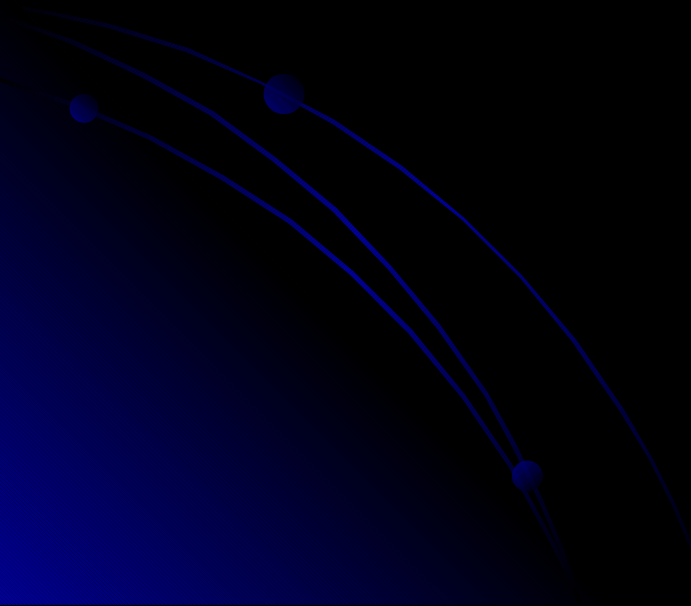


# ELEKTRİK ENERJİSİNDE KALİTE


Ali ÇAŞKURLU



# *Enerji kalitesi ne demektir?*

- Gerilim, akım ve frekanstaki herhangi bir değişim ile tespit edilen problemin, kullanıcının sisteminde bir arıza veya istenmeyen bir çalışma şeklini oluşturmamasıdır

# *Enerji kalitesinin parametreleri nelerdir?*

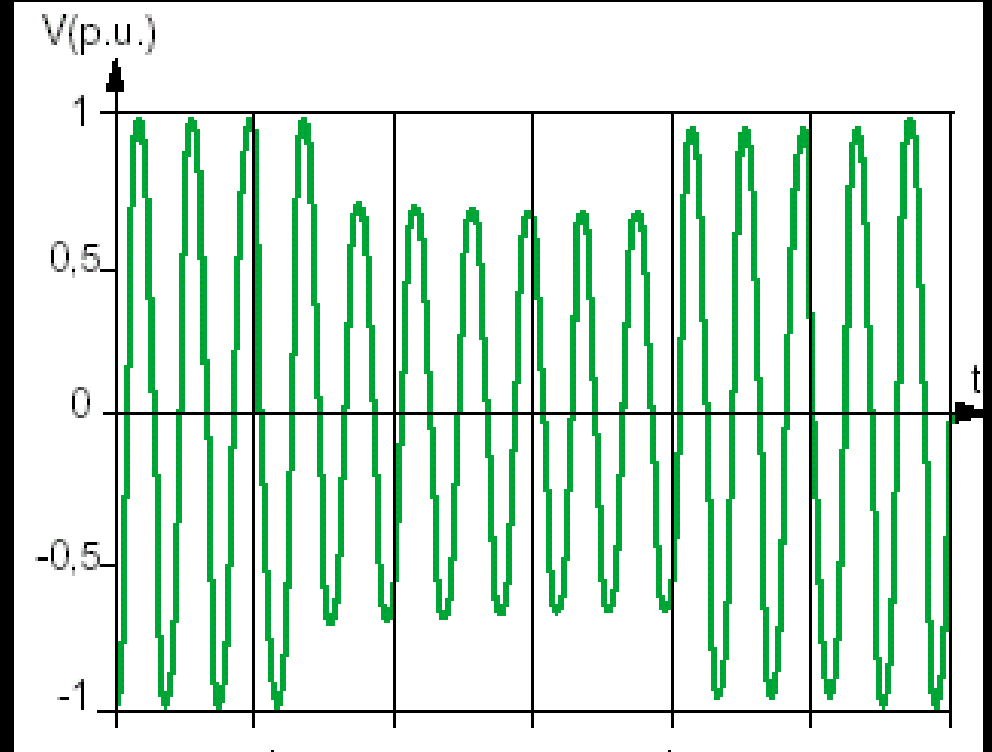
- Gerilim ve akım değerlerindeki darbeler (spikes)
  - Değer değişiklikleri ve dalgalanmalar (sags and swells)
  - Fliker
  - Harmonikler
- 

# Gerilim Değişiklikleri ve Dalgalanmalar

- 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 Değişiklikleri ve Dalgalanmalar

- Anma gerilimin %10'unundan daha az genliği olan RMS değerlerindeki veya tepe değerlerindeki değişikliklerdir.



# GERİLİM YÜKSELMELERİ

- **Güç Frekansı Aşırı Gerilimi** :50/60 Hz'lik güç frekanslarında oluşurlar.Farklı durumları söz konusudur.
- **A1. 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.
- **A2. Reaktif gücün fazla karşılanması:** Şönt kondansatörler, kaynaktan buldukları yere doğru verilen gerilimde bir artışa sebep olurlar.Bu gerilim, özellikle düşük yük sürelerinde yüksektir.
- **Aşırı Gerilimin Anahtarlanması:** Bunlar, şebeke yapısında meydana gelen hızlı modifikasyonlar sonucu ortaya çıkar (koruyucu cihazın açılması...vs.). Aşırı gerilimleri normal yükte anahtarlama,
- **B1. Düşük indükleyici akımların açma kapama anahtarlamaı sonucunda üretilen aşırı gerilimler,**
- **B2. Toplayıcı devrelerin anahtarlamaı 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 akımınının 100 katı tepe değerininde bir aşırı gerilime sebep olur.
- **C. Yıldırım Aşırı Gerilimleri**

# Gerilim ve Akım Değerlerindeki Darbeler (Spikes) ve Fliker

- Güç katsayısını düzeltmek ve kondansatör kademelerini anahtarlama için kontaktör kullanıyoruz. Normal kontaktör veya kompanzasyon kontaktörü kullanarak, kondansatörünüzü anahtarladığınızda, hem devreye girme, hem de devreden çıkma sırasında bir geçici rejim oluşur. Bu darbe değerlerini hem akımda, hem de gerilimde izliyoruz.
- Elektromekanik yolla yapılan anahtarlama ile devreye girip-çıkma sırasında oluşan akım darbeleri, kondansatörlerin ömürlerinin kışalmasına ve değer kayıplarına neden olurlar.
- Yükün zamanla hızlı değişmesinde, elektromekanik anahtarlama yapmamak gerekir.
- Ömür ve kapasite değerlerini korumak açısından, kondansatörlerin mümkün en yavaş çalışma şeklini seçmek doğru yoldur.

