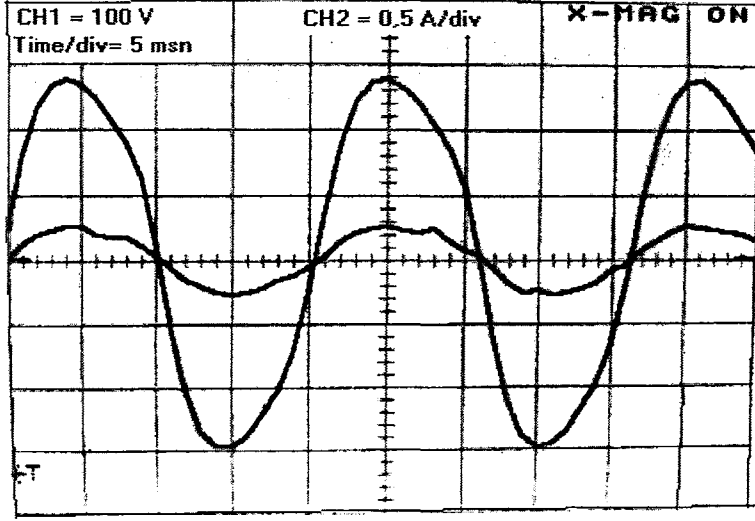
Şekil 7.12 100 W'lık omik yük için çıkış gerilimi ve akımının değişimi.

Şekil 7.13'de omik endüktif yük için çıkış gerilimi ve akımının değişimi görülmektedir.



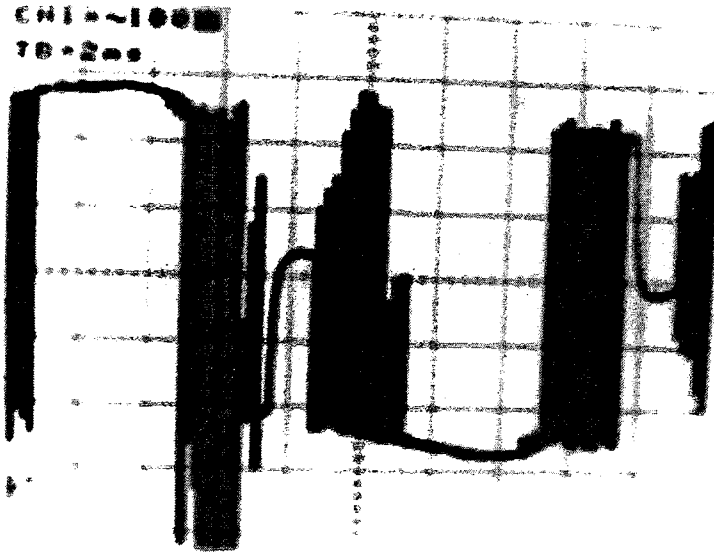
Şekil 7.13 Omik endüktif yük için çıkış gerilimi ve akımının değişimi

Şekil 7.14'de KGK'nın çıkışına 135 W'lık bir üniversal motorun bağlanması durumunda çıkış gerilimi ve akımını değişimi görülmektedir.



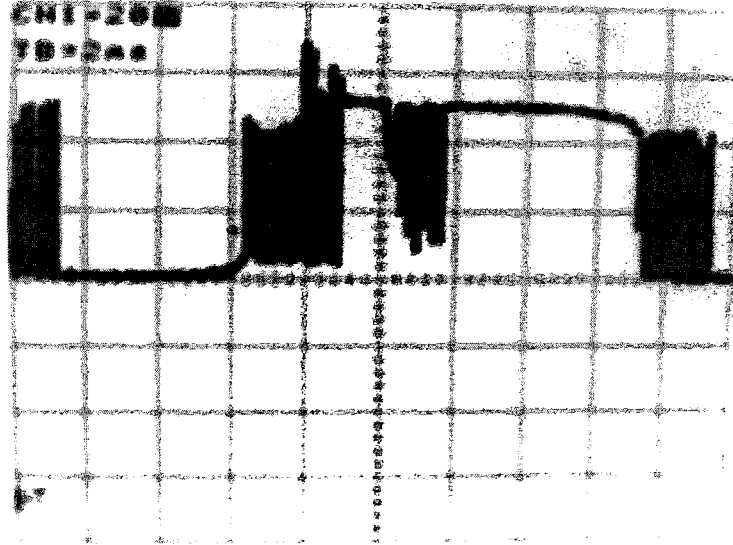
Şekil 7.14 135 W'lık bir üniversal motorun bağlanması durumunda çıkış gerilimi ve akımının değişimi

Şekil 7.15'de KGK'nın yük bağlanmadan filtresiz çıkış geriliminin değişimi görülmektedir.



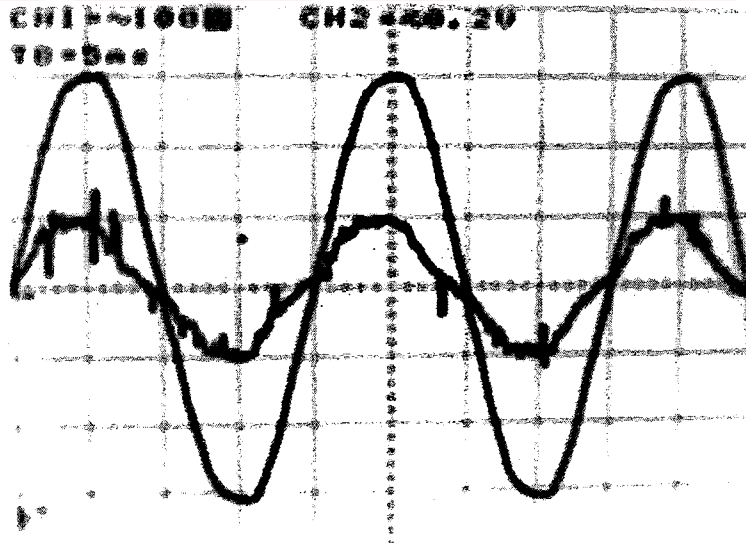
Şekil 7.15 Yük bağlanmadan filtresiz çıkış gerilimi değişimi

Şekil 7.16'da MOSFET'lerin birinin ucundaki gerilimin değişimi görülmektedir.



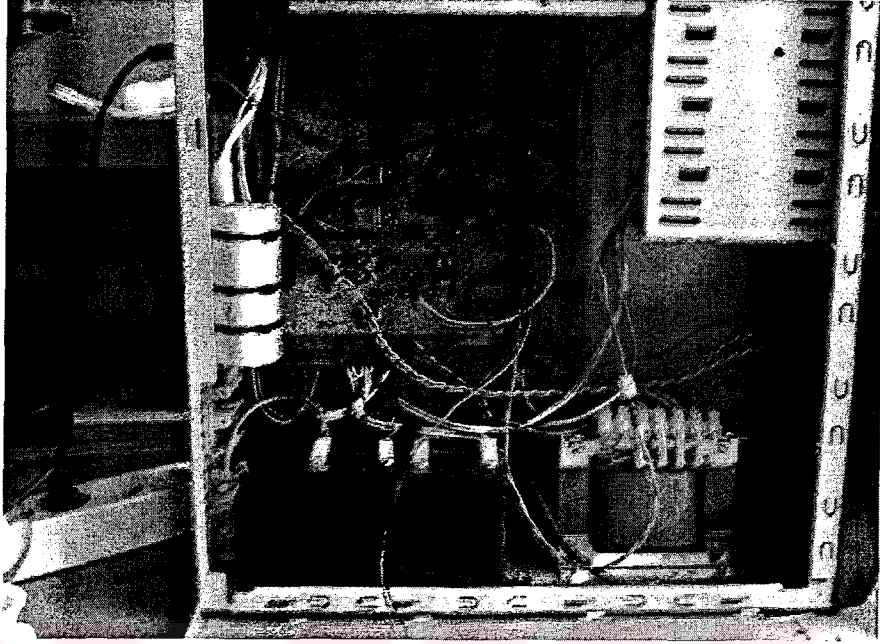
Şekil 7.16 MOSFET'lerin birinin ucundaki gerilimin değişimi

Şekil 7.17'de giriş gerilimi ve akımın değişimi görülmektedir. Bu değişimden anlaşıldığı üzere gerçekleştirilen sistemin girişteki PFC'si yüksektir.



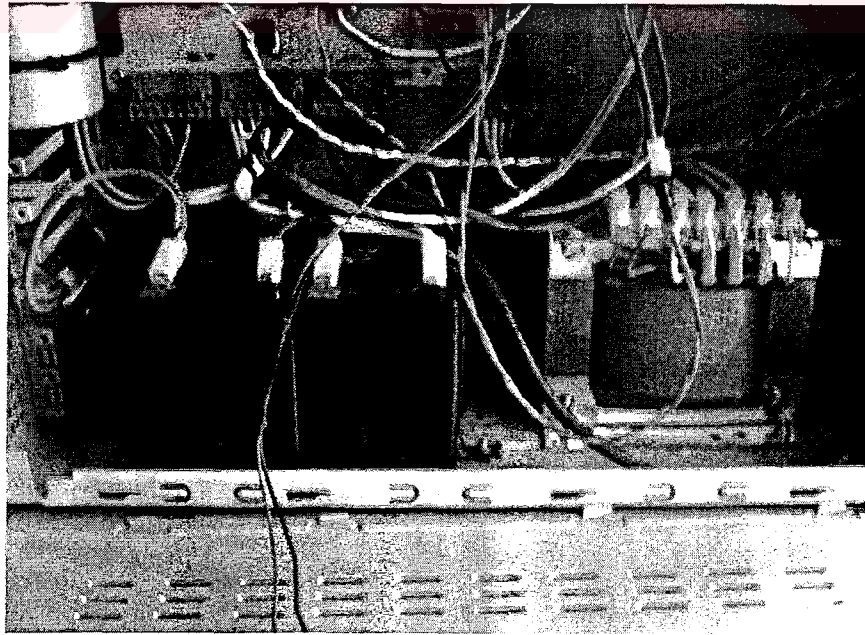
Şekil 7.17 KGK'nın giriş gerilimi ve akımının değişimi

Şekil 7.18’de gerçekleştirilen sistemin iç yapısı görülmektedir.



Şekil 7.18 Gerçekleştirilen sistemin iç yapısı

Şekil 7.19’da gerçekleştirilen sistemin güç katı görülmektedir.



