

# ELEKTRİK GÜÇ SİSTEMİNİN KALİTESİNİ BOZAN FAKTÖRLERİN İNCELENMESİ

## 1.1 ELEKTRİK GÜÇ SİSTEMLERİNDE KALİTE

### 1.1.1. GÜÇ KALİTESİNİN TANIMI

Vazgeçilmez bir enerji kaynağı olan elektrik enerjisini üreten, ileten ve dağıtan kuruluşların görevi; kesintisiz, ucuz ve kaliteli bir hizmet tüketicilerine sunmaktır. Güç kalitesi kavramında maksat, sabit şebeke frekansında; sabit ve sinüsoidal biçimli uç gerilimidir.

Ancak bu tür enerji pratikte bir takım zorluklarla sağlanabilir. Güç sistemine bağlanan bazı elemanlar ve bunların yol açtığı olaylar sebebiyle tam sinüsoidal değişimden sapmalar olabilmektedir. Tam sinüsoidal'den sapma, genellikle harmonik adı verilen bileşenlerin ortaya çıkması ile ifade edilir ve buna sebep olan etkenlerin başında ise manyetik ve elektrik devrelerindeki lineersizlikler (Nonlineerlik) gelir.

- **Kaliteli Elektrik Enerjisi**, şebekenin tanımlanan bir noktasında, gerilimin genlik ve frekansının anma değerlerini koruması ve gerilim dalga şeklinin sinüs biçiminde bulunmasıdır.
- Bu tanımın tersi olarak, gerilimin genliğinin değişmesi, kesintiler, gerilim darbeleri, fliker, gerilimin doğru bileşen içermesi, dalga şeklinin sinüsten uzaklaşması, frekans değişimleri, üç faz dengesizlikleri enerji kalitesizliğidir.
- Enerji kalitesi çoklukla yük tarafından bozulur. V-I karakteristiği lineer olmayan yükler şebekeden sinüs olmayan akımlar çeker ve bu akımlar şebekede sinüs olmayan gerilim düşümleri oluşturarak besleme noktasındaki gerilimin dalga şeklini bozar.
- Gerilim ve/veya akım dalga şekli sinüs biçiminde değilse, bu dalgaya Fourier analizi uygulanarak harmonikler bulunur.

### 1.1.2. GÜÇ KALİTESİNDE AZALMA

Endüstriyel cihaz ve proseslerin doğru biçimde çalışmasını engeller nitelikte olan elektromanyetik kesintiler, iletilen kesintiye ve ışınımlı kesintiye bağlı olarak farklı sınıflara ayrılır:

- düşük frekans (< 9 kHz),
  - yüksek frekans ( $\geq 9$  kHz),
  - elektrostatik deşarj.
- Güç Kalitesi ölçümleri genellikle düşük frekansla sağlanan elektromanyetik kesintilerin karakteristiklerinin belirlenmesiyle ilgilidir:
- Gerilim düşmesi ve kesintisi,
  - Harmonikler ve iç harmonikler,
  - Geçici güç frekanslı aşırı gerilimler,
  - Dalgalanma,
  - Geçici aşırı gerilimler,
  - Gerilim dalgalanmaları,
  - Gerilim dengesizlikleri,
  - Güç-frekans dalgalanmaları,
  - AC şebekelerde DC,
  - Sinyalleme gerilimleri.

Genelde, her bir kesinti türünün ölçülmesi gibi bir gereksinim bulunmamaktadır. Kesinti türleri gerilimin büyüklüğü, dalga formu, frekansı ve simetrisini etkilemelerine göre dört kategoride incelenebilir. Bu karakteristiklerin birçoğu herhangi bir kesinti türü ile

kolaylıkla bağdaşabilir. Kesintiler ayrıca süreklilik, yarı süreklilik veya rasgelelik niteliklerine göre de sınıflandırılabilir (yıldırım, kısa devre, anahtarlama, vb.).

### 1.1.3. GÜÇ KALİTESİ ÖLÇÜTLERİ VE STANDARTLARI

Uluslar arası IEC 519-1992 'ye göre standartlar içinde kabul edilen harmonik bozulma değerleri, **Gerilim için % 3, Akım için % 5** olarak belirlenmiştir. Bu limit değerlerinin üzerinde bulunan harmonik oranlarında, elektrik sistemleri için tehlikeli ve büyük maddi zararlar oluşturabilecek problemler meydana gelmektedir. Elektrik enerji kalitesinin bozulma oranının tespiti için standartlarla belirlenmiş olan, aşağıdaki bağıntılar kullanılabilir;

- Toplam Harmonik Bozulma ( Gerilim için )  $[THD]_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2}}{V_1}$
- Toplam Harmonik Bozulma ( Akım için )  $[THD]_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1}$
- Bozulma indeksi (Almanya ) (DIN)  $DIN = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2}}{V} \Rightarrow DIN^2 = \frac{THD^2}{1 + THD^2}$
- Telefon Girişim Faktörü ( TIF )  $[TIF]_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} (\omega_h \cdot V_h^2)}}{\sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} V_h^2}} ;$
- Mesaj Ağırlığı ( C )  $\Rightarrow C = \frac{\sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} (C_i \cdot I_h^2)}}{I}$

Elektrik Güç kalitesinin bozulması ile ilgili belli başlı standartlar aşağıda belirtilmiştir.

- EN 50 006 "The Limitations of Disturbances in Electricity Supply Networks caused by Domestic and Similar Appliances Equipped with Electronic Devices" Comite Europeen de Normalisation Electrotechnique, CENELEC.
- IEC Norm 555-2 555-3 , Inernational Energy Commission
- IEC 1000-3-2, 1995, (EN 6100-3-3) 1995 Alçak gerilimde gerilim dalgalanması ve fliker sınırlarını belirler.
- VDE 0838 Beyaz Eşya, VDE 0160 Çeviriciler, VDE 0712 Floresant
- IEEE 519-1992 "Guide for Harmonics Control and Reactive Compensation of Static Power Converters, ANSI/IEEE Std.519
- TS 9882: Ev tipi cihazlar ve benzeri elektrik donanımının elektrik besleme sistemlerinde yol açtığı bozulmalar. Bölüm 2: Harmonikler
- EN 6100-3-2: Elektromanyetik uyumluluk ( EMC ) –Kısım 3. Sınırlar ,Bölüm2: Harmonik akım emisyon sınırları ( Faz başına 16 A'den küçük cihazlar).
- IEC 1000-3-4: Elektromanyetik uyumluluk ( EMC ) –Kısım 3. Sınırlar ,Bölüm4: Harmonik akım emisyon sınırları ( Faz başına 16 A'den büyük cihazlar)

- IEC 1000-2-2:Elektromanyetik uyumluluk ( EMC ) –Kısım 2: Düşük frekanslı iletken dağıtımları ve düşük gerilim sistemleri işaretleşmede uyumluluk seviyeleri

## 1.2 ELEKTRİK GÜÇ SİSTEMLERİNDEKİ BOZULMALAR

### 1.2.1. GENEL

- **Kesinti (Outage):** En az bir yarım dalga boyu süresince gerilimin sıfır değerini almasıdır.Nedeni şebeke arızalarıdır.
- **Gerilim Darbesi (Voltage impulse):** 50V ve 5kV genlikli,0.5 ile 2ms sürelidir. Nedeni,yük ve şebeke açma kapamaları,kontaklar arasındaki ark ve yıldırımdır.
- **Harmonik :** Gerilim ve akım dalga biçiminin ideal sinüsten uzaklaşmasıdır.Nedeni;güç elektroniği devreleri,elektro-mekanik makinelerde doyma ve ark ilkesiyle çalışan cihazlardır.
- **Centik (Notches):** Şebeke geriliminin bir tam dalgasında doğrultucu darbe sayısı kadar tekrarlanan çökmelerdir.Nedeni doğrultucuları besleyen trafo ve hat endüktansının anahtarlarının aktarımını geciktirmesidir.
- **Frekans Değişimi :** Frekansın anma değerinden sapmasıdır.Nedeni elektrik şebekesi ve generatörlerin ayar düzeneklerinin yetersizliğidir.
- **Gerilim Düşmesi (Voltage Sag):** Gerilimin bir tam dalgadan daha uzun bir süre %80'den daha düşük bir değere düşmesidir.Nedeni şebeke yetersizliği,aşırı yüklenme,büyük motorların yol alması ve kısa devreleridir.
- **Gerilim Yükselmesi (Voltage swell):** Gerilimin bir tam dalgadan daha uzun bir süre %110'dan daha büyük bir değere çıkmasıdır.Nedeni yük azalması ve şebekedeki ayar zayıflığıdır.
- **Fliker:** Gerilimin periyodik olarak 6-7 tam dalga süresince (8-9 Hz) azalması ve yükselmesidir.Nedeni ark fırını gibi dalgalı aşırı yüklerdir.
- **Elektromanyetik Girişim (EMI):** Genliği 100µV ile 100V,frekansı 10kHz ile 1GHz olan küçük enerjili bozucu bir dalgadır.Nedenleri;anahtarlamalı güç kaynakları, motor kontrol devreleri,telsiz yayınları ve güç hatları üzerinden yapılan haberleşmedir.
- **Doğru Gerilim Bileşeni:** Alternatif gerilimin,pozitif yarım dalga ve negatif yarım dalga alanlarının birbirine eşit olmamasıdır.
- **Elektriksel Gürültü (Noise) :** Elektrik dalgası üzerinde geçici olarak yürüyen, hızlı transientlerin sebep olduğu bir bozulma türüdür.Faz iletkeni,nötr iletkeni veya sinyal hatlarında ortaya çıkabilir.