- Güç elemanlarının devreye girip çıkmaları sırasında oluşan geçici rejimler, darbe değerleri hem akımda hem de gerilimde izlenir.
- Fliker, Yükteki dalgalanmaların meydana getirdiği ve aydınlatma armatürlerinde kırışmaya yol açan 50 Hz altındaki gerilim salınımlarıdır
- Fliker şiddeti gerilim dalgalanmasının genliğine, şekline ve tekrarlanma sıklığına bağlı olup özel bir takım gerilim değişimleri için doğru bir yaklaşımla tahmin edilebilmesi mümkündür. Bunu için çeşitli analitik yöntemler kullanılmaktadır



# ELEKTRİK SİSTEMİ ÜZERİNDE BOZUCU ETKİ YAPAN ALICI TÜRLERİ

ALICI TÜRLERİ	Bozulmanın Türü			
	Gerilim Dalgalanması	Dengesizlik	Harmolik	Ara Harmolik
Önemli Yükler ( Açma Kapama )	x			
Büyük Motorlar	x			
Işık Rampaları (diskotekler)	x			
Kaynak Makinaları	x	x	x	x
Dirençli Döküm Fırınları		x		
İletkenli Isıtma Tesisatları		x		
Ark Isıtıcıları		x		
Kül Ergitme Fırınları		x		
Elektrod İmalatına ait rezistanslı Fırınlar		x		
Presler				x
<b><i>Non lineer akım gerilim Özelliği Gösteren Sistemler</i></b>				
Ark Ocakları	x	x	x	x
Endüksiyon Ocakları		x	x	
Doymuş demir çekirdekli enduktanslar			x	
Doymuş Trafolar			x	
<b><i>Güç Elektroniklerinde Sinus biçimli olmayan akımları Oluşturan Düzenekler</i></b>				
Statik Konverterler			x	
Frekans Konverterleri			x	x
Dimmerler			x	
Televizyonlar			x	

# HARMONİKLER VE ENERJİ KALİTESİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

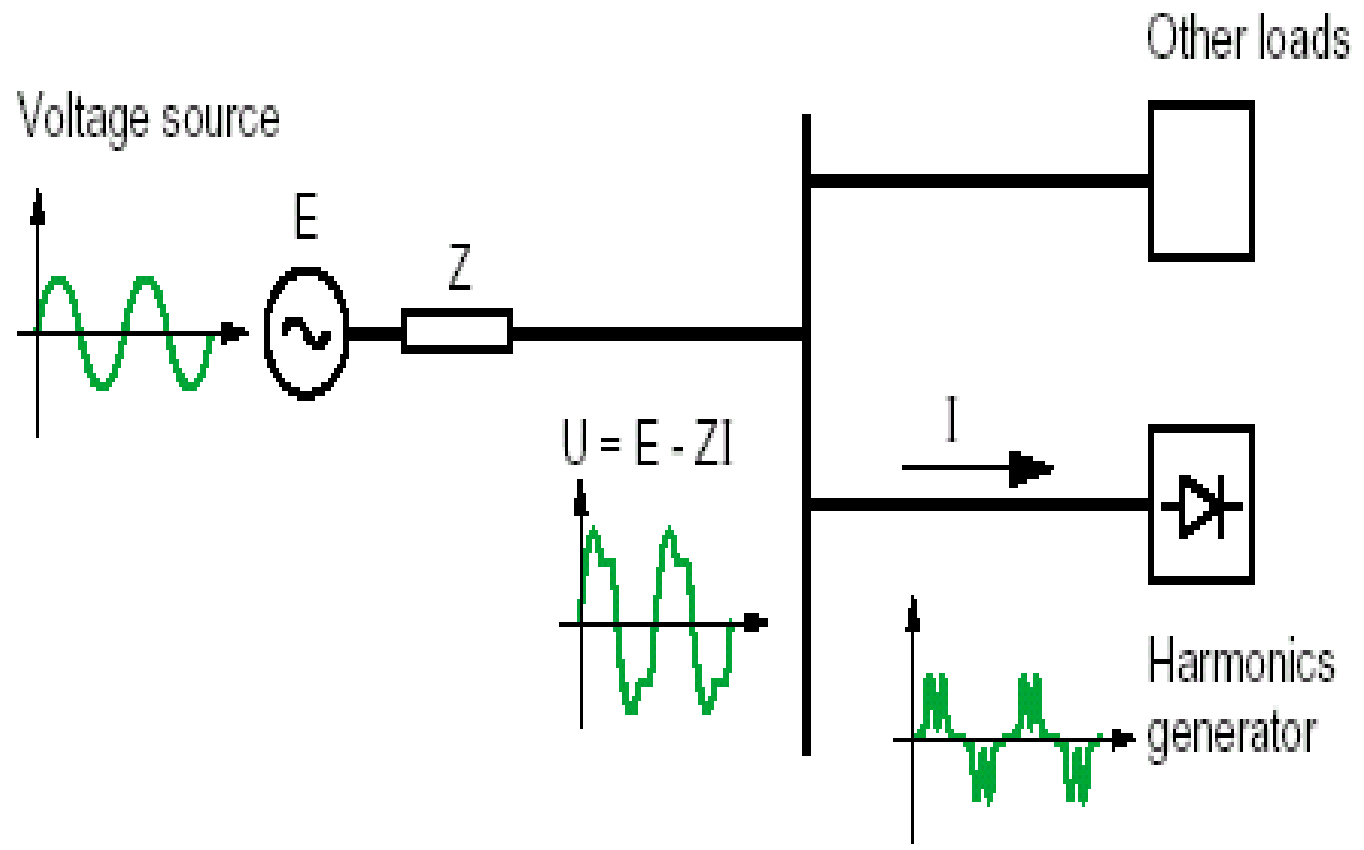
- *Enerji kalitesinde harmonikler, güç katsayısı, gerilim ve akım değerlerindeki darbeler, değer değişiklikleri ve dalgalanmalar, fliker önemli rol oynar. Enerji kalitesini doğrudan etkileyen bu etmenler ürün ve üretim kalitesini de etkilemektedir.*