Şekil 7.19 Gerçekleştirilen sistemin güç katı

8. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada gerçekleştirilen kesintisiz güç kaynağı 220 V AC girişten bir PFC'li SMPS ile 24 V'luk kuru aküleri sürekli olarak şarj etmekte; inverter ve kontrol üniteleri üzerinden 24 V'luk DC'yi tekrar 220 V AC'ye dönüştürerek sistemlerimize on-line (no-by pass) güç sağlamaktadır.

Bu tezde elektrik güç kalitesi problemleri incelenerek, bu problemlerin hangi metodlarla elimine edileceği incelenmiş ve KGK'ların sürekli enerji kesintileri dışında güç kalitesi problemlerinin çoğunu yok edebileceği görülmüştür.

Bu sonuç neticesinde AC enerji sisteminde çokca kullanılan bir kontrol şekli olan Darbe Genişliği Modülasyonu (PWM) üzerinde inceleme yapılmış ve kesintisiz güç kaynağının inverter kısmının bu metodla kontrolü sağlanmıştır. Bilhassa mikroişlemci ve mikrodenetleyici temelli PWM metodunun KGK'lar üzerindeki etkinliği incelenmiştir. Yaygın olarak kullanılan PIC16F876 mikrodenetleyicisi ile sinüzoidal PWM elde edilmiştir.

Gerçekleştirilen KGK'da giriş güç faktörünün düzenlenmesi için SMPS modülü kullanılmıştır. Bu modül 0,95'ten büyük güç faktörü sağlamaktadır. Ancak böyle bir modül kullanmak maliyeti artırmaktadır ve bu da bir dezavantajdır. PFC kontrolünü sağlamak ve maliyeti düşürebilmek için bu amaçla tasarlanan boost dönüştürücü kullanmak daha ekonomik olacaktır.

Kullanılan push-pull inverterde MOSFET elemanlarının yarım peryot içinde çok sayıda anahtarlanarak genellikle düşük harmonik içeren bir dalga biçimi elde edilmesi sayesinde elimine edilen harmonik sayısı artmakta ve inverter çıkış filtresi oldukça basitleşmektedir.

KGK'nın inverter çıkışındaki istenmeyen harmoniklerin yok edilmesi yine PWM'in üstün bir yanıdır. Harmonik eliminasyonu olarak bilinen yöntem özellikle mikroişlemci temelli PWM için uygundur ve temel bileşenin genliği de denetlenmiştir. Mikrodenetleyici ile PWM üretme işlemi fiziksel devrede önemli bir küçülme sağlar. Ayrıca çıkış değerleri bu denetleme ile daha ideal hale getirilmiş ve kontrol işlemi daha kolay yapılmıştır.

Kullanılan 16 darbeli sinüzoidal PWM ile 15. harmoniğe kadar eliminasyon sağlanmıştır. Fourier serisi açılımı ile elde edilen tek katsayılı harmonik katsayıları

ile yapılan hesaplamalarda toplam harmonik distorsiyonunun %5'in altında olduğu görülmüştür. Zaten bu da KGK topolojilerinde istenen en önemli özelliklerden biridir. Bu özelliği ile, gerçekleştirilen KGK'da harmonikleri elimine etmek için çıkışta kullanılan filtreler çok büyük ölçüde basitleştirilmiştir.

Gerçekleştirilen KGK'da 2 tane mikrodenetleyici kullanılmıştır. Bunlardan birisi sinüzoidal PWM üretmek ve geribesleme kontrolü sağlamak için, diğeri ise kontrol ve ölçüm amaçlı kullanılmıştır. Bunun sebebini daha önceki bölümlerde açıklanmıştır. 2 tane mikrodenetleyici kullanılması da bir dezavantajdır. Bu dezavantajı da, yazılım içinde yapılacak geliştirmeler ile ortadan kaldırılabılır. Bu geliştirmeler yazılım içinde kesme alt programları yapılarak ortadan kaldırılabılır.

Bu çalışmada kullanılan sinüzoidal PWM'in frekansı 1,6KHz ve bir periyotta 16 darbe şeklindedir. Bu anahtarlama frekansı da piyasada kullanılan KGK'lara göre düşüktür. PWM frekansı da yazılımda yapılabilecek geliştirmeler ile arttırılabilir. Ancak inverter çıkışında kullanılan transformatör düşük frekans trafosudur. Eğer PWM frekansı yüksek olsaydı çıkışta da yüksek frekans trafosu kullanmak gerekecekti. Düşük frekans trafosu kullanmak hem maliyeti hem de sistemin hacmini artırması sebebiyle bir dezavantajdır. Piyasadaki KGK'larda kullanılan trafolar da hacim olarak büyüktür. Ancak hacim olarak çok küçük trafolar da anahtarlama frekansının arttırılması ile piyasada kullanılmaktadır. Bu da küçük hacimli ama gücü yüksek kesintisiz güç kaynaklarının yapılabilmesine olanak sağlamaktadır.

Gerçekleştirilen KGK, on-line olarak dizayn edilmiştir. Bu sebeple KGK sürekli olarak kendi üzerinden yükleri beslemektedir. Neticede şebekedeki güç kalitesi problemleri hassas yüklere yansıtılmamaktadır.

Gerçekleştirilen KGK on-line olmasına rağmen düşük güçlüdür. Piyasada on-line olan KGK sistemleri daha yüksek güçlü yapılmaktadır. Bu da sistemin diğeri dezavantajlarından biridir. Trafonun daha güçlü seçilmesi, inverter katında kullanılan akülerin gerekli güçlerde seçilmesi ve akü grubunun daha büyük dizayn edilmesi ile de bu dezavantaj ortadan kaldırılabılır. Gücü arttırmak için yazılımda yapılacak temel değişimler yoktur.

Bu çalışmada yapılan kesintisiz güç kaynağında gerekli giriş çıkış akım-gerilim değerleri LCD ekranda gösterilmiştir. Ayrıca sesli ve LED'li uyarı sistemi monte edilmiştir. Bu da kullanıcı açısından kullanım kolaylığı sağlamaktadır.

Bundan sonra bu konuda çalışma yapacak araştırmacılar sistemin yazılım algoritmasında yapacakları değişimler ile farklı özelliklerde KGK sistemleri gerçekleştirebilirler. Ayrıca yukarıda belirtilen dezavantajları önerilen çözüm yolları ile ortadan kaldırabilirler.



KAYNAKLAR

- Bayram, M., 2000, "Kuvvetli Akım Tesislerinde Güç Kompanzasyonu", Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Bekiarow, S.B., Student Member, IEEE, and Emadi, A., Senior Member, IEEE, "A New On-Line Single Phase to Three Phase UPS Topology with Reduced Number of Switches", Illinois Institute of Technology.
- Bhanoo, M.M., 1998, "Uninterruptible Power Supply Systems: Nonlinear Electrical Load Compatibility", IEEE, Fiber and Film Industry Technical Conference, 1-5.
- Chard, R. And Carle, H., 1993, "UPS Applications a mill perspective", IEEE, CH3331-6.
- Çolak, İ., "Senkron makineler", Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Ankara, 20002.
- Domijon, A. And et al., "Directions of research on electric power quality", IEEE Transactions on Power Delivery, 8,429, January, 1993.
- Gümeli, D., 1990, "Reaktif Gücün Oluşumu ve Statik VAR sistemleri ile Optimal Kontrolü", İ.T.Ü., Fen Bil. Ens. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Gürdal, O., 1997, Güç Elektroniği, Ankara.
- Hiranchi, K. et al., 1990, "A Novel 3KVA UPS Using A Switch Mode Rectifier", IEEE, CH2928.
- Karlı, V.M., 1995, "An Investigation Into Real-Time Microcontrolled Single Phase, Uninterruptible Power Supply Systems", Ph.D. Thesis, Swansea, UK.
- Karlı, V.M., 2002, "Kesintisiz Güç Kaynaklarına Genel Bir Bakış", Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü Gaziantep Üniversitesi, 27310 Gaziantep.

- Krishan, R. and Sirinivasan S., 1993, "Topologies for Uninterruptible Power Supplies", IEEE, 0.7803.
- Kumar, c.S.P., Sabberwal, S.P., Mukharji, A.K., "Power factor Correction and Correction Techniques", Electric Power System Research, 143,1995.
- Manning, C., 1994, "Control of UPS Inverters", The Institution of Electrical Engineers.
- Mcdowall, J., 1999, "Nickel-Cadmium Batteries for Energy Storage Applications", IEEE, 0-7803.
- Mclennan, A., 1994, "Static Ups Technologies", IEE UPS Colloquium.
- Mclennan, A.A., 1989, "High Crest Factor Loads on UPS systems", IEEE Telecommunications Energy Conferenge, vol2, 1-4.
- M.Sarıtaş , MT. Aydemir, ve A. Dalbaz, 2002, " 700 VA Kesintisiz Güç Kaynağı Devresinin Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi", Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi, Cilt 17, No1, 33-42.
- Pekik Argo Dohono, Muhammad Firmansyah and Design Pramasti Y., 2000, " A High Current Low Voltage DC Power Supply", Proc. IAS 2000.
- Qoinghong Yu and R.M. Nelms, 2000, " A Single – Phase Resonant Snubber Inverter with Fixed Timing Control For a UPS", Dept of Electrical&Computer Engineering Auburn Universty, Broun Hall, AL 36849-5201 USA.
- Richard, L., 1991, "Battery Protection – Where Do We Stand?", IEEE, 0093.
- Sefa, İ., 2000, "Kesintisiz Güç Kaynağı Seminer Notları", EMO Kocaeli Şubesi.
- Shri Karve, 2000, "Three of Kind", IEE REVIEW, March 2000.
- S.B. Bekiarow., and A. Emadi, 1998, "A New On-Line Single-Phase to Three Phase

UPS Topology with Reduced Number of Switches”, Illinois Institute of Technology.

Standler, R.B., 1998, “Use of Low-Pass Filters to Protect Equipment from Transient Over Voltages on the Mains”, IEEE Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference, 66-73.

Ürgüplü, Z., 1997, “Elektronik Bilgi Bankası”, Elektrobank, Ankara.

Yoshiatoka Igarashi, Tomonori Izumi, Tomaki Yokoyama and Toshimasa Haneyoshi, 2001, “ A Study of Instantaneous Value Control with Voltage Variation Compensation for UPS Inverters”, Tokyo Dnki University.

Yonk, K. et al., 1994, “Analysis and Implement of a UPS Inverter with Instantaneous Feedback Control and Harmonic Injection”, IEEE, 0-7803.