### 1.2.2. GERİLİM DÜŞMESİ VE KESİNTİSİ (Voltage Dips and Interruptions)

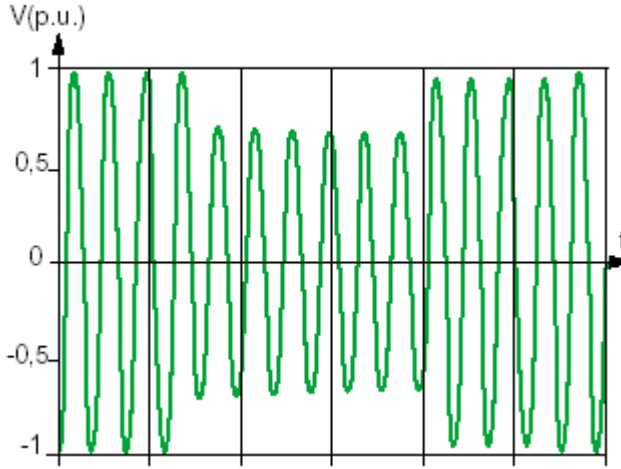
#### 1.2.2.1.GENEL

Gerilim düşmesi, bir elektrik güç sisteminde meydana gelen anlık düşüş olup, birkaç çevrim ile birkaç saniye arasında kısa bir süre sonra gerilimin düzelmesiyle sonuçlanır (IEC 61050-161). Gerilim düşmesi her yarım çevrimde bir çevrim üzerinden kök ortalama kare, “rms 1/2”, değeri hesaplanarak karakterize edilir ve her bir periyot bir öncekini yarım çevrimi aşar.

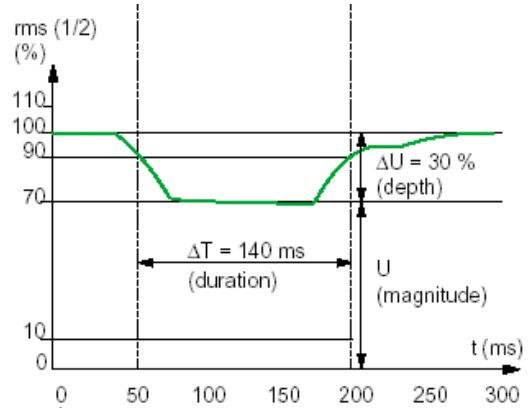
Eğer,gerilimin rms (1/2) değeri,(1/3\*Uref) geriliminin referans değerinin 1/3 katının altına düşerse,bu durumda belirli bir x yüzdesi oranında gerilimin değerinde düşme yaşanır.CENELEC EN 50160, IEEE 1159 standartlarına göre bu değer Uref referans geriliminin %10 değişmesi olarak kabul edilir.

Kesinti, Uref'in yüzde birkaçına kadar olan özel bir gerilim düşüklüğü türüdür (tipik olarak % 1-10 arası). Sadece süre olmak üzere tek bir parametre ile karakterize edilirler. Kısa kesintiler bir dakikadan daha az sürer (şebekenin işletme koşullarına bağlı olarak üç dakikaya kadar çıkabilir) ve genellikle, uzun süreli kesintilerden kaçınmak amacıyla tasarlanmış bir devre kesicinin açılması veya otomatikman kapanmasıyla sonuçlanır. Kısa ve uzun süreli kesintiler

hem kaynaklarına göre hem de meydana gelmelerini önlemek veya azaltmak amacıyla getirilen çözümlere göre farklılık gösterirler.



Şekil 1.1. Gerilim düşmesi dalga formu



Şekil 1.2. Gerilim düşmesinin rms (1/2) değerinin karakteristiği

### 1.2.2.2.SEBEPLERİ

➤ Gerilim düşmesi ve kısa kesintiler ağırlıklı olarak, gözlem noktasıyla kesinti kaynağı arasındaki elektriksel mesafe oranında azalan bir büyüklükle, şebeke empedansları boyunca bir gerilim düşmesiyle sonuçlanan yüksek gerilimlere neden olan çok özel durumlarda kendini gösterir.

➤ İletim (YG) veya dağıtım (AG veya OG) şebekelerinde veya tesisatın kendisinde meydana gelen hatalar tüm kullanıcılarda gerilimin düşmesine neden olur. Düşüşün süresi genellikle koruyucu cihazların çalışma süresiyle güçlendirilir. Hataların koruyucu cihazlarla (devre kesiciler, sigortalar) izolasyonu, güç sisteminin hatalı bölümünden beslenen kullanıcıların kesintilere (kısa veya uzun) maruz kalmasına neden olur. Güç kaynağı artık mevcut olmasa bile; şebeke gerilimi, asenkron veya senkron motorların yavaşlamasıyla (0.3'den 1s'ye) elde edilen gerilim veya güç kaynağına bağlı kondansatör banklarının deşarj edilmesiyle açığa çıkan gerilimle de sağlanabilir.

➤ Kısa kesintiler genellikle, (hızlı ve/veya yavaş) otomatik devre kesicisi gibi şebeke üzerinde bulunan otomatik sistemlerin çalıştırılması, veya trafo ile generatör arasındaki kilitleme düzeneğinin çalıştırılması veya hatların fazlarının tersine çevrilmesinin (enversör) bir sonucudur. Kullanıcılar, geçici veya yarı kalıcı hataların giderilmesi için gerçekleştirilen otomatik kapama (havai veya karışık radyal şebekelerde) veya hatanın yerini tespit etmek için gerçekleştirilen gerilim geri beslemesinin bir sayıklı olan aralıklı ark hatalarından kaynaklanan ardışık gerilim düşmesi ve/veya kısa kesintilere maruz kalırlar.

➤ Gerilim düşmesi ve kesintileri, trafo kullanılarak daha alçak gerilim seviyelerine aktarılır. Etkilenen faz sayısı ve gerilim düşüklüklerinin derinliği hata tipine ve trafo kuplajına bağlıdır.

➤ Kötü hava şartlarına maruz kalan havai şebekelerde, yeraltı şebekelerine oranla daha fazla sayıda gerilim düşmesi ve kesintisine rastlanır. Ancak, havai veya karışık şebekeler gibi aynı hat sistemine bağlı bir yeraltı kaynağı da havai iletim hatlarını etkileyen hatalar nedeniyle gerilim düşmesinden etkilenecektir.

➤ Geçici kesintiler ( $\Delta T < T/2$ ) ise örneğin kondansatör banklarının enerjilenmesi, bir hatanın bir sigorta veya hızlı bir AG devre kesici ile izolasyonu veya çok fazlı doğrultuculardan gelen komütasyon dişlilerinden kaynaklanabilir.

### 1.2.2.3.ETKİLERİ

Gerilim düşüş ve kesintileri, tesisata bağlı birçok cihazda problem yaratmaktadır. Bunlar, çok sık olarak Güç Kalitesi problemlerine neden olmaktadır. Birkaç yüz milisaniyelik bir gerilim düşüklüğü veya kesintisi, birkaç saat süren zararlı sonuçlar yaratabilir.

#### ***En hassas uygulamalar şunlardır.***

- Prosesin, zincirdeki herhangi bir ögenin geçici bir süre için kapanmasını tolere edemediği eksiksiz ve kesintisiz üretim hattı (baskı, çelik işleri, kağıt fabrikaları, petrokimyasallar, vb.)
- Aydınlatma ve güvenlik sistemleri (hastaneler, havaalanı aydınlatma sistemleri, kamu binaları ve yüksek binalar, vb.)
- Bilgisayarlar (bilgi işlem merkezleri, bankalar, telekomünikasyon, vb.)
- Elektrik santralleri için gerekli olan yardımcı tesisler.