- *Harmoniklerin varlığı, elektrik sistemlerinin çalışmayacağı anlamına gelmez. Diğer güç kalitesi olayları gibi, harmoniklerin varlığında da çalışmanın sürekliliği, güç iletim sisteminin sağlamlığına ve donanımın hassasiyetine bağlıdır. Bir fabrika yüksek harmoniklerin kaynağı olurken, diğer bir taraftan ise normal çalışmasına devam edebilir. Bu harmonik kirlenme çoğu kez şebeke elektrik dağıtım sistemi üzerinden taşınabilir ve aynı sistemde ondan daha duyarlı komşu tesisleri de etkileyebilir.*

- Yarı iletken elemanların tabiatı gereği ve sanayide kullanılan bazı nonlineer 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.

- Harmonik, gerilim ve akım dalga şeklinin ideal formundan uzaklaşmasıdır. Şebekede akan harmonik akımlar şebeke empedansı üzerinde gerilim düşümü meydana getirir ve gerilim dalgasının formu bozulur, kayıplar artar, şebekede kullanılan cihazlarda olumsuzluklar meydana gelir. Bu olumsuz etkiler, harmonik kaynakların sistemdeki yerine, iletim ve dağıtım sistemlerindeki yayılımına ve şebeke karakteristiklerine bağlıdır



Voltage source

Other loads

$$U = E - ZI$$

Harmonics generator

# Harmonik Bozulmalar ve Etkileri

- Sinüsoidal alternatif akım uygulanan bir alıcının şebekeden harmonikli akım çekmesi bu alıcının yapısı gereğidir
- karakteristikleri itibariyle lineer oldukları halde harmonikli akımlara sebebiyet veren alıcılarda vardır. Bu durum ise alıcıya uygulanan gerilimin nonsinüsoidal olmasından kaynaklanmaktadır

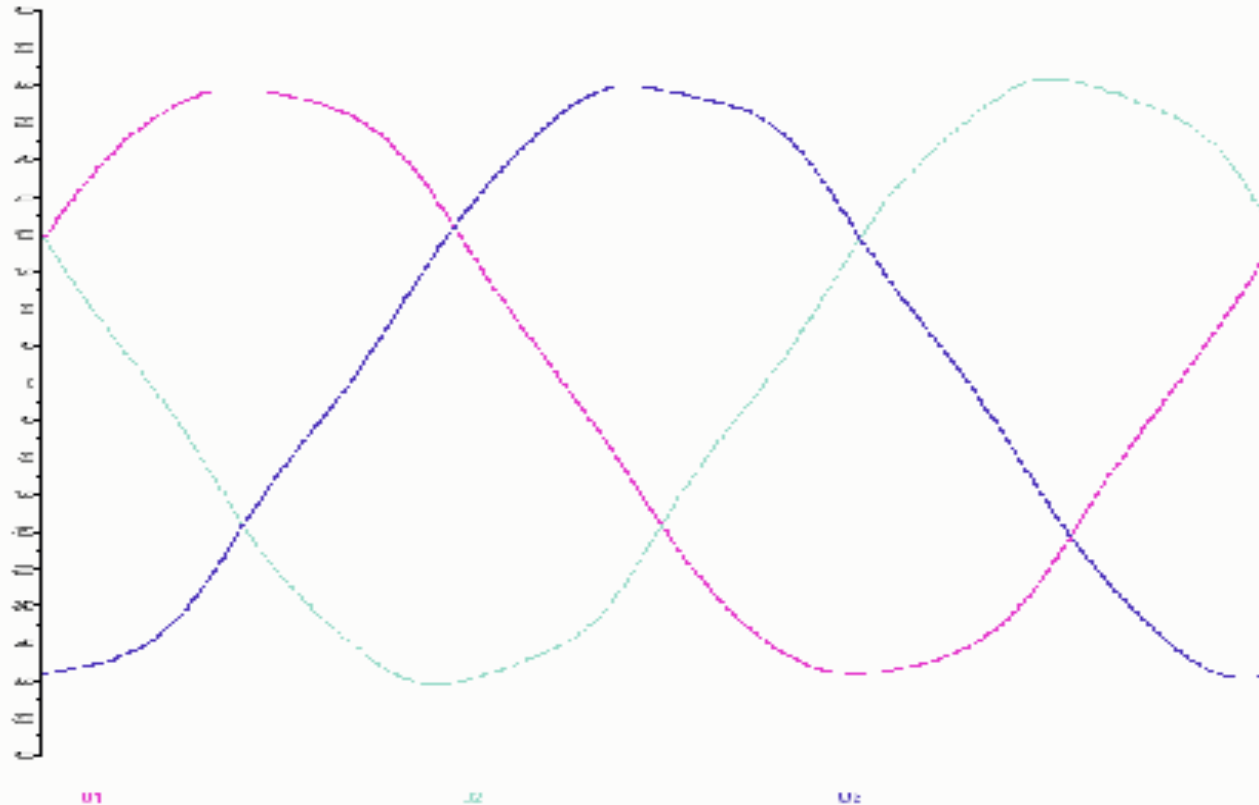
# Harmonik Bozulmalar ve Etkileri

- Şebeke empedansının frekansa bağılı olarak alacağı değerler çok önemlidir. Empedans değeri şebeke yapısına ve üzerindeki yüklerin durumuna bağlıdır
- Her gerilim seviyesinde şebekenin herhangi bir noktasına bağlı yük ve elemanların sebep olduğu harmoniklerin fazor bileşkesi olan toplam harmonik bozulmasını belirlemek zordur.