Xuejun Pei, Xinchun Lin, Shangsü Duan, Yong Kong and Jian Chen, 2003, “Analysis and Design of the DSP-Based Full digital Controlled UPS”, IEEE.

Xuejun Pei, Xinchun Lin, Shangsü Duan, Yong Kong and Jian Chen, 2003, “Waveform Compensation of PWM Inverter in UPS”, IEEE.

EKLER

EK A. ACS050 Akım Sensörüne Ait Katalog Bilgileri

EK B. SMP40N10 n Mosfetine Ait Katalog Bilgileri

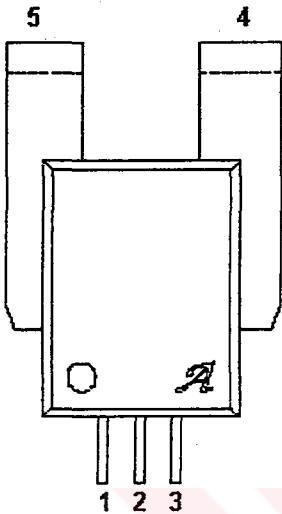
EK C. 2x16 LCD Göstergeye Ait Katalog Bilgileri

EK D. SP 320-24 SMPS Modülüne ait katalog bilgileri



Preliminary Specification

Allegro Current Sensor: ACS750LCA-050



Pin 1: Vcc
Pin 2: Gnd
Pin 3: Output
Pin 4: I_{p+}
Pin 5: I_{p-}

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Over-Current	150 A ²
Supply Voltage, Vcc.....	16V
Output Voltage	16V
Output Current Source.....	3mA
Output Current Sink	10mA
Operating Temperature	-40°C to 150°C
Storage Temperature.....	170°C
Maximum junction temperature.....	165°C

The Allegro Current Sensor provides an economical and precise solution for current sensing in automotive and industrial systems, packaged for easy implementation. Typical applications include motor control, load management, switched mode power supplies and over-current fault protection.

The sensor consists of a precision linear Hall IC optimized to an internal magnetic circuit to increase device sensitivity. A combination of a precisely controlled self-aligning assembly process (patents pending) and the factory programmed precision of the linear Hall sensor result in high level performance and product uniformity.

The power lead frame used for current sensing (pins 4 and 5) is designed for extremely low power loss. The power leads are also electrically isolated from the sensor leads (pins 1 – 3). This isolation allows the Allegro Current Sensor to be used in applications requiring electrical isolation without the use of opto-isolators or other isolating feedback techniques.

Features and Benefits

- Monolithic Hall IC for High Reliability
- ACS750LCA-050: +/- 50A up to 150°C
- Ultra-low Power Loss: Resistance = 120uΩ
- No Trimming Required in the Application
- Factory Trimmed for Gain and Offset
- Linearity > 99%
- Very Low Thermal Drift of Offset Voltage
- 13kHz Bandwidth
- 5V Operation
- Ratiometric Output from Supply Voltage
- On-chip transient protection

Applications

- Automotive Systems
- Industrial Systems
- Motor Control
- Process Control
- Servo Systems
- Power Conversion
- Battery Monitors

Primary current flowing I_{p+} to I_{p-} will generate output > Vcc/2

² 1 sec pulse, 10% duty cycle

Last updated December 12, 2002



115 Northeast Cutoff, Box 15036
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000
Copyright © 1993, 1995 Allegro Microsystems, Inc.

Preliminary Specification

Allegro Current Sensor: ACS750LCA-050

Operating Characteristics

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Limits			
			Min.	Typ.	Max.	Units
ELECTRICAL CHARACTERISTICS						
Primary Sensed Current	I_p	-40°C to 150°C	-50		50	A
Supply Voltage	V_{cc}		4.5	5.0	5.5	V
Supply Current	I_{cc}	$V_{cc} = 5.0V$, Output open		7	10	mA
Output Resistance	R_{out}	$I_{out} = 1.2 mA$		1	2	Ω
Isolation Voltage ³	V_{ISO}	Between pins 1-3 and 4-5		2.5		kV
Propagation time	$t_{propagation}$	$I_p = \pm 50A$; $T = +25^\circ C$		4		μs
Response time	$t_{response}$	$I_p = \pm 50A$; $T = +25^\circ C$		27		μs
Rise time	$t_{rise\ time}$	$I_p = \pm 50A$; $T = +25^\circ C$		26		μs
Frequency Bandwidth	f	-3dB		13		kHz
PERFORMANCE CHARACTERISTICS (Over -40°C to 150°C temperature range unless otherwise specified)						
Sensitivity	Sens	$I_p = \pm 50A$; $T = +25^\circ C$	25.75	26.5	27.75	mV/A
Noise ⁴		Peak to peak; $T = +25^\circ C$ BW = 40kHz		10		mV
Non-linearity		$I_p = \pm 50A$, $T = -40^\circ C$ to $150^\circ C$		1.0	2.0	%
Symmetry	Sym	$I_p = \pm 50A$, $T = -40^\circ C$ to $150^\circ C$	96	100	104	%
Quiescent Output Voltage ⁵	V_{OO}	$I_p = 0 A$; $T = +25^\circ C$	-20	$V_{cc}/2$	+20	mV
Thermal Drift of V_{OO} ⁶	$\Delta V_{OO}(T)$	$I_p = 0 A$	-0.5	-0.15	+0.3	mV/°C
Thermal Drift of Sens	$\Delta Sens(T)$	$I_p = \pm 50A$; $T = -40^\circ C$ to $150^\circ C$	-8	-2.5	+6	%
Magnetic Core Hysteresis ⁷	V_{OH}	After excursion to $\pm 150A$ $T = +25^\circ C$		± 0.3	± 0.4	$\frac{mV}{A}$
) Amp Accuracy Including offset	0 A	$T = +25^\circ C$		± 0.4	± 1.2	A
		$T = -40^\circ C$ to $150^\circ C$		± 0.7	± 1.8	A
Total Accuracy ⁸	Full Scale	$I_p = \pm 50A$; $T = +25^\circ C$		± 1	± 2.5	%
		$I_p = \pm 50A$; $T = -40^\circ C$ to $150^\circ C$		± 5	± 8.5	%

R.M.S. voltage for AC isolation test, 60 Hz, 5 min. duration.

Refer to figure 5 for schematic of test circuit

Omitting magnetic hysteresis offset

Q_{vo} & Sensitivity gain drift referenced to 25°C

Refer to figure 6 for hysteresis temperature characterization

Please contact Allegro sales representative for competitive comparison



115 Northeast Cutoff, Box 15036
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000
Copyright © 1993, 1995 Allegro Microsystems, Inc.

Allegro Current Sensor: ACS750LCA-050

Definitions of accuracy characteristics

Sensitivity: The sensitivity is the change in sensor output to 1A change through the primary conductor. The sensitivity is the product of the magnetic circuit sensitivity (G/A) and the linear IC amplifier gain (mV/G). The linear IC amplifier gain is trimmed to optimize the sensitivity (mV/A) for the full-scale current of the device. The variation in the sensitivity is affected by the resolution of the Allegro linear IC sensitivity trim (~10uV/step) and thermal drift (expressed in %/C).

Noise: The noise is the product of the linear IC amplifier gain (mV/G) and the noise floor for the Allegro linear IC (~1Gauss). The noise floor is derived from the thermal and shot noise observed in Hall elements. Dividing the noise (mV) by the sensitivity (mV/A) provides the smallest current that the device is able to resolve.

Linearity: The linearity is the degree to which the voltage output from the sensor varies in direct proportion to the primary current through its full-scale amplitude. Linearity reveals the maximum deviation from the ideal transfer curve for this transducer. Non-linearity in the output can be attributed to the gain variation across temperature and saturation of the flux concentrator approaching the full scale current. The following equation is used to derive the linearity:

$$1 - \left[\frac{V_{out_full-scale\ Amps} - V_{out_0A}}{2 * (V_{out_1/2\ full-scale\ Amps} - V_{out_0A})} \right] * 100$$

Symmetry: Symmetry is the degree to which the absolute voltage output from the sensor varies in proportion to either a positive or negative full-scale primary current. The following equation is used to derive symmetry:

$$\frac{V_{out_full-scale\ Amps} - V_{out_0A}}{V_{out_0A} - V_{out_full-scale\ Amps}} * 100$$

Quiescent output voltage: The quiescent output voltage (V_{OQ}) is the output of the sensor when the primary current is zero. For a unipolar supply voltage, V_{OQ} nominally sits at $V_{CC}/2$. $V_{CC} = 5V$ translates into $V_{OQ} = 2.5V$. Variation in V_{OQ} can be attributed to the resolution of the Allegro linear IC quiescent voltage trim (~2.5mV), magnetic hysteresis, and thermal drift (expressed in %/C).

Magnetic hysteresis (offset): The magnetic offset is due to the residual magnetism (remanent field) that induces an offset in gauss. The magnetic offset error is highest when the magnetic circuit has been saturated, usually when the device has been subjected to a full scale or high current overload conditions. The magnetic offset is largely dependent on the material used as a flux concentrator. For most materials, the largest magnetic offset is observed at the lowest operating temperature.

Accuracy: The accuracy represents the maximum deviation of the actual output from its ideal value. This is also known as the total error. The accuracy is illustrated graphically in Figure #1. The accuracy is divided into four areas of particular interest defined below:

- **0 A @ 25°C:** Accuracy of sensing zero current flow at 25°C, without the effects of temperature.
- **0 A over temperature:** Accuracy of sensing zero current flow including temperature effects.
- **Full-scale current @ 25°C:** Accuracy of sensing the full-scale current at 25°C, without the effects of temperature.
- **Full-scale current over temperature:** Accuracy of sensing full-scale current flow including temperature effects.