Aşağıdaki paragraflarda gerilim düşüklüklerinin ve kesintilerinin endüstri ve hizmet sektörlerinde ve konut sektörlerinde kullanılan cihazlar üzerindeki önemli etkileri yer almaktadır.

#### **a) Asenkron motorlar**

Gerilim düşüklüğü meydana geldiğinde, asenkron motorun torku ( $V^2$  ile orantılı) aniden düşer ve bu da motoru yavaşlatır. Bu yavaşlama, gerilimdeki düşüşün büyüklüğüne ve süresine, döner kütlelerin ataletine ve tahrik yükünün tork-devir özelliklerine bağlıdır.

Motorun geliştirdiği tork, dirençli torkun altına düşerse motor durur. Herhangi bir kesintinin ardından gerilim eski değerine dönerken motor, değeri neredeyse başlangıç akımının değeri kadar olan akımı emme ve yeniden hızlanma eğilimindedir. Bunun süresi kesintinin süresine göre değişmektedir. Bir tesisatta birden fazla motor varsa eşzamanlı yol verme, tesisat üzerindeki besleme empedansında bir gerilim düşüklüğüne neden olabilir. Bu da, düşüşün süresini artıracak ve yol vermeyi zorlaştıracak (aşırı ısınmaya neden olan uzun süreli yol vermeler) veya imkansız hale (motor torku < dirençli torktan) getirecektir.

Aşırı akımlar ve sonuç olarak meydana gelen gerilim düşüklükleri hem motor üzerinde (kavrama ve redüktörler üzerinde anormal mekanik stres ile yalıtım bozukluklarına ve tork şoklarına neden olabilecek aşırı ısınma ve bobinlerde elektro dinamik güç; bu, zamanından önce aşınmaya ve hatta bozulmaya yol açabilir), hem de kontaktörler gibi diğer cihazlar üzerinde de bağlantıların aşınması ve hatta birbirine geçmesi gibi etkiler oluşturabilir.

Aşırı akımlar, tesisatın genel ana koruyucu cihazlarının açılmasına ve böylece prosesin kapanmasına neden olabilir.

#### **b) Senkron motorlar**

Etkiler, asenkron motorlar üzerindeki etkilerle neredeyse aynıdır. Ancak senkron motorlar, genellikle daha büyük olan ataletleri, aşırı tahrik olasılıkları ve torklarının gerilim ile orantılı olması sayesinde stop etmeden daha fazla gerilim düşüklüğüne dayanabilirler (yaklaşık %50). Motor devri sifıra düştüğünde (stop ettiğinde) motor durur ve tüm karmaşık çalıştırma sürecinin tekrarlanmasını gerektirir.

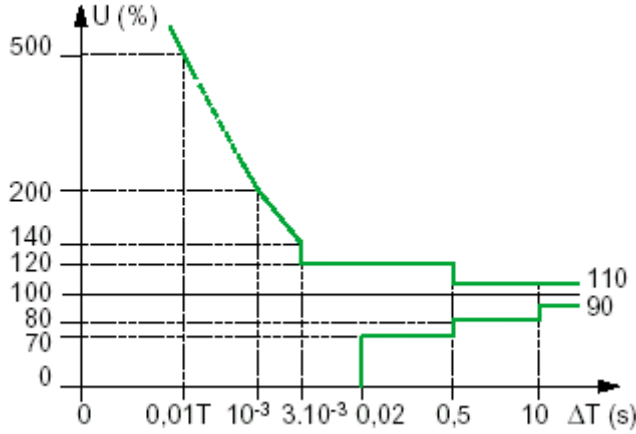
#### **c) Hareket elemanları**

Doğrudan tesisattan çalıştırılan kontrol cihazları (kontaktörler, gerilim kaybı bobinli devre kesiciler), büyüklüğü standart bir kontaktör için %25  $U_n$ 'i aşan gerilim düşüklüklerine karşı

duyarlıdır. Gözlenmesi gereken minimum bir gerilim değeri vardır (düşme gerilimi olarak bilinir), aksi takdirde kutuplar ayrılacaktır ve bir gerilim düşüklüğünü (birkaç on milisaniye süren) veya kısa bir kesintiyi uzun (birkaç saat süren) bir kesintiye dönüştürecektir.

#### d) Bilgisayarlar

Günümüzde bilgisayarlar (bilgisayarlar, ölçüm cihazları) tesisatların, yönetimin ve üretimin izlenmesinde, kontrol ve kumanda edilmesinde hakim bir konuma sahiptir. Tüm bu cihazlar, %10 Un.'i aşan gerilim düşüklüklerine karşı duyarlıdır. Aşağıdaki egride, ITIC (Bilgisayar Endüstri Konseyi), bilgisayarların; gerilim düşmelerine, kesintilere ve aşırı gerilimlere nasıl dayandığını gösteren, süre-gerilim eğrisi görülmektedir.



Şekil 1.3. ITIC eğrisi ( bilgisayarların gerilim düşmelerine, kesintilere ve aşırı gerilime karşı dayanımı karakteristiği)

Bu limitlerin dışında gerçekleşen çalışma, veri kaybına, yanlış komutlara ve cihazın kapanmasına veya arızalanmasına neden olur. Cihazlarda işlev kaybının sonuçları, özellikle gerilim eski haline geldiğinde, yol verme koşullarına dayanmaktadır. Belirli cihazlar, örneğin kendine ait gerilim düşüklüğü saptama cihazlarına sahiptir ve bu özellik, verilerin yedeklenmesini ve hesaplama süreçlerini ve herhangi bir yanlış komutu engelleyerek güvenliği sağlamaktadır.

#### e) Hız kontrol cihazları

Hız kontrol cihazlarına uygulanan gerilim düşüklüğü problemleri:

- Motora yeterli gerilimi sağlamak mümkün değildir (tork kaybı, yavaşlama),
- Doğrudan tesisattan beslenen kontrol devreleri çalışmamaktadır.
- Gerilim eski haline döndüğünde aşırı akım meydana gelmektedir (tahrik filtresi kondansatörü yeniden şarj edilmiştir).
- Tek bir fazda gerilim düşüklüğü meydana geldiğinde aşırı akım ve dengesiz akım meydana gelmektedir.
- Enversör işlevi gören DC tahriklerinde kontrol kaybı mevcuttur (tekrar devreye alarak fren yapma).
- Hız kontrol cihazları, %15'ten fazla gerilim düşüklüğü meydana geldiğinde genellikle bozulmaktadır.

#### f) Aydınlatma

Gerilim düşüklükleri, akkor lambalarda ve flüoresan ampullerde erken eskimeye neden olmaktadır.

Yaklaşık 50 ms süren ve %50'e eşit veya daha yüksek gerilim düşüklükleri, gaz deşarjlı ampullerin sönmesine neden olacaktır. Tekrar açmadan önce ampulün soğuması için birkaç dakika beklenmelidir.

#### **1.2.2.4. BOZULMANIN GİDERİLMESİ**

Tesisat mimarisi, otomatik güç yol verme sistemleri, cihazların güvenilirliği, kontrol-kumanda sisteminin varlığı ve bakım politikası kesintilerin azaltılmasında ve ortadan kaldırılmasında önemli rol oynamaktadır.

Etkili bir çözüm bulmadan önce doğru teşhis çok önemlidir. Örneğin, ortak bağlantı noktasında (müşterinin elektrik girişi), gerilim düşüklüğünün müşterinin tesisatından mı (akımda benzer bir artışla) yoksa dağıtım güç sisteminden mi (akımda artış yok) geldiğini belirlemek önemlidir.

*Farklı çözüm türleri mevcuttur.*

##### **a) Gerilim düşüklüklerinin ve kesintilerinin sayısını azaltma:**

Dağıtıcılar, altyapılarını daha güvenilir hale getirmek (amaçlanmış önleyici bakım, modernizasyon, altyapı tesisatı) veya güç sistemlerini yeniden yapılandırmak (besleyicileri kısaltmak) gibi belirli önlemler alabilir. Empedans topraklı nötr güç sistemleri için, otomatik kapanan devre kesicileri yerine, geçici topraklama hatası durumunda zarar görmüş bir besleyici üzerinde kesintilere neden olmama gibi önemli bir avantaj sağlayan şönt devre kesicileri de (kısa kesintilerin sayısını azaltır) kullanabilirler.