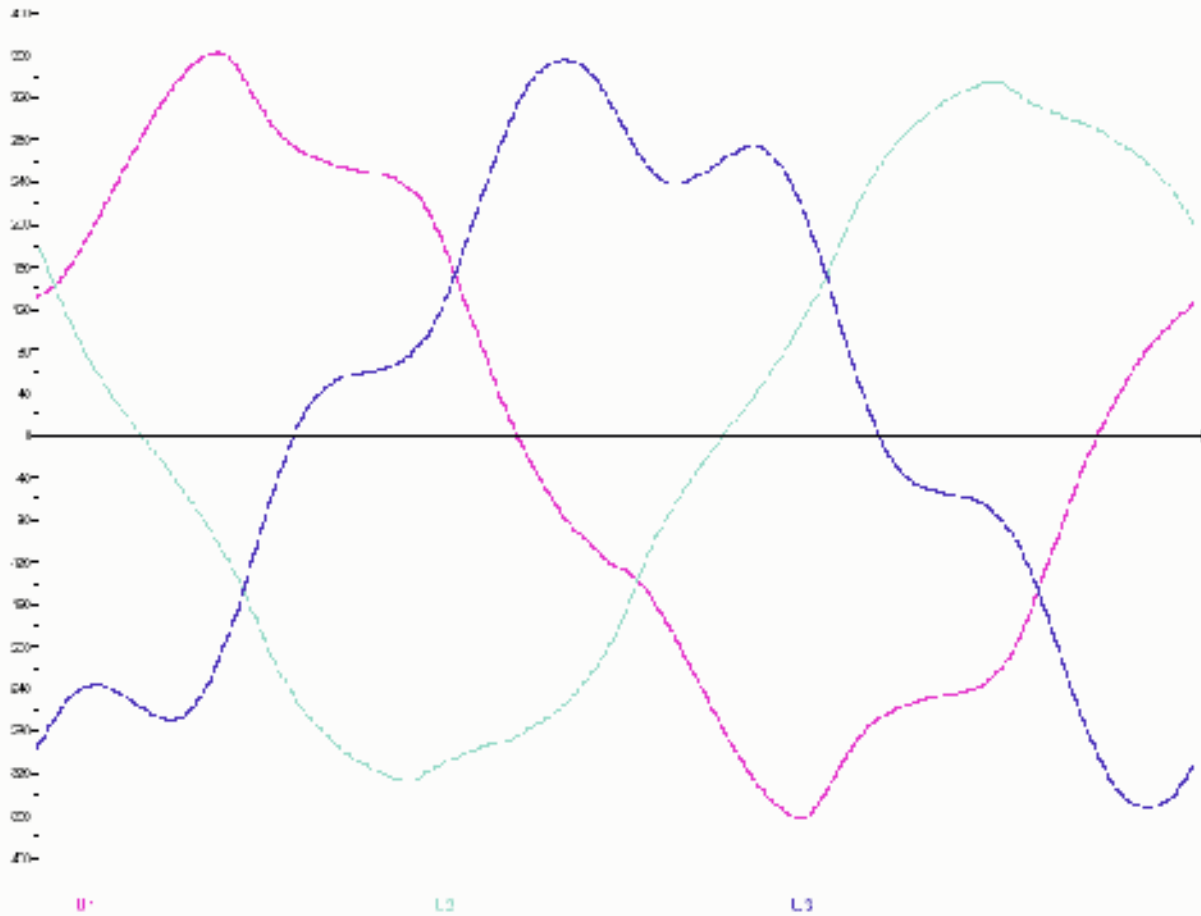
# TOPLAM HARMONİK BOZULMA

- Gerilim ve akımın dalga şeklinin sinusoidalden uzaklaşmasının yani bozulmanın derecesini Toplam Harmonik Bozulma ile tanımlamaktayız. Gerilim için toplam Harmonik Distorsiyonunu:
  - $THD_V = 1/ U_1 \sqrt{(\sum U_n)^2}$
  - Akım için toplam Harmonik Distorsiyonunu:
    - $THD_I = 1/ I_1 \sqrt{(\sum I_n)^2}$



**Şekil 1 Ana pano şebeke gerilimleri (makineler çalışmıyor iken)**

Parametre	Değer
Gerilim etkin değeri	227V
Gerilim tepe değeri	318V
Gerilimdeki toplam harmonik bozulma (THD) değeri	%2.0



**Şekil 2 Ana pano şebeke gerilimleri (makineler çalışıyor iken)**

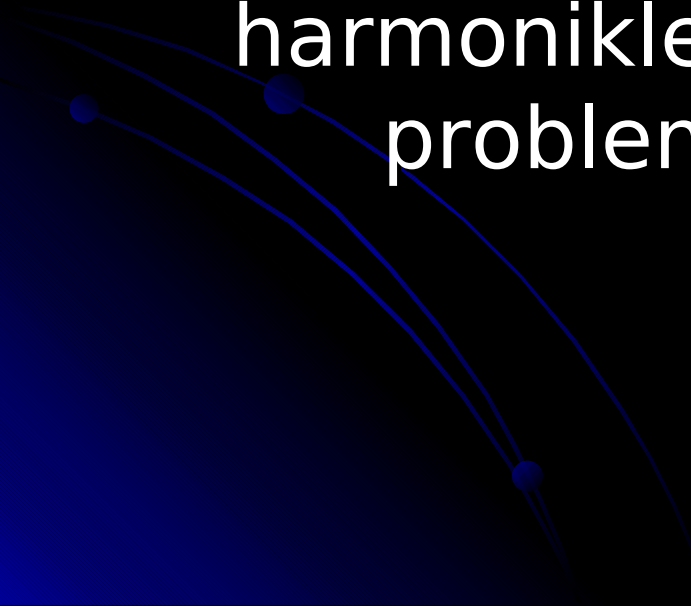
**Tablo 2 Makine çalıştırıldığında gerilim ile ilgili parametreler**