Allegro Current Sensor: ACS750LCA-050

Figure 1: Output Voltage vs. Current, illustrating sensor accuracy at 0A and full-scale current

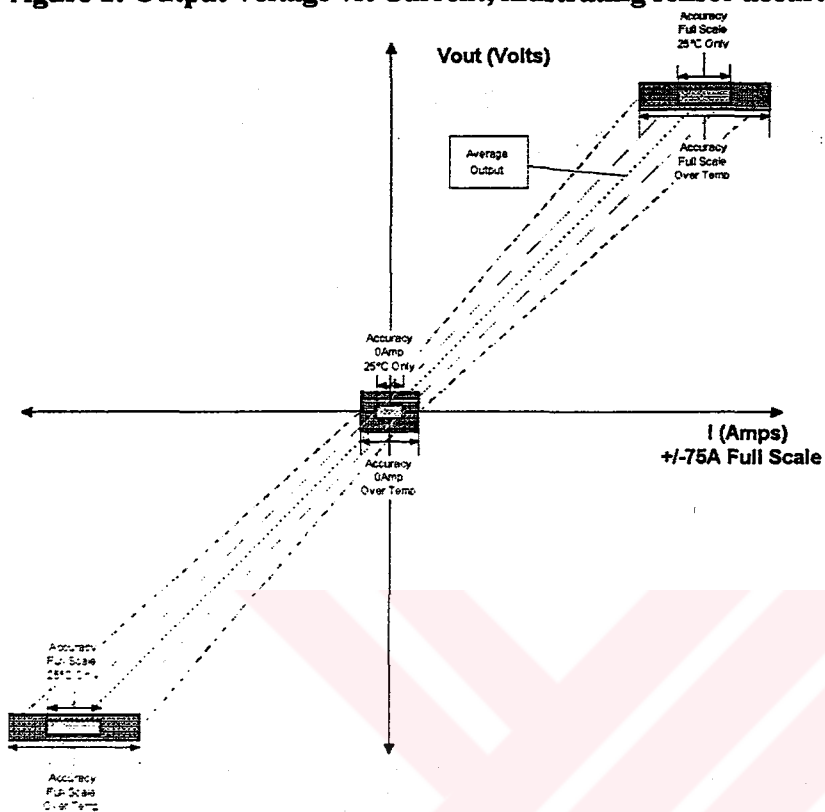


Figure 2: Block diagram of ACS750LCA-050 and linear Hall Effect IC functionality

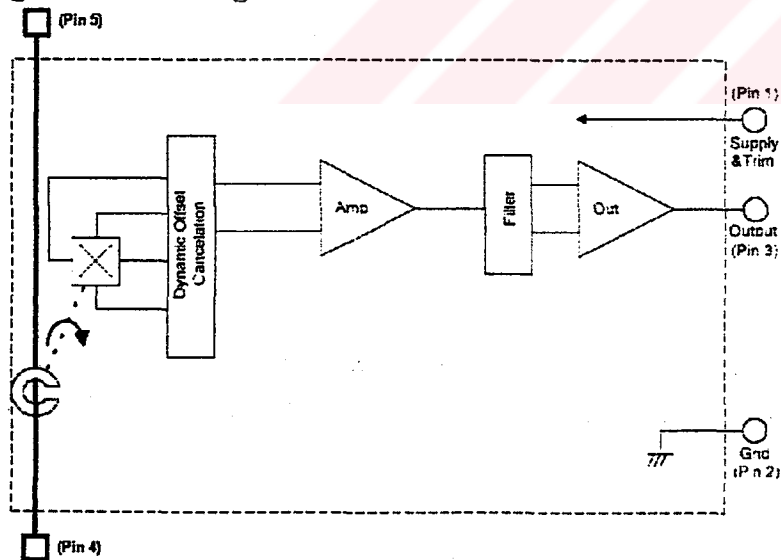


Figure 3: Primary current versus typical output voltage across temperature

Allegro Current Sensor: ACS750LCA-050

$I_{primary}$ vs typical V_{out}

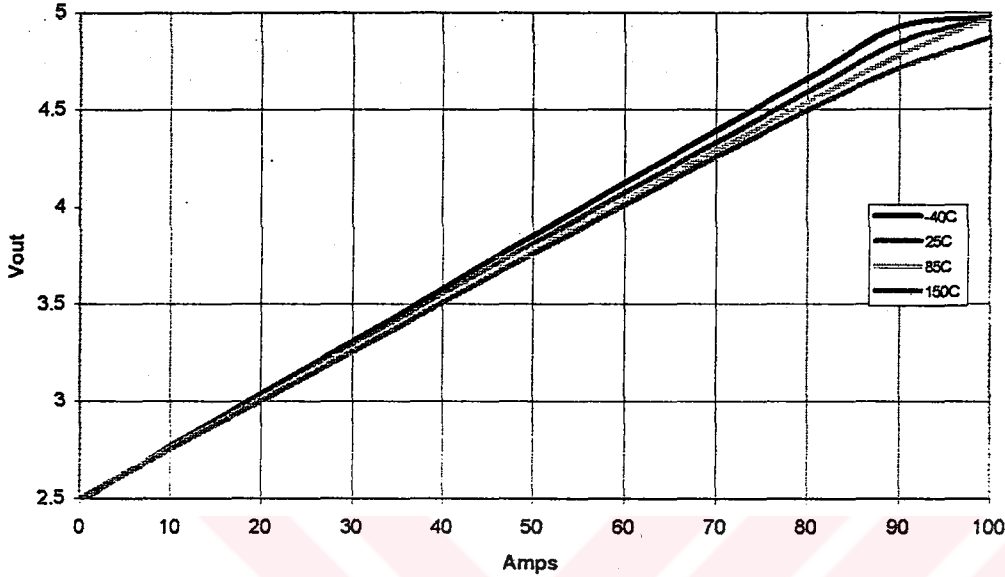
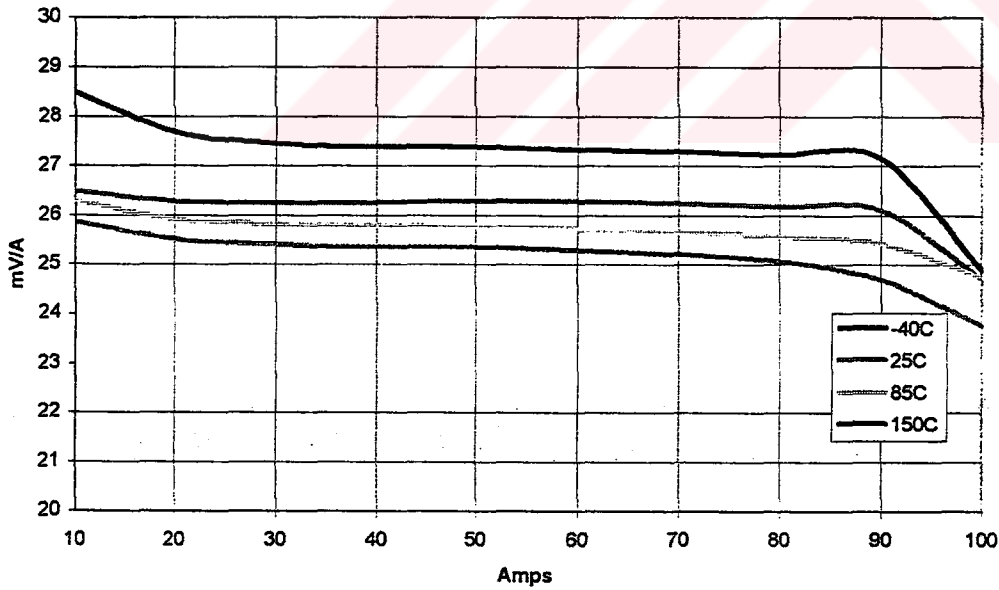


Figure 4: Primary current versus typical sensitivity across temperature

$I_{primary}$ vs typical sensitivity



Allegro Current Sensor: ACS750LCA-050

Figure 5a – Test circuit used to determine peak to peak & RMS noise in linear IC output

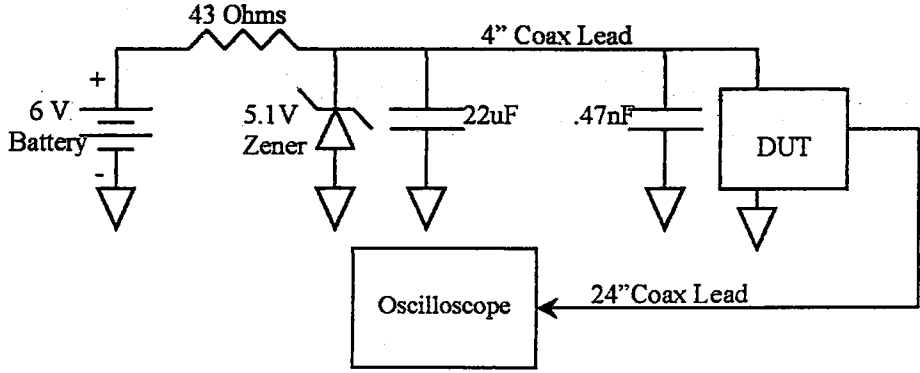


Figure 5b. Noise Analysis of Linear Hall Effect IC within ACS750LCA-050 Package
Peak to Peak Noise Frequency Spectrum of Noise

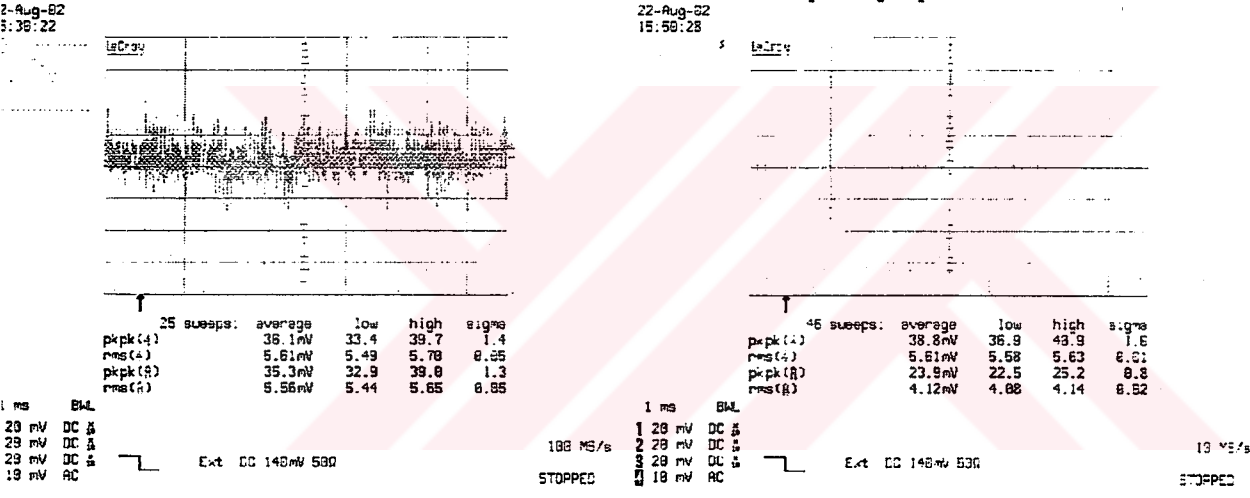


Figure 5c: Peak to Peak Noise, Applying Low Pass Filter to the ACS750LCA-050 Output