##### **b) Gerilim düşüklüklerinin süresini ve derinliğini azaltma:**

- **Güç sistemi seviyesinde**
  - Zincirleme bağlantı olasılıklarını artırma (yeni trafolar, zincir kapatma anahtarı)
  - Elektrikli koruma cihazlarının performansını artırma (seçicilik, otomatik güç yol verme, tesisat üzerinde uzaktan kumanda cihazları, uzaktan yönetim, yıldırım siperleri ile kıvılcım siperlerinin yerini değiştirme, vb)
  - Tesisat kısa devre gücünü artırma
- **Cihaz seviyesinde** ; Anahtarlanmış büyük yükler tarafından tüketilen gücü gerçek zaman reaktif dengeleyici ile ve akım tepe değerlerini (ve mekanik stresi) sınırlayan yumuşak yol verme ile azaltma.

##### **c) Endüstri ve hizmet sektöründe kullanılan tesisatlarının bağışıklığını artırma**

Cihazın, gerilim düşüklüklerine ve kesintilerine bağışıklık kazanmasını sağlamadaki genel prensip, güç dağıtım sistemi ve tesisat arasındaki güç kaybını bir enerji depolama cihazı ile kompanze etmektir. Depolama cihazının kapasitesi, sistemin bağışıklık kazanacağı kesintilerin süresinden daha fazla olmalıdır.

##### **d) Kontrol sisteminin bağışıklığını artırma**

Bir prosesin bağışıklığı artırılırken amaç, genelde kontrol sistemine bağışıklık kazandırmaktır.

Genelde kontrol sisteminin gücü yüksek değildir ve kesintilere karşı tamamen duyarlıdır. Bu nedenle, cihazın güç kaynağını değil de sadece kontrol sistemini bağışık hale getirmek genellikle daha ekonomiktir.

Çözümler, tüm kontaktör bobinlerinin güvenilir bir yardımcı kaynaktan (akü veya volanlı döner set) çalıştırılmasından veya gecikmesiz bir rölenin kullanılmasından veya bobine paralel bağlanmış bir doğrultucu ve kondansatörün kullanılmasından ibarettir.

#### **e) Cihaz güç kaynağının bağımsızlığını artırma**

Belirli yükler beklenen kesinti seviyelerine – örneğin gerilim düşüklüğü veya kesintisi – dayanamazlar. Bilgisayar, aydınlatma, güvenlik sistemleri (hastaneler, havaalanı aydınlatma sistemleri, kamu binaları) ve kesintisiz üretim hatları (yarı iletkenlerin üretimi, bilgi işlem merkezleri, çimento işleri, su arıtma, malzeme taşıma, kağıt sanayi, çelik işleri, petrokimyasallar, vb.) gibi “öncelikli” yükler için de durum aynıdır.

Tesisatın gerektirdiği güce ve gerilim düşüklüğünün veya kesintisinin süresine bağlı olarak aşağıdaki farklı teknik çözümler olasıdır:

- Katı hal kesintisiz güç kaynağı (UPS)
- Bir UPS üç ana ögeden oluşmaktadır:
- AC gerilimini DC’ e dönüştürmek için ana kaynaktan güç alan bir rektifiyer-şarj cihazı,
- Kesinti sırasında enversörde, yüke gerekli gücü sağlayan bir volan ve/veya akü(şarjlı).
- Bir AC-DC değiştirici.

#### **f) Sıfır zaman uyarı**

Belirli tesisatlarda kesinti sırasında gerekli olan otonomi bir üretici setin (elektrojen seti) monte edilmesini zorunlu hale getirmektedir (büyük aküler çok pahalıdır veya teknik problemlere veya montaj problemlerine neden olmaktadır). Herhangi bir güç kaynağı kaybında, enversör sistemle stand-by motor jeneratörüne yol vermek ve çalıştırmak, yükü azaltmak (eğer gerekiyorsa) ve kesintisiz bağlantı sağlamak için yeterli zaman sağlamak amacıyla akü veya volan kullanılmaktadır.

#### **g) Elektronik güçlendirici**

Gerilim düşüklüklerini ve kesintilerini belirli bir oranda kısa tepki süresi ile dengelemek için modern elektronik cihazlar mevcuttur; örneğin gerçek zamanlı reaktif dengeleyici, reaktif gücü anında kompanze etmektedir ve özellikle, hızlı, büyük dalgalanmaya sahip yüklere çok uygundur (kaynak makineleri, kaldırma araçları, presler, eziciler, motor yol verme, vb.)

#### **h) Arızasız duruş**

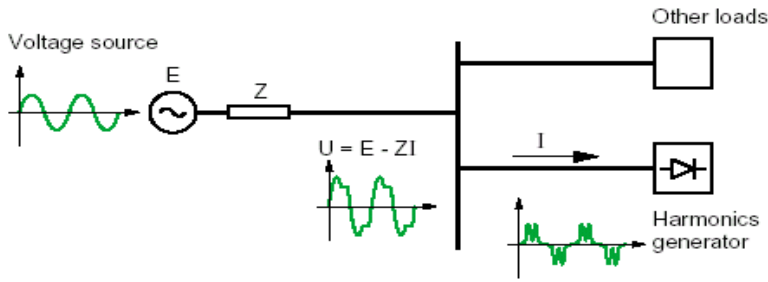
Durma kabul edilebiliyorsa ve istem dışı bir yol verme, makine operatörü (dairese testere, döner elektrikli makineler) için veya cihazlar (basınç altında sıkıştırma odaları, klima kompresörlerinin, ısıtıcı pompalarının veya soğutma birimlerinin ayarlanmış yol verme aşamaları) veya uygulama (üretimin yeniden başlama evresini kontrol etme ihtiyacı) için bir risk meydana getirecekse, kontrol edilemeyen yol vermeyi önlemeniz özellikle tavsiye edilmektedir. Koşullar normale döndüğünde proses, önceden belirlenmiş yol verme sırasından yararlanılarak bir PLC tarafından otomatik olarak yeniden başlatılabilir



### 1.2.3. HARMONİKLER ve İÇ HARMONİKLER

#### 1.2.3.1.GENEL

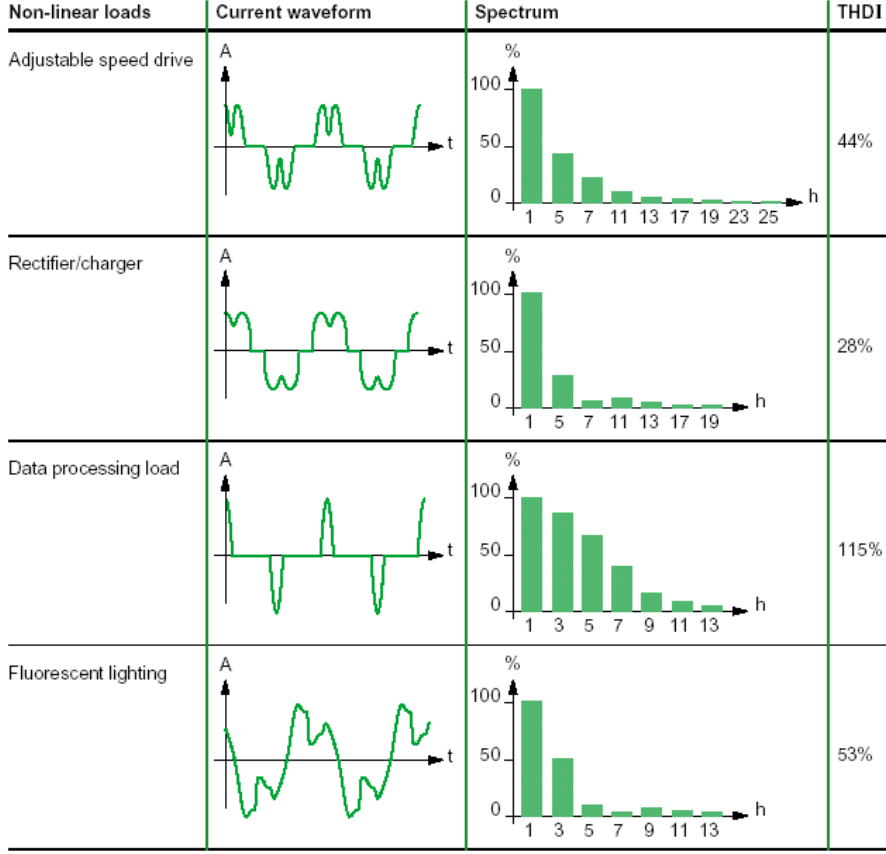
Yarı iletken elemanların tabiatı gereği ve sanayide kullanılan bazı nonlinear yüklerin ( transformatör,ark fırınları, v.b.) etkisiyle; akım ve gerilim dalga biçimleri, periyodik olmakla birlikte sinüsoidal dalga ile frekans ve genliği farklı diğer sinüsoidal dalgaların toplamından meydana gelmektedir. Temel dalga dışındaki sinüsoidal dalgalara HARMONİK” denir