Parametre	Değer
Gerilim etkin değeri	223V
Gerilim tepe değeri	356V
Gerilimdeki toplam harmonik bozulma (THD) değeri	%19,3

# HARMONİK KAYNAKLARI

- Senkron makinaların hava boşluğunda sinus biçiminde olmayan akının dağılımından dolayı harmonik içeren emk ların üretilmesi
- Ani yük değişimi nedeniyle senkron makinanın hız değişimi sonucu gerilim dalga formunun bozulması
- Boşta devreye alınan trafolarda sınırlı seviyede de olsa harmoniklerin üretilmesi
- Güç sistemine bağlı olan frekans konverterleri, ark fırınları, doğrudan gerilim kontrollü redresor, inverter kaynak makinaları harmonik üretir.
- Yük ve motor devrelerinde verimin arttırılması için kullanılan yarı iletken devre elemanları harmonik içeren düzensiz akım ve gerilim dalgalarının oluşmasına neden olur, UPS ler, bilgi işlem yükleri vb
- Yüksek gerilim DC iletim sistemlerinde DC ve AC dönüşümün her ikisi de harmonik akım üretimine sebep olur.( doğrultucular, tristor kontrollü devreler)
- Rüzgar ve güneş enerjisi konvertörlerinin dağıtım sistemine bağlanması halinde çeşitli akım ve gerilim harmonikleri oluşur.
- Modern ark kaynak makinalarının ve çelik ergitme fırınlarının kullanılması dengesizlik ve harmoniklerin üretilmesine neden olur.
- Batarya şarjı için kullanılan güç doğrultucuları ve devreleri
- Doyma bölgesinde çalışan transformatörler
- Nominal gücünün üzerinde yüklenen transformatörler

Bu kaynakların şebekede ürettiği harmonikler 100 Hz ile 50 kHz arasında değişmektedir. 5kHz e kadar olan harmonikler güç elemanları ve makinaları üzerinde etkili olur.5 kHz üzerindeki harmonikler iletişim sistemlerinde problemler yaratmaktadır.



# HARMONİKLER NASIL ÜRETİLİR?

- Harmonik üretim seviyesi tesisteki yükün içeriği ile doğrudan ilişkilidir. Lineer olmayan gerilim / akım karakteristikli bu yükler bağlandığı noktadan sinüs eğrisi bozulmuş akımlar çekmektedir. Oluşan bu harmonikli akımlar dağıtım sisteminin alt kademelerinde gerilim harmoniği olarak yayılmaktadır.

# Harmonik Seviyeleri

- Yarı iletken teknolojiye sahip olan bir cihazın üreteceği harmonik akımların hangileri ve hangi mertebelerde olduğu bu cihazın pulse sayısına yani içerdiği tristör veya diyot gibi elemanların adetlerine bağlıdır. 6 puls'lı bir sistem için;

- $n = hq \pm 1$  (3)

formülünde  $h$  ; puls sayısı

$q$  ; sıra ile ilerleyen tam sayı olmak üzere

- $n = 6.1 \pm 1 = 5$  ve  $7$  .....

- Üretilecek bu harmoniklerin temel şebeke frekansındaki akıma olan yüzdesel değerleri ise;

$\% = 100 / n$

formülü ile hesaplanabilir

- 7. Harmonik yüzdesel değeri

$\% = 100 / 7 = \% 15$

# Rezonans

- Trafo empedansı ve ve kompanzasyon sisteminin empedansı paralel toplamı
- $Z_{\text{toplam}} = WL / (1 - W^2 LC)$
- $1 - W^2 LC = 0$
- olur ise sistem ilgili frekans için teorik olarak sonsuz empedans seviyesine ulaşır. Bu duruma “ Paralel Rezonans “ denir .



# Rezonans Frekansı

- Bir kompanzasyon sisteminde, Sistemin ne zaman ve hangi frekans değeri için paralel rezonansa gireceği aşağıdaki formülasyon ile yaklaşık olarak hesaplanır;
- $n = (S_k / Q_c)^{1/2}$   
Burada  $S_k =$  İlgili trafonun kısa devre gücü  
 $S_n / u_k$  (kVA)
- $Q_c =$  Devreye paralel bağlı olan kondansatör gücü (kVAr)
- Devreye giren kondansatör gücü arttıkça rezonans frekansı 5 ve 7 gibi düşük frekanslı harmonik noktalara doğru ilerler

# HARMONİKLERİN SEBEP OLDUĞU PROBLEMLER

- Nötr noktasında aşırı yüklenme
- Aşırı ısınan transformatörler:
- Kapasitor banklarının aşırı yüklenmesi gerilim değeri ile orantılı olarak dielektrik zorlanma
- Deri etkisi;
- Ölçüm cihazları hatalı ölçüm yaparlar
- Düşük gerçek güç faktörü (GF) okumasına neden olurlar
- Motorlar ve jeneratörlerdeki pozitif, negatif ve sıfır sıralama gerilimleri.
- Kontrol ve kumanda işaretlerinin harmoniklerden olumsuz bir şekilde etkilenmesi

# HARMONİKLERİN SEBEP OLDUĞU PROBLEMLER

- Harmoniklerin neden olduğu rezonans koşullarında sistemde aşırı gerilim ve aşırı akımların oluşması
- Tesiste gerilim düşümünün artması
- Malzemelerde izolasyon delinmesi ve erken yaşlanma
- Yalıtımı zayıflatarak tesis elemanlarının ömürlerini kısaltır.
- Sıfır noktasına bağlı çalışan kumanda devreleri yanlış çalışır


# Sistemimizde harmonikler olduğunu nasıl anlarız?

- En iyi metod arızalara ihtimal vermeden sistemde harmonik ölçümü yapılmasıdır.
- Çok sık kondansatör ve ilgili ekipmanını değiştirmek zorunda kalıyorsanız.
- Besleme şalterleri rezonans olayları ile belirsiz zamanda açma yaparak işletmeyi durduruyor ise.
- Ölçüm cihazları hatalı ölçüm yapıyorlarsa.
- Nötr kablosu çok yükleniyor ve ısınıyorsa.