Low Pass Filter Break Frequency	Peak to Peak Noise
1.4MHz	34mV
400kHz	26mV
160kHz	19mV
80kHz	14mV
40kHz	10mV



Allegro Current Sensor: ACS750LCA-050

Figure 6: Peak to Peak Hysteresis Across Temperature (after excursion to +/-150A)

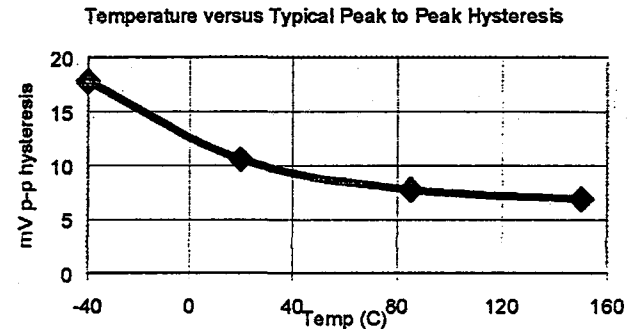
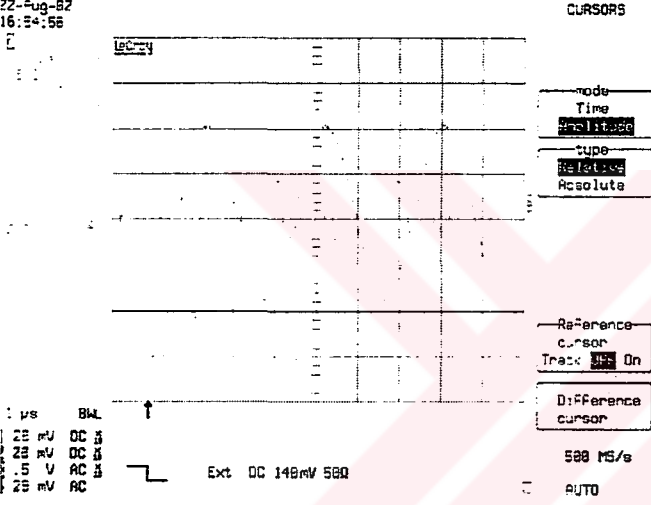
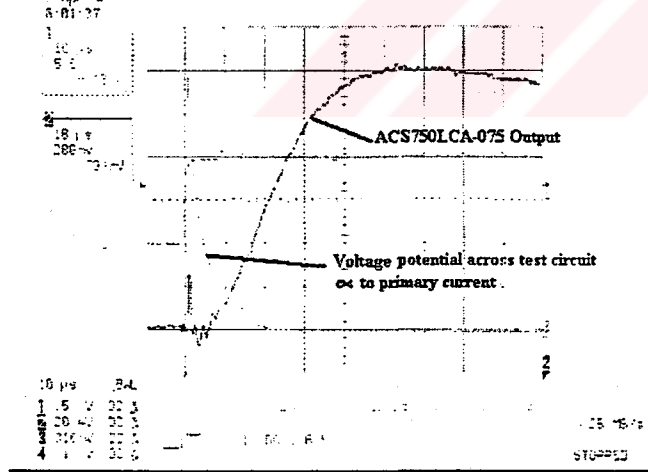
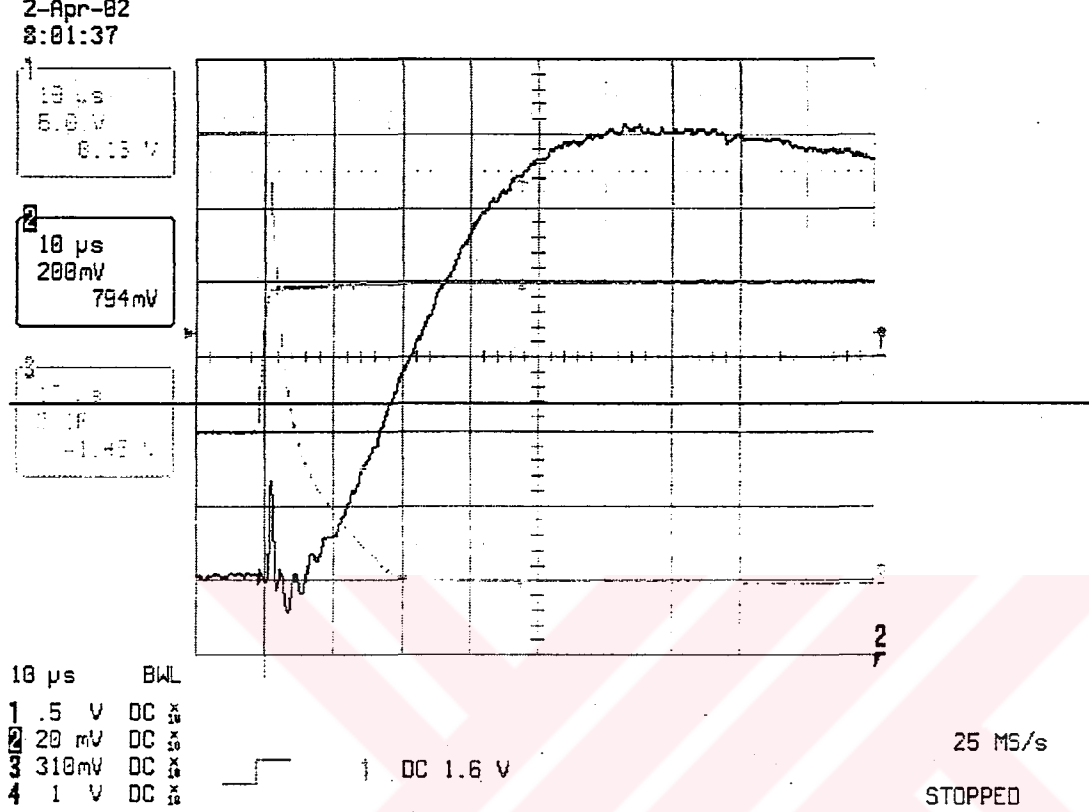


Figure 7: Rejection of Transient Voltage Signal on Iprimary, Typical Attenuation ~55dB



Allegro Current Sensor: ACS750LCA-050

Figure 8: Step response of ACS750LCA-050, $I_{primary} = 50A$



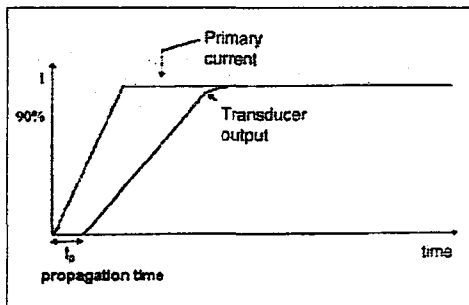
Definitions of dynamic response characteristics

Propagation delay: Propagation delay is the time that it takes for the sensor output to reflect a change in the primary current signal. Propagation delay is typically measured to be 3 to 5usec and is attributed to inductive

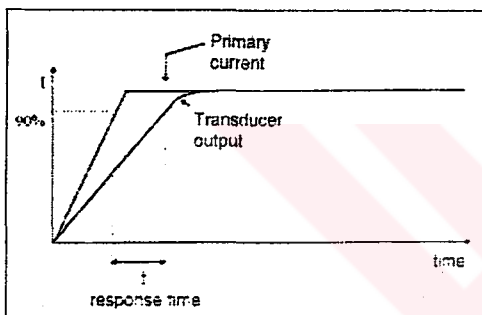


Allegro Current Sensor: ACS750LCA-050

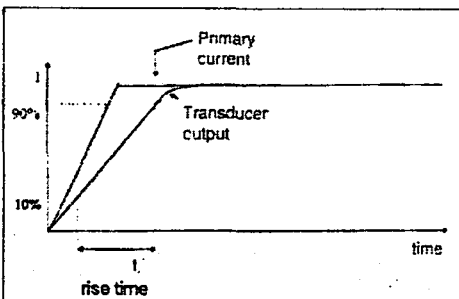
loading within the linear IC package as well as the inductive loop formed by the primary conductor geometry. Propagation delay can be considered as a fixed time offset and may be compensated.



Response time: Response time is the time between when the primary current signal reaches 90% of its final value and when the sensor reaches 90% of its output corresponding to the applied current.



Rise time: Rise time is the time between the sensor output reaching 10 and 90% of its full scale value. The rise time to a step response is used to derive the bandwidth of the current sensor, in which $f(-3dB) = 0.35/tr$. Both rise time and response time are detrimentally affected by eddy current losses observed in the conductive C ground plane and to varying degrees, in the ferrous flux concentrator within the current sensor package.



Package thermal performance

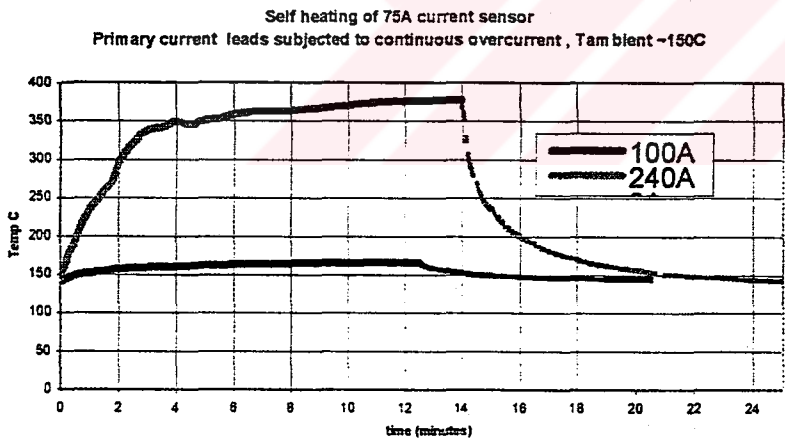
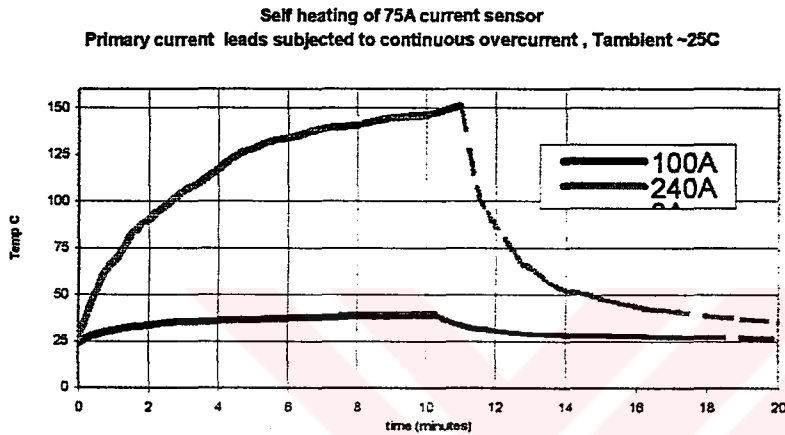


115 Northeast Cutoff, Box 15036
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000
Copyright © 1993, 1995 Allegro Microsystems, Inc.