Şekil 1.4. Nonlinear bir yükün sebep olduğu harmonik bozulma devresi

#### 1.2.3.2.SEBEPLERİ

- Manyetik devrelerde doyma,
- Güç kontrol elemanları,
- Lineer olmayan yükler,
- Doyma bölgesinde çalışan transformatör mıknatıslanma akımları,
- İndüksiyon ısıtma,
- Yarıiletken kontrollü cihazlar,
- Tristörlü dinamik kompanzasyon,
- Deşarj lambaları,
- Kesintisiz güç kaynakları,
- Bilgisayarlar,
- Fluoresant lambaları, Elektronik balastlar,
- Akü şarj sistemleri,
- Elektrik makinelerindeki diş ve olukların meydana getirdiği harmonikler,
- Çıkık kutuplu senkron makinelerde hava aralığındaki relüktans değişiminin oluşturduğu harmonikler.
- Senkron makinelerde ani yük değişimlerinin manyetik akı dalga şekillerindeki bozulmalar.
- Senkron makinelerinin hava aralığı döner alanının harmonikler.
- Doyma bölgesinde çalışan transformatörlerin mıknatıslanma akımları,
- Şebekedeki nonlinear yükler; doğrultucular, eviriciler, kaynak makineleri, ark fırınları, gerilim regülatörleri, frekans çeviriciler, v.b.
- Motor hız kontrol düzenleri,
- Doğru akım ile enerji nakli (HVDC),
- Statik VAR generatörleri
- Olasılıkla elektrikli taşıtların yaygınlaşması ve bunların akü şarj devrelerinin etkileri
- Enerji tasarrufu amacıyla kullanılan aygıt ve yöntemler
- Direkt frekans çevirici ile beslenen momenti büyük hızı küçük motorlar



Şekil 1.5. Belli başlı harmonik kaynaklı yüklerin karakteristikleri

### 1.2.3.3.HARMONİK KAYNAKLARI

- 1) Transformatörler,
- 2) Döner makineler,
- 3) Güç elektroniği elemanları,
- 4) Doğru akım ile enerji nakli (HVDC),
- 5) Statik VAR generatörleri,
- 6) Ark fırınları,
- 7) Kesintisiz güç kaynakları,
- 8) Gaz deşarjlı aydınlatma,
- 9) Elektronik balastlar,
- 10) Fotovoltaik sistemler,

### 1.2.3.4.ETKİLERİ

Harmonikler genel olarak nonlineer elemanlar ile nonsinüsoidal kaynaklardan herhangi birisi veya bunların ikisinin sistemde bulunmasından meydana gelirler. Harmonikli akım ve gerilimin güç sistemlerinde bulunması sinüsoidal dalganın bozulması anlamına gelir. Bozulan dalgalar nonsinüsoidal dalga olarak adlandırılır. Harmonikler güç sistemlerinde; ek kayıplar, ek gerilim düşümleri, rezonans olayları, güç faktörünün değişmesi v.b. gibi teknik ve ekonomik problemlere yol açar.

Sinüsoidal alternatif akım uygulanan bir alıcının şebekeden harmonikli akım çekmesi bu alıcının yapısı gereğidir. Yani; alıcı nominal çalışması sırasında harmonik meydana getirecek akım çekiyor demektir. Harmonik üreten bu alıcılardan başka, karakteristikleri itibariyle lineer oldukları halde harmonikli akımlara sebebiyet veren alıcılarda vardır. Bu durum ise alıcıya uygulanan gerilimin nonsinüsoidal olmasından kaynaklanmaktadır. Alternatif akımın üretilmesi sırasında alternatörlerde yapılan gerekli iyileştirici önlemler yardımıyla elektrik enerjisi mümkün olduğunca sinüsoidal'e yaklaştırılmaktadır. Fakat lineer bir alıcıya aynı şebekeye bağlı diğer nonlineer yükler tarafından etki edilmektedir.

Enerji sistemlerinde harmoniklerle gerilim ve akım dalga şekillerinin bozulması çok çeşitli problemlere yol açmaktadır. Bunlar maddeler halinde şöyle verilebilir:

- ✓ Generatör ve şebeke geriliminin bozulması,
- ✓ Gerilim düşümünün artması,
- ✓ Kompanzasyon tesislerinin aşırı reaktif yüklenme ve dielektrik zorlanma nedeniyle zarar görmesi,
- ✓ Enerji sistemindeki elemanlarda ve yüklerde kayıpların artması,
- ✓ Senkron ve asenkron motorlarda moment salınımlarının ve aşırı ısınmanın meydana gelmesi,
- ✓ Endüksiyon tipi sayaçlarda yanlış ölçmeler,
- ✓ Uzaktan kumanda, yük kontrolü v.b. yerlerde çalışma bozuklukları,
- ✓ Şebekede rezonans olayları, rezonansın neden olduğu aşırı gerilimler ve akımlar,
- ✓ Koruma ve kontrol düzenlerinde sinyal hataları,
- ✓ İzolasyon malzemesinin delinmesi,
- ✓ Elektrik aygıtlarının ömrünün azalması,
- ✓ Sesli ve görüntülü iletişim araçlarında parazit ve anormal çalışma,
- ✓ Mikro bilgi işlemciler üzerinde hatalı çalışma
- ✓ Elektromekanik cihazlarda ve kablolarda ısınma,
- ✓ Makinelerde mekanik titreşimler (vibrasyon),
- ✓ Ateşleme devrelerinin anormal çalışması,
- ✓ CAD/CAM terminallerinde hafızaların silinmesi,
- ✓ Elektronik kart arızaları,
- ✓ Güç kondansatörlerinde güç kayıpları, delinmeler ve patlamalar,
- ✓ Kompanzasyon sigortalarında atmalar,
- ✓ Kesici ve şalterlerde açmalar,
- ✓ Röle sinyallerinin bozulması ve anormal çalışması,
- ✓ Enerji kayıpları,

**Tablo 1.1. Harmoniklerin etkileri ve izin verilen normal seviyeleri**

Cihaz	Etkileri	Limitler
Güç Kondansatörleri	Aşırı ısınma, erken eskime (bozulma), rezonans.	MV'de 12 saat/gün için veya AG'de 8 saat/gün için (THD $I < 83$ )'de $I < 1.3$ veya $U < 1.1 U_n$
Motorlar	Kayıplar ve aşırı ısınma. Tam yükte kullanılacak kapasitenin düşmesi. Darbe torku (titreşimler, mekanik stres) Gürültü kirliliği.	$HVF = \sqrt{\sum_{h=2}^{13} U_h^2 / h} \leq \%2$
Trafolar	Kayıplar (ohmik-demir) ve aşırı ısınma. Mekanik titreşimler. Gürültü kirliliği.	
Devre Kesiciler	İstenmeyen açılma (aşırı gerilim tepe değerleri vb.)	$U_h / U_1 \leq \%6$ ila 12
Kablolar	Ek elektrik ve ohm kayıpları (üçüncü harmonik akımları mevcutsa, özellikle nötr iletkende)	THD $\leq \%10$ $U_h / U_1 \leq \%7$
Bilgisayarlar	Çalışma problemleri.	$U_h / U_1 \leq \%5$
Güç Elektronikleri	Dalga formu ile ilgili problemler (haberleşme, senkronizasyon).	

Bu etkiler içinde teknik ve ekonomik yönden en olumsuz sonuçlara yol açanları, kayıplardaki artış ve sistem ölçü cihazlarındaki hata paylarının artması şeklinde özetlemek mümkündür. Bunlardan birincisi omik direnç içeren tüm tesis elemanları üzerinde ek harmonik kayıplara yol açmaktadır. İkincisi ise ölçü ve kayıt cihazlarındaki istenmeyen hata miktarlarının oluşması, bir başka deyişle kayıt/ölçüm hatalarının artmasıdır.

### 1.2.3.5. BOZULMANIN GİDERİLMESİ

Harmonikleri bastırmanın veya en azından etkilerini azaltmanın olası üç yolu vardır.