# Harmonikler ne seviyede ise problem var demektir?

- Uluslar arası IEC 519-1992 'ye göre standartlar içinde kabul edilen harmonik bozulma değerleri, **Gerilim için % 3, Akım için % 5** olarak belirlenmiştir .Ana dağıtım panosunda yapılan ölçümlerde gerilim harmoniği %3 ila %5 ve akım harmoniği %10 ila %12 değerlerinin üzerinde ise önlem alınmalıdır.
- Sadece ana dağıtım panosunda ölçüm yapmak yanıltıcı olacaktır zira tali panoda harmonik problemi olabilir.

# Harmonikleri Nasıl Bulacağız?

- Elle kumanda edilebilen Harmonik Analizörler
  - harmonik monitörün ya da harmonik ölçme ve kaydetme kabiliyetine sahip güç kalite analizörünün kullanılmasını
- 

# Harmonikler enerji kalitesini ne şekilde etkiliyor? Yarattığı sorunlar nelerdir

- Harmoniğin trafodan başlayarak tüm yüklerde verimsiz çalışmanın yol açtığı kilowatt kayıpları kayda değer kayıplardır
- Optimum harmonik çözüm yöntemleri; pasif filtreli kompanzasyon, statik anahtarlama pasif filtreli kompanzasyon ve aktif filtre uygulamaları olabildiği gibi, işletmeden işletmeye fark gösterebilmekte, zaman zaman giriş bobinleri ve hat reaktörleri de makine ve cihaz girişlerinde lokal olarak uygulanabilmektedir
- harmonikleri standartların tavsiye ettiği seviyelerde tutmak, tesis için ekonomik bir çözüm olmaktadır.
- En doğru çözüm, işletmenin elektriksel projeleri oluşturulurken, sistemin harmonik distorsiyon oranları hesaplanmalı, uygun filtrasyon yöntemleri belirlenip projelere eklenmelidir.

# HARMONİK FİLTRELER VE KOMPANZASYON

- PASİF FİLTRELER
- Pasif uygulamalar empedansı sıfıra eşitleme prensibine dayalı olarak çalışır
- 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 düzeni, 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 FİLTRELER

- Aktif filtreler ise empedanstan tamamen bağımsız, üretilen harmonik akımının tersinin üretilerek harmonik akımlarının söndürülmesi ve dolayısıyla gerilim harmoniğinin de düzeltilmesi prensibiyle çalışırlar. Aktif filtre harmonikleri ölçerek ters harmonik yaratarak yok etme tekniğine dayanan bir teknoloji.

# Aktif Filtre

- Aktif filtrelerin üç faz üç tel ve üç faz dört tel uygulamaları olabildiğine değinmemiz doğru olacaktır. Dört telli uygulamalarda, nötr iletkenine bağlanan dördüncü tel, nötr iletkeninden akacak olan üç ve üçün katı olan harmonik akımlarını temizleyecektir . Bu sayede, nötr barasından akan akımların oluşturduğu gerilim düşümü sebebiyle nötr ile toprak arasında artan potansiyel fark (gerilim) azalacaktır.
- Üç faz üç tel uygulamalar ise genelde harmonik kaynağı olan makine girişlerinde, makinenin sisteme basacağı harmonikleri kaynağında filtrelemek ve diğer cihazlara zarar vermesini engellemek amacı ile kullanılabilmektedir

# HARMONİKLER VE KOMPANZASYON İLİŞKİSİ

- TEDAŞ, 1 Ocak 2008 den itibaren de reaktif/aktif oranının %20 yi aşmamasını istemekte. Böylece reaktif enerji hatlardan gelmeyecek; reaktif akımlar dolayısıyla hatlarda oluşan kayıplar azalacaktır.
- Daha fazla kondansatör bataryasının devreye sokulması ile harmoniklerin etkisi sistemlerimizde artmaya başlar. Birçok tüketici de harmoniklerin zararlı etkisini sistemlerinde görmeye başlayacaktır.
- Kondansatör bataryaları harmonik etkileri hem artıran hem de zararlarından ilk etkilenen şebeke elemanıdır diyebiliriz

## KONDANSATOR SEÇİMİ

- 6 darbeli hız kontrol cihazlarının ağırlıklı olduğu endüstri tesislerinde 5. ve 7. harmoniklerin varlığı belirtilmiştir.
- 400 V şebekelerde kullanılan reaktif güç kapasitörleri, filtre ile birlikte kullanılırsa daha yüksek gerilime maruz kalacaklarından, kapasitörlerin ömürlü olması için gerilim yükselmesi göz önüne alınmalıdır.
- Mesela  $U_{cn}=400$  Volt olan bir kapasitör 210 Hz ( $p=XL / XC=5,67$ , reaktor faktörü) bir filtre ile birlikte kullanılırsa  $U_n=385$  Volt olan bir şebeke voltajı, kapasitör terminalinde  $U_c=U_n / (1-p)=385 / (1-0,0567) = 409$  Volt' a ulaşır. 400 V kapasitörler (440 V) dayanacak şekilde imal edilirler.
- $409 < 440$  V Böyle bir tesiste 400 V kapasitör kullanılabilir.
- Diğer önemli konu ise, kapasitörün etiket gücü, uygulamada işletme gerilimin karesiyle artıp veya azalması söz konusudur.
- Örnek olarak,  $L_n=0,61$  mH ( $p=6$ ) olan bir filtre reaktörü,  $Q_{cn}=60$  kVAR
- $U_{cn}=440$  V bir kapasitöre seri bağlanırsa, 385 Volt şebekeye filtreden geçen miktar,
- $Q_c = Q_{cn} \times U_n^2 / U_{cn}^2 (1-p) = 60 \times 385^2 / 440^2 (1-0,06)=49$  kVAR
- Böylece 385 V 490 kVAR' lık bir filtreli kompanzasyon için 10 adet 400V 60 kVAR veya 10 adet 440 V 49 kVAR kondansatör gerekir. Standart kapasitörler, nominal akımın yüzde 30 fazlasına sürekli yüklenebilirler. Bu, kapasitör akımını taşıyacak reaktörler de temel dalgayla ilave %30 harmonik akımlarını da taşıyacak şekilde toleranslı imal edilmelidir. Hatta harmonik akımlar kısa sürede aşırı seviyelere yükselebileceğinden reaktörlerin nominal akımının