Allegro Current Sensor: ACS750LCA-050

	Symbol	Test Conditions	Limits		
			Typical	Max.	Units
Electrical resistance of primary conductor	$R_{primary}$	$I_P = \pm 100A; +25^{\circ}C$	120	TBD	$\mu\Omega$
Full-scale power dissipation	$P_{primary}$	$I_P = \pm 100A; +25^{\circ}C$	1.5	TBD	W
Thermal resistance, Junction to Air	θ_{JA}	$T_{ambient} = +25^{\circ}C$	9	TBD	$^{\circ}C/W$

Figure 9: Thermal performance of current sensor, continuous current through primary conductor⁹

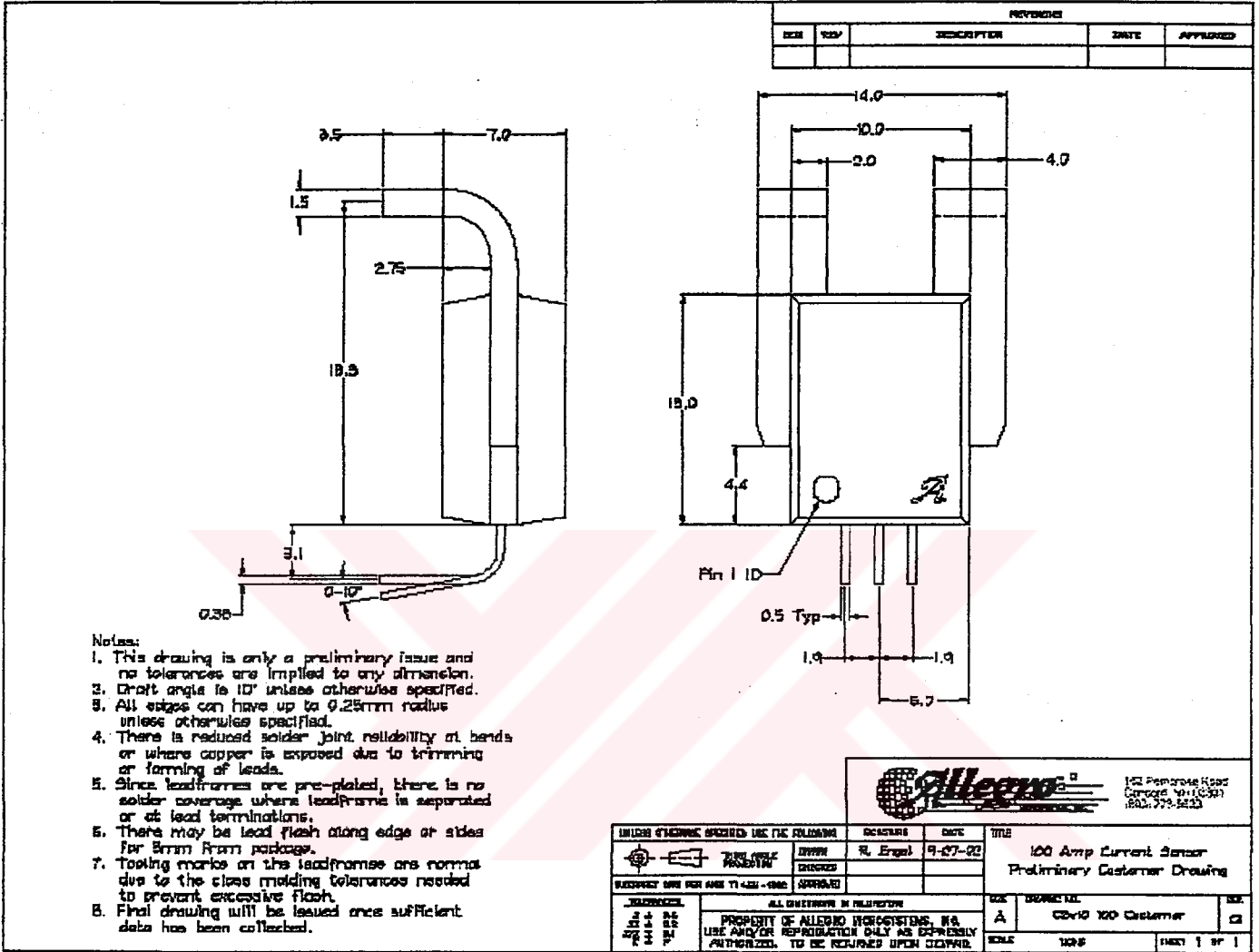


PACKAGE DRAWING

⁹ Over current peak operation is 225A peak, 1 second duration with 10% duty cycle



Allegro Current Sensor: ACS750LCA-050



115 Northeast Cutoff, Box 15036
 Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000
 Copyright © 1993, 1995 Allegro MicroSystems, Inc.

TEMIC

SMP40N10

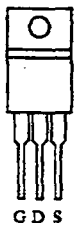
Siliconix

N-Channel Enhancement-Mode Transistor

Product Summary

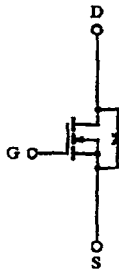
$V_{(BR)DSS}$ (V)	$r_{DS(on)}$ (Ω)	I_D (A)
100	0.040	40

TO-220AB



Top View

DRAIN connected to TAB



N-Channel MOSFET

Absolute Maximum Ratings ($T_C = 25^\circ\text{C}$ Unless Otherwise Noted)

Parameter	Symbol	Limit	Unit
Drain-Source Voltage	V_{DS}	100	V
Gate-Source Voltage	V_{GS}	± 20	V
Continuous Drain Current	I_D	$T_C = 25^\circ\text{C}$	40
		$T_C = 100^\circ\text{C}$	25
Pulsed Drain Current	I_{DM}	160	A
Avalanche Current	I_{AR}	40	A
Avalanche Energy	E_A	240	mJ
Repetitive Avalanche Energy ^a	E_{AR}	40	mJ
Power Dissipation	P_D	$T_C = 25^\circ\text{C}$	125
		$T_C = 100^\circ\text{C}$	60
Operating Junction and Storage Temperature Range	T_J, T_{stg}	-55 to 150	$^\circ\text{C}$
Lead Temperature (¹ / ₁₆ " from case for 10 sec.)	T_L	300	$^\circ\text{C}$

6
N-P-Channel
MOSFETs

Thermal Resistance Ratings

Parameter	Symbol	Typical	Maximum	Unit
Junction-to-Ambient	$R_{\theta JA}$		80	$^\circ\text{C/W}$
Junction-to-Case	$R_{\theta JC}$		1.0	
Case-to-Sink	$R_{\theta CS}$	1.0		

Notes:
a. Duty cycle $\leq 1\%$

SMP40N10

Siliconix

Specifications ($T_J = 25^\circ\text{C}$ Unless Otherwise Noted)

Parameter	Symbol	Test Condition	Min	Typ ^a	Max	Unit
Static						
Drain-Source Breakdown Voltage	$V_{(BR)DSS}$	$V_{GS} = 0\text{ V}, I_D = 250\ \mu\text{A}$	100			V
Gate Threshold Voltage	$V_{GS(th)}$	$V_{DS} = V_{GS}, I_D = 250\ \mu\text{A}$	2.0		4.0	
Gate-Body Leakage	I_{GSS}	$V_{DS} = 0\text{ V}, V_{GS} = \pm 20\text{ V}$			± 100	nA
Zero Gate Voltage Drain Current	I_{DSS}	$V_{DS} = 80\text{ V}, V_{GS} = 0\text{ V}$			25	μA
		$V_{DS} = 80\text{ V}, V_{GS} = 0\text{ V}, T_J = 125^\circ\text{C}$			250	
On-State Drain Current ^b	$I_{D(on)}$	$V_{DS} = 5\text{ V}, V_{GS} = 10\text{ V}$	40			A
Drain-Source On-State Resistance ^b	$r_{DS(on)}$	$V_{GS} = 10\text{ V}, I_D = 25\text{ A}$		0.030	0.040	Ω
		$V_{GS} = 10\text{ V}, I_D = 25\text{ A}, T_J = 125^\circ\text{C}$		0.055	0.072	
Forward Transconductance ^b	g_{fs}	$V_{DS} = 15\text{ V}, I_D = 25\text{ A}$	15	20		S
Dynamic						
Input Capacitance	C_{iss}	$V_{GS} = 0\text{ V}, V_{DS} = 25\text{ V}, f = 1\text{ MHz}$		3000		μF
Output Capacitance	C_{oss}			750		
Reverse Transfer Capacitance	C_{rss}			150		
Total Gate Charge ^c	Q_g	$V_{DS} = 50\text{ V}, V_{GS} = 10\text{ V}, I_D = 40\text{ A}$		62	80	nC
Gate-Source Charge ^c	Q_{gs}			20	30	
Gate-Drain Charge ^c	Q_{gd}			26	35	
Turn-On Delay Time ^c	$t_{d(on)}$	$V_{DD} = 50\text{ V}, R_L = 1.25\ \Omega$ $I_D = 40\text{ A}, V_{GEN} = 10\text{ V}, R_G = 5\ \Omega$		17	30	ns
Rise Time ^c	t_r			80	120	
Turn-Off Delay Time ^c	$t_{d(off)}$			40	60	
Fall Time ^c	t_f			20	40	
Source-Drain Diode Ratings and Characteristics ($T_C = 25^\circ\text{C}$)						
Continuous Current	I_S				40	A
Pulsed Current	I_{SM}				180	
Forward Voltage ^b	V_{SD}	$I_F = 40\text{ A}, V_{GS} = 0\text{ V}$			1.3	V
Reverse Recovery Time	t_{rr}			120	250	ns
Reverse Recovery Charge	Q_{rr}			0.3		μC

Notes:

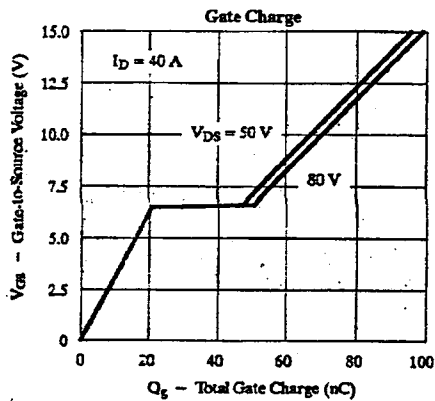
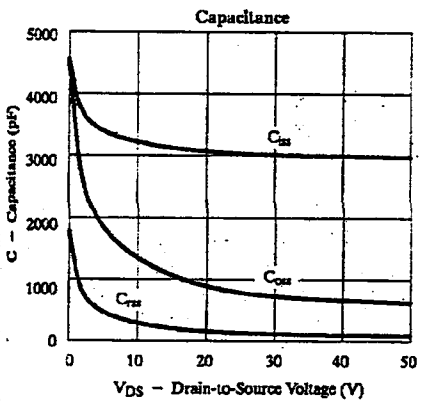
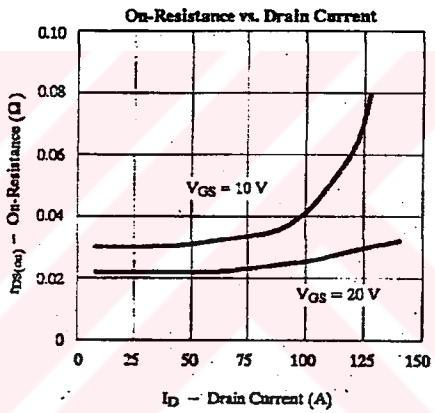
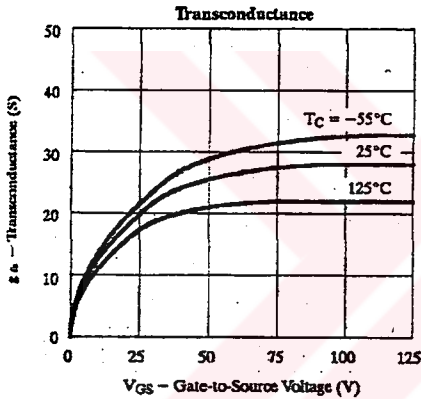
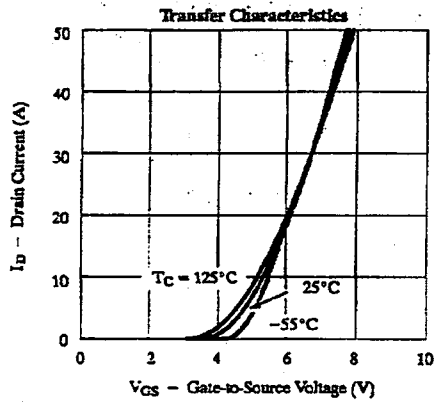
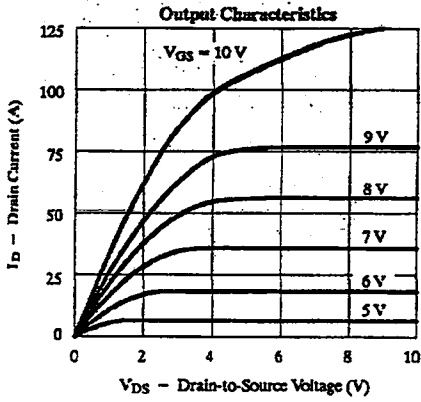
- a. For design aid only; not subject to production testing.
- b. Pulse test; pulse width $\leq 300\ \mu\text{s}$, duty cycle $\leq 2\%$.
- c. Independent of operating temperature.

TEMIC

Siliconix

SMP40N10

Typical Characteristics (25°C Unless Otherwise Noted)

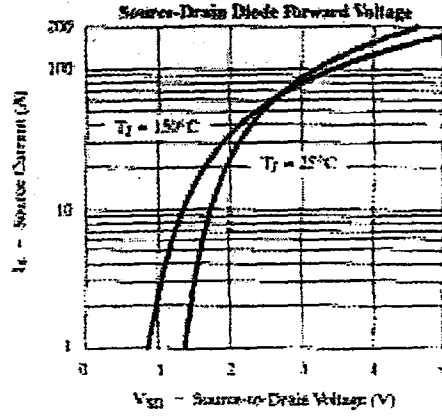
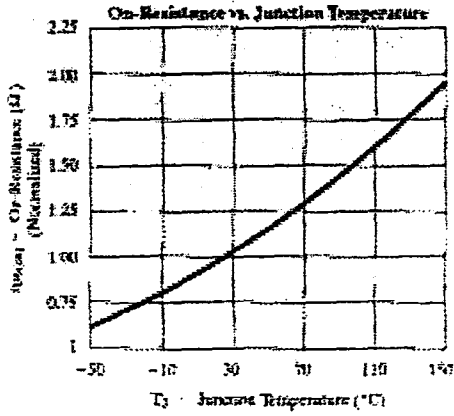


6
N-/P-Channel
MOSFETs

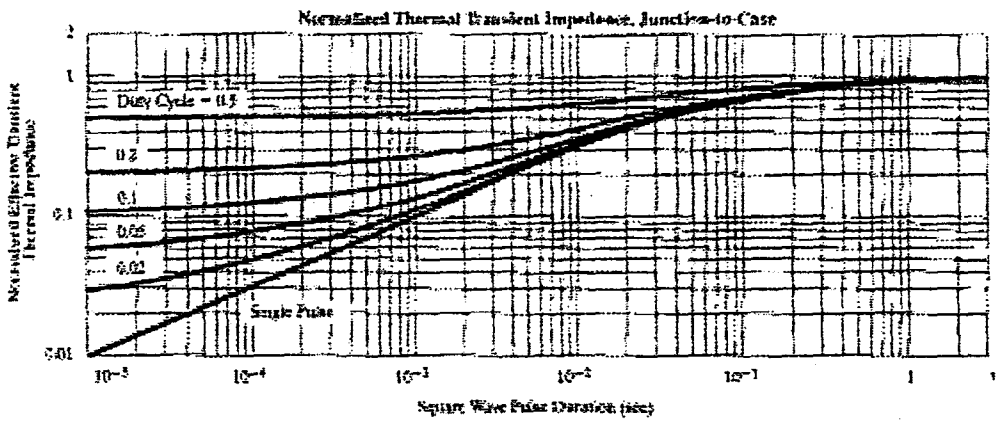
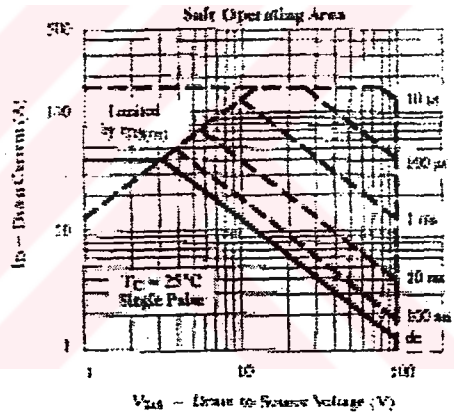
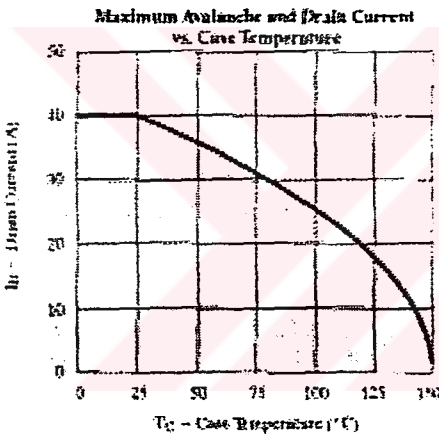
SMP40N10

Siliconix

Typical Characteristics (25°C Unless Otherwise Noted)

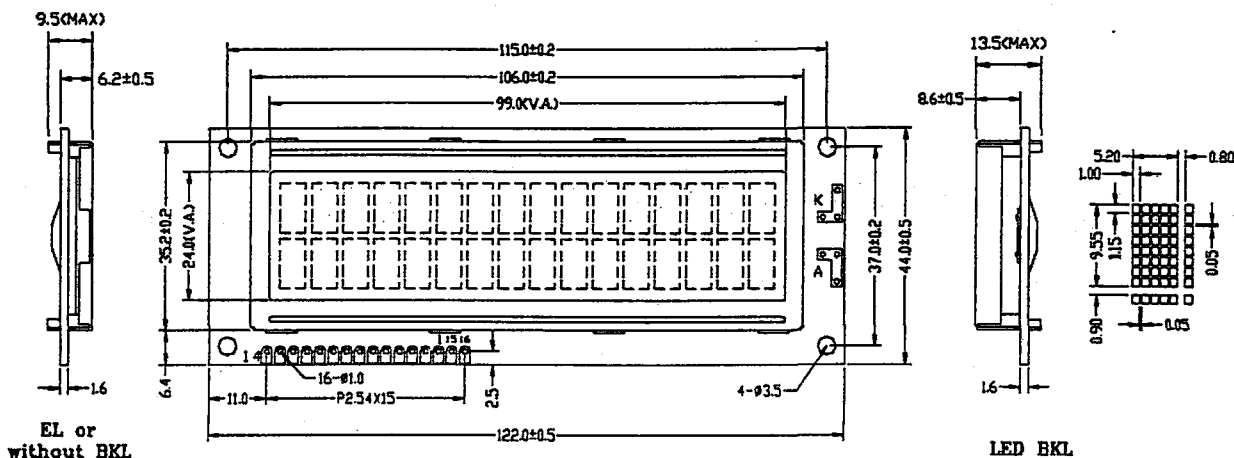


Thermal Ratings





Outline Dimension



Feature

- 5X8 dots with cursor
- Built-in controller (KS0066U or Equivalent)
- +5V power supply(Also available for +3.0V)
- 1/16 duty cycle
- BKL to be driven by pin1, pin2, or pin15, pin16 or A, K
- N.V.optional

Interface pin connections

Pin No	Symbol	Function
1	VSS	GND
2	VDD	+5V
3	V0	Contrast adjustment
4	RS	H/L Register select signal
5	R/W	H/L Read/Write signal
6	E	H/L Enable signal
7	DB0	H/L Data bus line
8	DB1	H/L Data bus line
9	DB2	H/L Data bus line
10	DB3	H/L Data bus line
11	DB4	H/L Data bus line
12	DB5	H/L Data bus line
13	DB6	H/L Data bus line
14	DB7	H/L Data bus line
15	A	+4.2V for BKL
16	K	Power supply for BKL(0V)