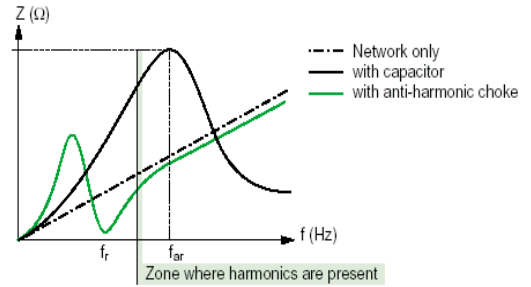
#### a) Oluşmuş harmonik akımlarını azaltma

➤ **Şok bobini:** Güç kaynağına seri olarak 3 fazlı bir şok bobini takılmaktadır (veya frekans değiştirici için DC hattına entegre edilmektedir). Hattın akım harmoniklerini (özellikle de sayıca fazla olan harmonikleri) ve böylece de enversör bağlantı noktasındaki bozulmayı ve akım tüketiminin RMS değerini azaltmaktadır. Şok bobinini, harmonik üreticisini etkilemeden takmak ve şok bobinlerini birden fazla tahrik için kullanmak mümkündür.

#### ➤ Tesisatı değiştirme:

- i. Duyarlı yükleri filtreler ile duyarlı hale getirme
- ii. Tesisatın kısa devre gücünü artırma
- iii. Cihazın güç değerini azaltma
- iv. Kirletici yükleri denetim altına alma
- v. Koruyucu cihazlar ve kondansatörlerin gereğinden büyük boyutlandırılması:

➤ **12 fazlı doğrultucu kullanma:** Burada, akımlar birleştirilerek 5 ve 7 gibi düşük sıradaki harmonikler şebeke tarafında ortadan kaldırılmaktadır (genellikle büyük genliklerden dolayı en fazla kesintiyi bunlar yaratmaktadır). Bu çözüm bir trafo ile iki sekonder sarım (yıldız ve üçgen) gerektirmektedir ve sadece  $12k \pm 1$  sayılı harmonikleri üretmektedir.



Şekil 1.6. Anti-Harmonik şok bobininin tesisat empedansı üzerindeki etkileri

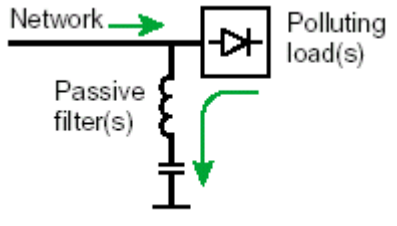
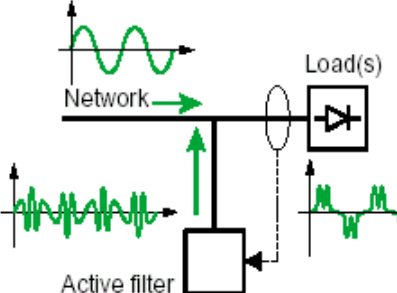
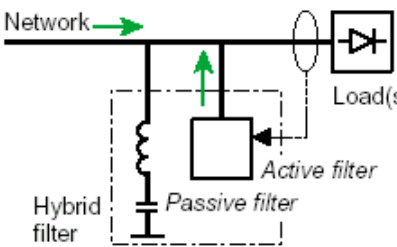
#### b) Filtreleme

$G_h/S_n > \%60$  olduğunda uzmanlar harmonik filtresini hesaplamalı ve takmalıdır

- **Pasif filtreleme;** Bu, pasif bileşenleri (endüktans, kondansatör, direnç) kullanarak, genliği düşürülecek olan frekanslara düşük empedanslı bir by-pass bağlamayı gerektirmektedir. Farklı bileşenleri ortadan kaldırmak için birbirine paralel bağlı türdeki pasif filtreler gerekebilir. Çalışma mantığı olarak; paralel kol olarak tasarlanan pasif filtre düzeneği, tasarlandığı harmoniğin frekans değerinde seri rezonans oluşturarak harmonik akımını sisteme zarar vermeden toprağa aktarır. Harmonik filtreleri boyutlandırılırken çok dikkatli olunmalıdır; kötü dizayn edilmiş pasif bir filtre rezonansa yol açabilir ve filtrenin montajından önce kesintiye neden olmayan frekansları yükseltebilir.
- **Aktif filtreleme ;** Bu, yük tarafından tüketilen harmoniklerin analiz edilmesiyle yükün yaydığı harmonikleri nötr hale getirmekten ve aynı harmonik akımını uygun fazla yeniden eski durumuna getirmekten ibarettir. Temel olarak çalışma mantığı; Aktif filtre devreye bağlandığı noktadaki akımı ölçerek, içeriğindeki güç elektroniği devresi ile, tespit ettiği harmoniğin tam ters işaretlisini kendi tetikleme devresi ile üreterek sisteme enjekte eder.

- **Karma filtreleme** : Hibrit filtre olarak da bilinen bu yöntemde, gerekli reaktif gücü sağlayan hakim harmonik (örneğin 5) sırası için bir aktif filtre ve bir pasif filtre setinden ibarettir.

**Tablo 1.2. Pasif, aktif ve karma filtreleme prensipleri ve özellikleri.**

Filtre	Prensip	Özellikler
Pasif	<p>Ortadan kaldırılacak her bir harmonik frekansı için ayarlanan by-pass seri AG devresi</p> 	<p>Harmonik akımında limit yok. Reaktif gücün dengelenmesi Bir veya daha fazla harmonik sırasının ortadan kaldırılması (genellikle 5, 7, 11). Dengelenecek bir veya iki sıra için bir filtre. Tesisat değişiminde harmoniklerin artma riski. Dış kirlenmeden kaynaklanan aşırı yük riski. “Tesisat” filtresi (global) Mühendislik durum çalışması.</p>
Aktif	<p>Yükün oluşturduğu tüm harmonikleri iptal eden akımın üretilmesi.</p> 	<p>Özellikle “makine” filtrelemeye uygun (lokal) çözüm. Geniş bir frekans bandı üzerinde filtreleme (harmonik sırası 2 ila 25’in ortadan kaldırılması) Kendi kendine ayarlama: Tesisat değişikliğinin hiçbir etkisi yoktur. Yük ve harmonik spektrumunda tüm ayarlamalara uyum sağlar. Her tür yük için sınırsız, esnek çözüm. Basit mühendislik çalışması.</p>
Karma		<p>Pasif ve aktif filtreleme çözümlerinin avantajlarını sunmaktadır ve geniş bir güç ve performans yelpazesini içermektedir: Geniş bir frekans bandı üzerinde filtreleme (2 ila 25 numaralı harmoniklerin ortadan kaldırılması), Reaktif gücün dengelenmesi, Akım filtreleme için yüksek kapasite, “tesisat” filtreleme için iyi teknik-ekonomik çözüm</p>

### c) Özel durum: devre kesiciler

Harmonikler koruyucu cihazların istem dışı açılmasına neden olabilir: bunu önlemek için koruyucu cihazları seçerken dikkatli olunmalıdır. Devre kesicilere iki tip açma cihazı monte edilebilir; termik-manyetik veya elektronik. Termik-manyetik devre kesicilerin ısı sensörleri özellikle harmoniklere karşı duyarlıdır ve harmoniklerinin varlığının neden olduğu iletkenlerin üzerindeki gerçek yükü tanımlayabilir. Bu nedenle bunlar, düşük akım devrelerinde, özellikle evsel ve endüstriyel uygulamalar için çok uygundur

### d) Güç değerini düşürme

Bu çözüm bazı cihazlara uygulanabilmektedir ve harmoniklerin neden olduğu kesintiye karşı basit ve genellikle yeterli bir tepkidir.

## 1.2.4. AŞIRI GERİLİM

### 1.2.4.1.GENEL

Bir cihaza gerilim verilirken üst değerinin, bir standart veya spesifikasyonda belirlenen sınır değerleri aşması durumunda ortaya çıkan duruma aşırı gerilim denir

Aşırı gerilimler üç tiptir:

- Geçici güç frekansı,
- Anahtarlama,
- Yıldırım.

Aşağıdaki durumlarda ortaya çıkarlar:

- Diferansiyel modda (elektrik yüklü iletkenler arasında: faz/faz– faz/nötr),
- Ortak modda (elektrik yüklü iletkenler ve açıkta kalan iletken parça veya toprak arasında).

a) **Güç Frekansı Aşırı Gerilimi** :50/60 Hz'lik güç frekanslarında oluşurlar.Farklı durumları söz konusudur.