# Harmonik Kaynaklı Reaktif Güç Bedeli

- $\cos \phi$ , bir endüstriyel hattın enerji aldığı üreticiye ödeyeceği reaktif güç bedelini belirler .
- Döner telli konvansiyonel elektrik sayaçları ile faturalandırma yapan sistemlerde  $\cos \phi$  esas alınır . Ancak son yıllarda kanunla da zorunlu olan dijital sayaçlara geçilmesi ile bu durum farklılık göstermiştir. Zira dijital sayaçlarda güç faktörü ile bilinen yukarıdaki değerin hesaplanması için sadece temel şebeke frekansındaki akım ve gerilim arasındaki açığa bakılmaz; harmonik denilen diğer frekanslardaki akım ve gerilimin etkisi de göz önüne alınır. Buna “Power Factor”/ “Güç Faktörü” denir.

# GÜÇ FAKTORU

- Güç faktörü,  $\cos \phi$  değerinden farklı olarak, harmonikler dahil olan akım ile harmonikler dahil olan gerilim arasındaki faz farkıdır. Bu iki değer arasında harmonikli ortamlarda aşağıdaki formül kadar bir fark oluşur.
- $PF = m \cdot \cos \phi$
- $m = 1 / \sqrt{1 + (THD(I))^2}$

# GÜÇ FAKTORU

- Örnek olarak ile dijital sayaç kullanan ve şebekesinde THD(I) =%30 seviyelerinde harmonik akımı olan bir tüketici  $\cos \phi = 0,96$  değerine sahipken;
- $m = 1 / 1 + (0,3)^2 = 0.917$
- $PF = 0,917 \cdot 0.96 = 0,88$  değerinde bir güç faktörüne sahip olacaktır.
- Bunun temel sonucu olarak döner telli bir sayaçtan dijital sayaca geçmesi ile aynı yük ve kondansatör sistemi ile daha önce ödemediği reaktif güç bedelini ceza olarak ödeyecektir.

# Doğru kompanzasyon sistemi nedir?

- Harmonik lineer olmayan yüklerin oluşturduğu bir etki. Fakat kompanzasyon tesisi de bunu azdıran bir faktör. Yani nominal akımı 140 Amper olan 100 kVAR'lık bir kondansatör bataryası harmonikli bir ortamda çalışıyorsa bunun nominal akımı yaklaşık 200-250 Amperlere ıkabiliyor. Siz harmonikli bir tesiste çalışan bir kondansatörü açıp içine bakarsanız, içindeki bütün malzemenin özelliğini kaybettiğini görürsünüz.



Özel know-how'a sahip olmayan uygulamacılar iyi niyetle de olsa zarar verirler.

- Doğru bir harmonik filtre sistemi tasarlanmaması durumunda, bu sistemler ömrünü çok kısa sürede tamamlayacak veya sistemde rezonans riskini ortadan kaldıramaması durumunda üretime ara verilmesi durumunda uğranılacak kayıplar yapılacak enerji tasarrufu ile kıyaslanamayacak büyüklüktedir.

- Harmonik probleminin kompanzasyon sistemi üzerindeki etkilerinin giderilmesinde hap şeklinde çözüm yok ancak basit bir oran ile bir çözüm önermek de mümkündür.
- Bu da, harmonik generatörlerinin toplam gücünün trafonun toplam gücüne oranı şeklinde.
- Bu oran % 15 düşükse kondansatör standart tip kullanılabilir. %15-25 arasında ise güçlendirilmiş tip kullanılmalı. % 25 üzerinde ise DR (detuned reaktör) reaktör kullanılmalı diyebiliriz.
- % 60 üzeri için ise harmonik çalışmalarının yapılarak uygun çözümün bulunmasını öneriyoruz; ki bu filtre çözümü olabilir. .

# *Harmonik Filtreli Kompanzasyon panosunun sistemimize ne faydası olacaktır?*

- Rezonans ihtimali ortadan kalkar.
- Harmonik akımlarının artışı engeller.
- Kondansatörlerin ve kontaktörlerinin arızalanmasını önler. Bakım maliyeti azalır ve kondenzatörlerin değer kaybetmesinden dolayı reaktif ücret ödeme riskini ortadan kaldırır.
- Kondansatörlerin ömrünü uzatır.
- Dağıtım sisteminin besleme şalterlerinin gereksiz açmaları ile istenmeyen üretim durmalarını engeller

- EPDK tarafından harmonik bozulma ile ilgili yayımlanmış olan genelgenin 52. maddesini sizlere aktarmak istiyorum: “Dağıtım şirketi ve kullanıcı ilgili standartlarda belirtilen harmonik sınır değerlerine uymakla yükümlüdür. Dağıtım şirketinin harmonik bozulmaya ilişkin performansları harmonik bozulma göstergeleri aracılığı ile ölçülür. Harmonik bozulmaya neden olan kullanıcıya dağıtım şirketi tarafından durumun düzeltilmesi için 30 iş gününden az olmamak üzere süre tanınır. Bu süre içinde kullanıcı tarafından kusurlu durumun ortadan kaldırılmaması durumunda, iki gün öncesinden ihbar edilmek kaydı ile kullanıcının bağlantısı kesilir. Toplam harmonik bozulmaya ilişkin hizmet kalitesinin sağlanabilmesi için, ölçülen toplam harmonik bozulmanın, ölçüm süresinin % 5'inden daha uzun bir süre içinde % 8'den daha yüksek olmaması gerekir. Harmonik bozulmaya ilişkin bu şartın ihlal edilmesi durumunda, dağıtım şirketi hakkında kanunun 11. maddesi hükümleri çerçevesinde işlem yapılır”.