Mechanical Data

Item	Standard	Unit
Module dimension	122.0x44.0	mm
Viewing area	99.0x24.0	mm
Dot size	1.00x1.15	mm
Character size	5.20x9.55	mm

Absolute Maximum Rating

Item	Symbol	Standard			Unit
		Min	Typ	Max	
Power supply	VDD-VSS	-0.3	—	5.5	V
Input voltage	VI	-0.3	—	VDD	

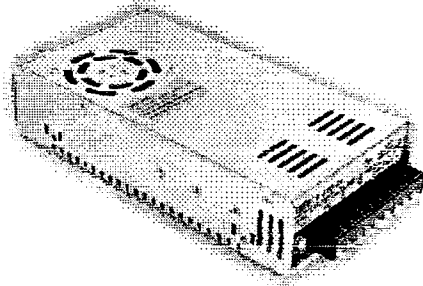
Electronical characteristics

Item	Symbol	Condition	Standard			Unit
			Min	Typ	Max	
Input voltage	VDD	+5V	4.7	5.0	5.5	V
		+3.3V	2.7	3.0	5.3	
Supply current	I _{DD}	VDD=5V	—	1.5	4	mA
Recommended LCD driving voltage for normal temp version module	VDD-V0	-20°C	—	—	—	V
		0 °C	4.7	5.0	5.5	
		25°C	4.3	4.5	4.7	
		50°C	4.1	4.3	4.5	
		70°C	—	—	—	
LED forward voltage	V _F	25°C	—	4.2	4.6	V
LED forward current	I _F	25°C	—	240	—	mA
EL power supply current	I _{EL}	V _{EL} =110V AC 400Hz	—	—	—	mA

Display character address code:

Display position

Address	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
DDRAM address	00	01	02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0FH
DDRAM address	40	41	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4FH



■ Features :

- AC input range selectable by switch
- Protections: Short circuit/Over load/Over voltage/Over temperature
- Forced air cooling by built-in DC fan
- Cooling Fan ON-OFF auto control
- 100% full load burn-in test
- Fixed switching frequency at 90KHz
- 2 years warranty

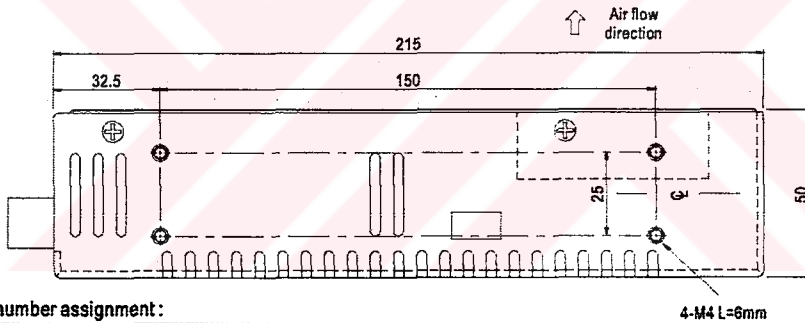
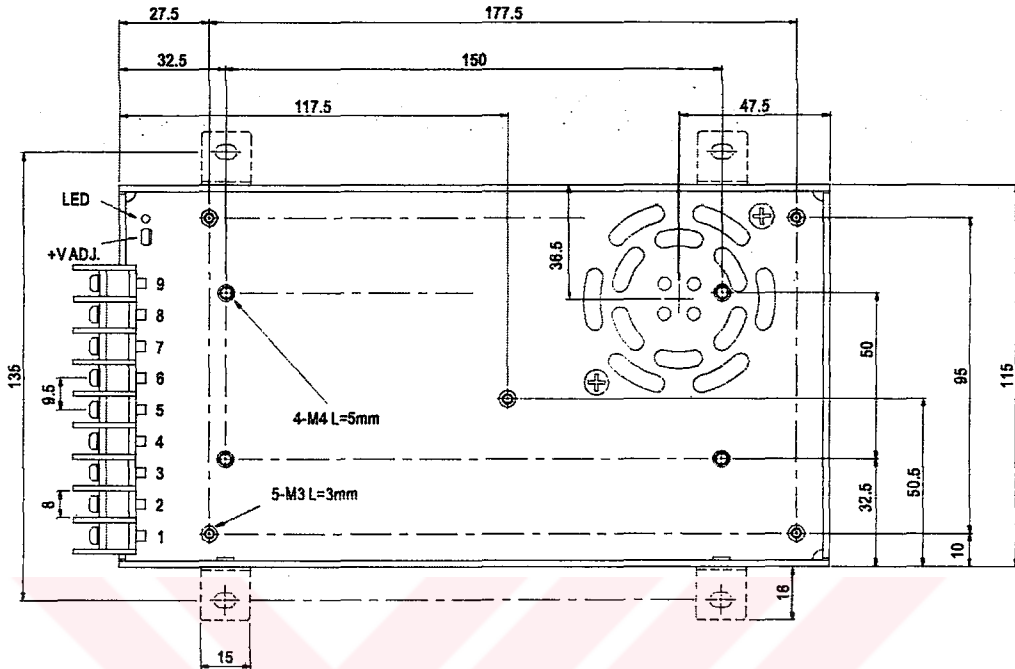


SPECIFICATION

MODEL	S-320-5	S-320-7.5	S-320-12	S-320-13.5	S-320-15	S-320-24	S-320-27	S-320-48	
OUTPUT	DC VOLTAGE	5V	7.5V	12V	13.5V	15V	24V	27V	48V
	RATED CURRENT	50A	36A	25A	22A	20A	12.5A	11A	6.5A
	CURRENT RANGE	0 ~ 50A	0 ~ 36A	0 ~ 25A	0 ~ 22A	0 ~ 20A	0 ~ 12.5A	0 ~ 11A	0 ~ 6.5A
	RATED POWER	250W	270W	300W	297W	300W	300W	297W	312W
	RIPPLE & NOISE (max.) Note.2	150mVp-p	150mVp-p	150mVp-p	150mVp-p	150mVp-p	150mVp-p	200mVp-p	240mVp-p
	VOLTAGE ADJ. RANGE	4.5 ~ 5.7V	6 ~ 9V	10 ~ 13.2V	12 ~ 15V	13.5 ~ 18V	20 ~ 26.4V	26 ~ 32V	41 ~ 56V
	VOLTAGE TOLERANCE Note.3	±2.0%	±2.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%
	LINE REGULATION	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%
LOAD REGULATION	±1.0%	±1.0%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	
SETUP, RISE, HOLD TIME	2000ms, 20ms, 20ms at full load								
INPUT	VOLTAGE RANGE	88 ~ 132VAC / 176~264VAC by switch							248 ~ 370VDC
	FREQUENCY RANGE	47 ~ 63Hz							
	EFFICIENCY(Typ.)	77%	80%	82%	83%	84%	86%	86%	87%
	AC CURRENT	6A/115VAC	3.5A/230VAC						
	INRUSH CURRENT(max.)	20A/115VAC	40A/230VAC						
LEAKAGE CURRENT	<3.5mA / 240VAC								
PROTECTION	OVER LOAD	105 ~ 135% rated output power Protection type : Hiccup mode, recovers automatically after fault condition is removed							
	OVER VOLTAGE	5.75 ~ 6.75V	9.4 ~ 10.9V	13.8 ~ 16.2V	15.5 ~ 18.2V	18 ~ 21V	27.6 ~ 32.4V	33.7 ~ 39.2V	57.6 ~ 67.2V
	FAN CONTROL O.T.P.	RTH1 ≥ 65°C FAN ON, ≤ 55°C FAN OFF, ≥ 70°C output shutdown(5 ~ 15V) RTH1 ≥ 70°C FAN ON, ≤ 65°C FAN OFF, ≥ 80°C output shutdown(24 ~ 48V)							
ENVIRONMENT	WORKING TEMP.	-10 ~ +60°C (Refer to output load derating curve)							
	WORKING HUMIDITY	20 ~ 90% RH non-condensing							
	STORAGE TEMP., HUMIDITY	-20 ~ +85°C, 10 ~ 95% RH							
	TEMP. COEFFICIENT	±0.03%/°C (0 ~ 50°C)							
SAFETY & EMC	VIBRATION	10 ~ 500Hz, 2G 10min./1cycle, Period for 60min. each along X, Y, Z axes							
	SAFETY STANDARDS	UL60950-1 Approved							
	WITHSTAND VOLTAGE	I/P-O/P:3KVAC	I/P-FG:1.5KVAC	O/P-FG:0.5KVAC					
OTHERS	ISOLATION RESISTANCE	I/P-O/P, I/P-FG, O/P-FG:100M Ohms/500VDC							
	MTBF	188.7K hrs min. MIL-HDBK-217F (25°C)							
	DIMENSION	215*115*50mm (L*W*H)							
NOTE	PACKING	1.08Kg; 12pcs/13.8Kg/0.92CUFT							
		1. All parameters NOT specially mentioned are measured at 230VAC input, rated load and 25°C of ambient temperature. 2. Ripple & noise are measured at 20MHz of bandwidth by using a 12" twisted pair-wire terminated with a 0.1uf & 47uf parallel capacitor. 3. Tolerance : includes set up tolerance, line regulation and load regulation.							

■ Mechanical Specification

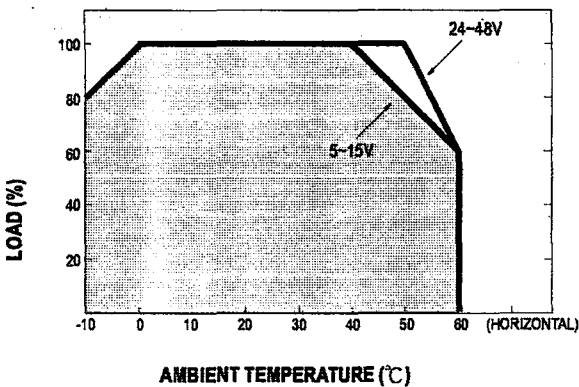
Case No. 912 Unit:mm



Terminal pin number assignment:

Pin No.	Assignment	Pin No.	Assignment
1	AC/L	4-6	DC OUTPUT -V
2	AC/N	7-9	DC OUTPUT +V
3	FG ≐		

■ Derating Curve



■ Static Characteristics