- **Yalıtım hatası:** Yalıtımlı nötr bir sistemde veya empedans topraklı nötr bir sistemde, faz ve toprak arasında bir yalıtım hatası oluşursa, toplu fazlardan toprak hattına verilen gerilim, fazdan faza verilen gerilime ulaşabilir.
- **Ferrezonans :** Bu, cihaz için genellikle tehlikeli ve kondansatör ve doyurulabilir bir endüktans içeren bir devrede üretilen, doğrusal olmayan, nadir görülen bir olaydır. Ferrezonans, çoğu zaman cihazlardaki arıza ve bozulmaların açık nedenidir.
- **Nötr iletkenin kesilmesi:** Fazda en az yükle güç verilen cihazlar, gerilimde bir artışa tanık olurlar (bazı durumlarda fazlararası gerilime kadar ulaşabilir).
- Alternatör regülatörlerdeki veya kademe değiştirici trafodaki hatalar
- **Reaktif gücün fazla karşılanması:** Şönt kondansatörler, kaynaktan buldukları yere doğru verilen gerilimde bir artışa sebep olurlar.Bu gerilim, özellikle düşük yük sürelerinde yüksektir.

### b) Aşırı Gerilimin Anahtarlanması

Bunlar, şebeke yapısında meydana gelen hızlı modifikasyonlar sonucu ortaya çıkar (koruyucu cihazın açılması...vs.). Aşağıdaki ayrımlar yapılmıştır:

- Aşırı gerilimleri normal yükte anahtarlama,
- Düşük indükleyici akımların açma kapama anahtarlaması sonucunda üretilen aşırı gerilimler,
- Toplayıcı devrelerin anahtarlaması sonucunda üretilen aşırı gerilimler (yüksüz hatlar veya kablolar, kondansatör bankları). Örneğin, bir kondansatör bankının enerjilenmesi ilk tepe değerinin anma gerilimin rms değerinin  $2\sqrt{2}$  katına ulaşabildiği geçici bir aşırı gerilime ve kondansatörün anma akımının 100 katı tepe değerinde bir aşırı gerilime sebep olur

### c) Yıldırım Aşırı Gerilimleri

Yıldırım, fırtınalar boyunca oluşan doğal bir olaydır.Doğrudan yıldırım çarpması (bir hat veya yapıya) ve yıldırım çarpmasının dolaylı etkileri arasında bir ayırım yapılmıştır (aşırı gerilime sebep olma ve toprak potansiyelinde artış gibi).

#### 1.2.4.2.ETKİLERİ

Sonuçlar, uygulama süresine, tekrarına, büyüklüğüne, moduna, (ortak veya diferansiyel), gradyen ve frekansına göre büyük ölçüde farklılık göstermektedir;

- Cihaza (elektronik parçalara vb.) önemli ve kalıcı hasar veren dielektrik bozulma.
- Cihazın, eskime nedeniyle değer kaybetmesi (zarar veren aşırı gerilimlerden çok tekrarlayan aşırı gerilimler).
- Cihazın bozulması ile ortaya çıkan uzun kesintiler (dağıtım şirketi için satış kaybı, endüstriyel şirketler için üretim kaybı).
- Kontrol sistemlerinde ve düşük akım haberleşme devrelerinde kesinti
- Yıldırım (genellikle);Havai şebekeler, yıldırma karşı çok duyarlıdır ancak eğer yıldırım buldukları yere yakın bir yerde gerçekleşmişse yüksek gerilimden dolayı yer altı şebekeleri tarafından beslenen tesisatlar da stresten etkilenebilir.
- Anahtarlama aşırı gerilimleri : birbirini ardına meydana gelmektedir ve meydana gelme olasılıkları yıldırma göre daha yüksek ve daha uzun süreli dirler. Bunlar, en az yıldırım kadar ciddi bozulmalara neden olabilir.

#### 1.2.4.3.BOZULMANIN GİDERİLMESİ

Doğru izolasyon koordinasyonu, teknik ve ekonomik kaygılar arasındaki en iyi denge ile aşırı gerilimlere karşı personelin ve cihazların korunmasını gerektirmektedir.Bunu sağlamak için aşağıda belirtilen bilgilere ihtiyaç vardır.

- Tesisat üzerinde oluşabilecek aşırı gerilimin seviyesinin ve enerjisinin bilinmesi,
- Güç sistemi bileşenlerinin aşırı gerilime dayanma seviyesini seçimi.
- Gerektiğinde koruyucu cihazların kullanılmasına karar vermek.

##### a) Güç frekansı aşırı gerilimleri :

- Düşük yük dönemlerinde kondansatörlerini tamamını veya bir kısmı kapatılabilir.
- Ferorezonansı önlemek üzere resistör kayıpları belirlenebilir.

##### b) Anahtarlama aşırı gerilimleri

- Sabit bir reaktör ve ön ekleme rezistörleri monte ederek kondansatörlerin geçici enerjilendirilmesi sınırlandırılabilir.
- Geçici aşırı gerilimlerin etkilerini sınırlamak için şok bobinlerini frekans değiştiricilerin şebeke tarafına bağlamak gerekir.
- “si” tipi devre kesiciler ( $I_n = 30 \text{ mA}$  ve  $300 \text{ mA}$ ) ve AG için seçici tip ana kaçak akım devre kesicileri (“S” tipi) kullanılabilir. Bunların kullanılması, RCD’nin (kaçak akım koruma cihazı) tesisat yük tarafı boyunca akan geçici kaçak akımlardan (yıldırım ve anahtarlama aşırı gerilimleri ) toprağa yüksek elektrik depolama kapasitesi ile devrelerin enerjilendirilmesi (toprağa bağlı kapasitif filtreler, uzatılmış kablo tesisatları, vb.) kaynaklanan istem dışı açılmaları önlemektedir.

##### c) Yıldırım aşırı gerilimleri

- Paratoner sistemi ile veya Faraday kafesiyle oluşturulacak bir yıldırımdan korunma tesisatının topraklama sistemine bağlanması önemli ölçüde sorunu giderecektir.
- İkincil koruma ; Cihazları, yıldırımdan sonraki aşırı gerilime karşı korumaktadır.

AG tesisatlarında farklı türde ana kaçak akım devre kesicilerin kullanılması, bazı cihazlarla (buzdolabı, kontrol cihazları, vb.) uyumsuzluk gösterecek tesisatın üst kısmındaki devre kesiciyi açan parafudur aracılığıyla topraklamaya akım akışını önlemektedir. Aşırı gerilimlerin cihaza ulaşabileceği diğer yolları da unutmamak gerekir.Örneğin; telefon hatları (telefon, faks), koaksiyel kablolar, bilgisayar bağlantıları, TV antenleri vb.

## 1.2.5. GERİLİM DEĞİŞİKLİKLERİ VE DALGALANMALARI

### 1.2.5.1.GENEL

Gerilim değışiklikleri, anma gerilimin %10'unundan daha az genliği olan RMS değerlerindeki veya tepe değerlerindeki değışikliklerdir.

Gerilim dalgalanmaları, gerilim zarfında frekans değışiklikleri veya büyüklük ile nitelendirilen bir dizi gerilim değışikliği veya periyodik veya rasgele değışikliklerdir.

- Yavaş gerilim değışiklikleri şebekeye bağlı yüklerin yavaş dalgalanması nedeniyle oluşur.
- Gerilim dalgalanmaları temel olarak kaynak makineleri, ark fırınları veya hadde fabrikaları gibi hızla değışen endüstriyel yüklere bağlıdır.

### 1.2.5.2.ETKİLERİ

Dalgalanmaların büyüklüğü  $\pm\%10$ 'dan daha büyük olmadığı için çoğu cihaz bunlardan etkilenmez. Gerilim dalgalanmalarının en önemli etkisi lambaların parlaklığındaki bir dalgalanmadır. Fizyolojik genleşme (görsel ve sinirsel yorgunluk) dalgalanmaların büyüklüğüne, ayarlamaların (dalgalanmaların) tekrarlanma oranlarına, spektrumun bileşimine ve kesintinin süresine bağlıdır. Ancak, daha alt değerlerde IEC tarafından tanımlanan bir algılanabilirlik eşiği (genlik, ayarlama frekansının bir işlevi olarak) mevcuttur ve bu eşiğin altındaki gidip gelmeler görünmemektedir.

### 1.2.5.3.BOZULMANIN GİDERİLMESİ

Endüstriyel yüklerden doğan dalgalanmalar aynı kaynaktan beslenen çok sayıda tüketiciyi etkileyebilir. Dalgalanmanın büyüklüğü, kesintiyi yaratan cihazın empedansı ve güç kaynağının empedansı arasındaki orana bağlıdır. Çözümler olarak aşağıdakiler önerilmektedir.