## Kesinti tipi

## Nedenleri

## Sonuçları

## Hafifletici çözüm örnekleri (özel cihaz ve değişiklikler)

**Gerilim  
değişiklikleri  
ve  
dalgalanma  
Gerilim  
düşüklükleri**

Büyük yük  
dalgalanmaları  
(kaynak makineleri,  
ark fırını, vb.)  
Kısa devre, büyük  
yüklerin  
anahtarlanması  
(motor yol verme,  
vb.)

Lambaların parlaklığında  
dalgalanma (gidip  
gelme).

Elektromekanik reaktif güç dengeleyici, gerçek zaman reaktif dengeleyici, seri elektronik güçlendirici, kademe değiştirici.

**Kesintiler**

Kısa devre, aşırı yük,  
bakım, istem dışı  
açılma.

Prosesin kesilmesi veya  
kapanması: veri  
kayıbı, yanlış veri,  
kontaktörlerin  
açılması, tahriklerin  
kilitlenmesi,  
motorların  
yavaşlaması veya  
durması, gaz deşarjlı  
ampullerin sönmesi.

UPS, gerçek zaman reaktif dengeleyici, dinamik elektronik gerilim regülatörü, yumuşak yol verme, seri elektronik güçlendirici. Kısa devre gücünü (Kdg) artırınız.  
Koruyucu cihazların seçiciliğini değiştiriniz.

UPS, mekanik kaynak transferi, statik transfer anahtarı, sıfır zaman seti, şönt devre kesici, uzaktan kumanda.

**Harmonikler**

Doğrusal olmayan yükler  
(hız kontrol  
cihazları, ark  
fırınları, kaynak  
makineleri, gaz  
deşarjlı ampuller,  
flüoresan  
lambaları, vb.)

Aşırı yükler (motor netken,  
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.

**İç harmonik**

Dalgalanma yükleri (ark  
fırınları, kaynak  
makineleri, vb)  
frekans  
değiştiriciler.

Gidip gelme (titreme),  
ölçüm sinyallerinin  
kesilmesi.

Seri direnç.

**Geçici aşırı  
gerilimler**

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.

**Gerilim  
dengesizliği**

Dengesiz yükler (büyük  
tek fazlı yükler, vb.)

Ters motor torku  
(vibrasyon) ve  
asenكرون makinelerin  
aşırı ısınması.

Yükleri dengeleyiniz.  
Şönt elektronik dengeleyici, dinamik elektronik gerilim regülatörü. Kdg'yi artırınız.

# ***SONUÇ VE ÖNERİLER***

- Kaliteli enerji kaliteli malzeme kullanımıyla başlar
- Yurtdışında enerji satan firma ile alıcı arasında karşılıklı anlaşma yapılmaktadır. Enerji dağıtımı yapan şirket kaliteli enerji satacağını taahhüt etmektedir. Tüketici de sistemin enerji kalitesini bozmamak için gerekli çalışmaları yapmaktadır
- Sisteminizde doğrusal olmayan yükleriniz varsa derhal harmonik ölçümü yapılarak kompenzasyon tesisatının filitreli hale getirilmesi, doğrusal olmayan yüklerin önüne giriş koruma reaktörleri monte edilmesi gereklidir.

- Kompanzasyon sisteminde 400 V kondansatörler kullanılmamalıdır
- Tesis yükünün büyük bir kısmı sık devreye girip çıkan cihazlardan oluşuyorsa statik kompanzasyon panosunda kontaktör yerine tristör şalterleri kullanılmalıdır
- Hız kontrol cihazının üzerinde filitreli olduğu yazılı olsa bile giriş koruma reaktörüne ihtiyacımız vardır. Hız kontrol cihazlarının üzerlerindeki filtreler EMI filtreleridir. Harmoniklere hiçbir etkileri yoktur.
- Yeni tesisatlarda harmonik filitreli kompanzasyon sistemi kurulmalıdır.

- Kademeli reglaj ile güç faktörü 1 değerine yaklaşmaktadır ve rezonans ihtimali artmaktadır. Bu nedenle harmonik filitreli kompanzasyon tesis edilmesini öneriyoruz.
- Aynı trafodan beslenen bir tesiste filitreli ve filitresiz kompanzasyon kademelerinin beraber kullanılmaması gereklidir
- Kondansatörlerin gerilim değerini arttırarak harmonik sorunu çözümlenmez.
- Harmonik filitreli kompanzasyon tesisatında kullanılacak reaktörler indüktivite mH değeri o kademedeki kullanılacak kondansatörlerin değerine ve reaktör faktörüne göre hesap edilmelidir



- Reaktörler yönlendirilmiş silisli trafo saçından imal edilmiş ve manyetik kuvvetlerde ses üretmemesi ve izolasyonun dayanıklı olması için özel vakum poliester vernikli olması gereklidir.
- Hız kontrol cihazının ürettiği harmonikleri şebekeye vermemesi için girişine koruma reaktörü bağlanması kesindir, bunun yanı sıra hız kontrol cihazının sürdüğü motorunda korunması gereklidir
- Bugün Avrupa'nın yapmış olduğu gibi, bir kompanzasyon uygulamasında, standart bir kompanzasyon yapılacağına, 189 Hertz'e ayarlanmış filtreli bir kompanzasyon uygulaması yapılmakta olup, bunu uygulayan tesis için hap çözüm gibi düşünülebilir.