- Aydınlatma türünü değıştirme; Flüoresan lambalar, akkor lambalardan daha az duyarlıdır.
- Kesintisiz güç kaynağı monte etme; Kesintiye uğrayan kullanıcıların tanımlanması ve gruplara ayrılması durumunda, maliyetini karşılayan bir çözüm olacaktır.
- Kesintiyi yaratan cihazın modifiye edilmesi; Sık sık yol verilmesi gereken motorların yol verme modlarının modifiye edilmesi, örneğin aşırı akımları azaltabilir.
- Tesisatın yeniden ele alınması;
  - Aydınlatma devrelerini en yakın güç kaynağı noktasına bağlayarak kısa devre gücünü artırılabilir.
  - Kesinti yaratan yükü bağımsız bir trafodan çalıştırarak kesinti yaratan yük ve aydınlatma devreleri arasındaki "elektrik mesafesi" artırılabilir.
- Reaktif dengeleyici kullanma ; Bu cihaz, her faz için gerçek zamanlı direnç dengesi sağlamaktadır. Gidip gelme %25 ila %50 oranında azaltılabilir.
- Bir direnci seri bağlama ; Ani deşarj akımı düşürülerek, ark fırınının bağlantı noktasından gelen bir yük tarafı direnci, gidip gelmeyi %30 oranında azaltabilir.



## 1.2.6. DENGESİZLİK

### 1.2.6.1.GENEL

Faz gerilimlerinin rms değeri veya ardışık fazlar arasındaki faz açılarının eşit olmaması durumunda 3 fazlı bir sistem dengesiz demektir. Dengesizliğin derecesi, temelin negatif bileşeni ( $U_{1i}$ ) (veya sıfır bileşeni ( $U_{1o}$ ), temelin pozitif bileşeni ile karşılaştırılarak, Fortescue bileşeni kullanılarak tanımlanır.

$$\Delta U_i = \frac{|U_{1i}|}{|U_{1d}|} \text{ ve } \Delta U_o = \frac{|U_{1o}|}{|U_{1d}|}$$

Ayrıca aşağıdaki yaklaşık formül de kullanılabilir:

$$\Delta U_i = \max \frac{V_i - V_{ort}}{|V_{ort}|}$$

$V_i$  : faz gerilimi

$$V_{ort} = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3}$$

Ters bileşen (veya sıfır bileşen) gerilimi, iç fazdaki belirsiz akımlara yol açan dengesiz yükler tarafından üretilen, şebeke boyunca negatif sekans (veya sıfır sekans) akımlarına bağlı gerilim düşmeleri tarafından üretilir (faz ve nötr arasında bağlanan AG yükleri veya kaynak makineleri ve endüksiyon ocakları gibi tek fazlı veya 2 fazlı OG yükleri).

### 1.2.6.2.ETKİLERİ

En önemli etkisi, 3 fazlı asenkron makinelerin aşırı ısınmasıdır.

Gerçekte, asenkron bir motorun sıfır sıralı direnci, çalıştırma fazı sırasındaki direncine eşittir. Akım dengesizlik faktörü böylece, besleme gerilimi dengesizlik faktörünün birkaç katı olacaktır. Faz akımları bu şekilde büyük ölçüde değişebilir. Bu, akımın içinden aktığı fazın/fazların aşırı ısınmasını artırır ve makinenin çalışma ömrünü azaltır.

Pratikte, uzun süreli %1'lik bir gerilim dengesizlik faktörü ve birkaç dakikalık %1.5'ten fazla gerilim dengesizlik faktörü kabul edilebilir.

### 1.2.6.3.BOZULMANIN GİDERİLMESİ

- Üç fazın tamamında tek fazlı yükleri dengeleme,
- Trafo oranındaki gücü ve kablo kesit alanını artırarak dengesizliğe neden olan cihazların güç sistemi empedans şebeke tarafını azaltma,
- Makineler için uygun koruyucu cihazı monte etme,
- Dikkatle bağlanmış LC yüklerini kullanma (Steinmetz bağlantısı).

## 1.2.7. ÖZET

**Tablo 1.3. Elektrik güç sistemindeki bozulmalar ara sıra meydana gelen ve sık sık tekrarlanan olarak karakterize edilmiş olup, aşağıdaki tabloda belirtilmiştir.**

Disturbances	Voltage dips	Overvoltages	Harmonics	Unbalance	Voltage fluctuations
Characteristic waveforms					
Origin of disturbance					
■ Power system					
□ Isulation fault					
□ Switching					
■ Equipment					
□ Asynchronous motor					
□ Synchronous motor					
□ Welding machine					
□ Arc furnace					
□ Converter					
□ Data processing loads					
□ Lighting					
□ Inverter					
□ Capacitor bank					

■ : Occasional phenomenon    ■ : Frequent phenomenon

**Tablo 1.4. Aşağıdaki tabloda ise, elektrik güç sistemlerine etki eden bozulmaların etkidikleri yük tipleri belirtilmiştir.**

Equipment	Sensitivity to disturbance					
	Voltage dips < 0.5 s	Voltage dips > 0.5 s	Overvoltages	Harmonics	Unbalance	Voltage fluctuation
■ Asynchronous motor						
■ Synchronous motor						
■ Actuator						
■ Speed drive						
■ Data processing load, numerical control						
■ Induction furnace						
■ Lighting						
■ Capacitor bank						
■ Transformer						
■ Inverter						
■ Circuit breaker						
■ Cable						

**Tablo 1.5. Aşağıdaki tabloda, incelemekte olduğumuz güç sistemi üzerindeki bozulmaların nedenleri , sonuçları ve bu bozulmaları giderici çözüm örneklerinden oluşan bir tablo verilmiştir.**

<b>Kesinti tipi</b>	<b>Nedenleri</b>	<b>Sonuçları</b>	<b>Hafifletici çözüm örnekleri (özel cihaz ve değişiklikler)</b>
<b>Gerilim değişiklikleri ve dalgalanmaları</b>	Büyük yük dalgalanmaları (kaynak makineleri, ark fırını, vb.)	Lambaların parlaklığında dalgalanma (gidip gelme).	Elektromekanik reaktif güç dengeleyici, gerçek zaman reaktif dengeleyici, seri elektronik güçlendirici, kademe değiştirici.
<b>Gerilim düşüklükleri</b>	Kısa devre, büyük yüklerin anahtarlanması (motor yol verme, vb.)	Prosesin kesilmesi veya kapanması: veri kaybı, yanlış veri, kontaktörlerin açılması, tahriklerin kilitlenmesi, motorların yavaşlaması veya durması, gaz deşarjlı ampullerin sönməsi.	UPS, gerçek zaman reaktif dengeleyici, dinamik elektronik gerilim regülatörü, yumuşak yol verme, seri elektronik güçlendirici. Kısa devre gücünü (Kdg) artırınız. Koruyucu cihazların seçiciliğini değiştiriniz.
<b>Kesintiler</b>	Kısa devre, aşırı yük, bakım, istem dışı açılma.		UPS, mekanik kaynak transferi, statik transfer anahtarı, sıfır zaman seti, şönt devre kesici, uzaktan kumanda.
<b>Harmonikler</b>	Doğrusal olmayan yükler (hız kontrol cihazları, ark fırınları, kaynak makineleri, gaz deşarjlı ampuller, flüoresan lambaları, vb.)	Aşırı yükler (nötr iletken, kaynaklar, vb), istem dışı açılma, hızla eskime, enerji veriminin düşmesi, verimin düşmesi.	Anti-harmonik şok bobini, pasif veya aktif filtre, karma filtre, şok bobini. Kdg'nü artırınız. Kirlenici yükleri denetim altına alınız. Cihazın güç değerini azaltınız.
<b>İç harmonik</b>	Dalgalanma yükleri (ark fırınları, kaynak makineleri, vb) frekans değiştiriciler.	Gidip gelme (titreme), ölçüm sinyallerinin kesilmesi.	Seri direnç.
<b>Geçici aşırı gerilimler</b>	Bağlama donanımının ve kondansatörlerin çalışması, aydınlatma.	Tahriklerin kilitlenmesi, istem dışı açılma, bağlama donanımının bozulması, yangın, çalışma kayıpları.	Parafudur, yıldırım yönlendirici, ön ekleme rezistörü, şok bobinleri, statik otomatik dengeleyici.
<b>Gerilim dengesizliği</b>	Dengesiz yükler (büyük tek fazlı yükler, vb.)	Ters motor torku (vibrasyon) ve asenkron makinelerin aşırı ısınması.	Yükleri dengeleyiniz. Şönt elektronik dengeleyici, dinamik elektronik gerilim regülatörü. Kdg'yi artırınız.