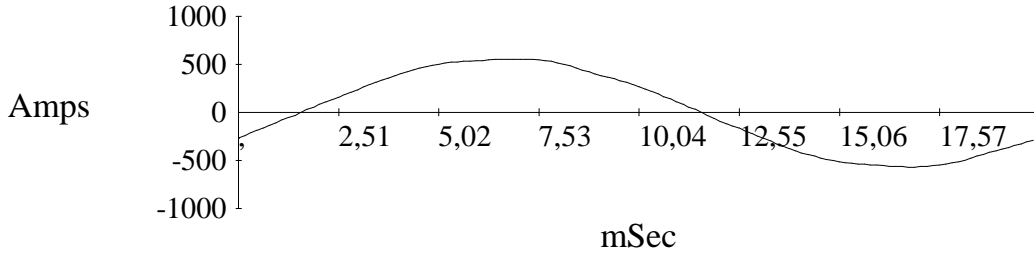


Harmonik Nedir?

İdeal şartlarda şebeke, jeneratörler veya UPS gibi kaynaklardan beslenen yüklerin bir direnç yükü gibi ya da diğer bir deyişle lineer bir yük olduğu yani şebeke/jeneratörden "Şekil 1" de de gösterildiği gibi sinüs dalga formunda akım çektikleri kabul edilir ve genelde tüm elektriksel hesaplamalar bu varsayımlarla yapılır.

Tanım 1 :

Lineer Yük : Şebekeden bozunuma uğramamış aşağıdaki şekilde akım çeken yüklerdir.



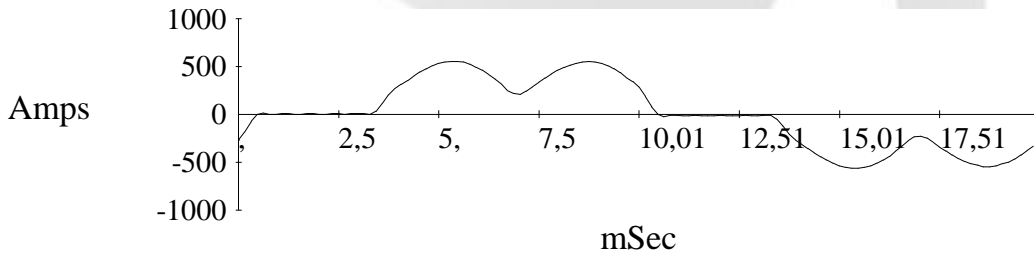
Şekil 1 : Sinüs dalga formunda bir akım örneği

Fakat teknolojinin gelişmesi ile birlikte, yarı iletken ürünlerin (diyot, tristör, IGBT..) ve kondansatör, self gibi pasif devre elemanlarının, kullandığımız cihazlara entegre edilmesi ile beraber akım dalga formunda yukarıda gösterilen ideal sinüs ten sapmalar meydana gelmeye başlamıştır.

Şöyle ki; yarı iletken elemanlar ve bu mantıkla çalışan diğer devre elemanları şebeke gerilimini kırparak belirli aralıklarda kullanırlar dolayısı şebekeden çektikleri akım her fazda devamlı değildir, dolayısıyla akım hiçbir zaman şekil 1 de belirtilen şekilde sinüs olmaz. Aşağıdaki şekilde bir motor hız kontrol ünitesinin veya 6 pulse bir UPS giriş akımının şebekeden çektiği akım dalga formu görülmektedir.

Tanım 2 :

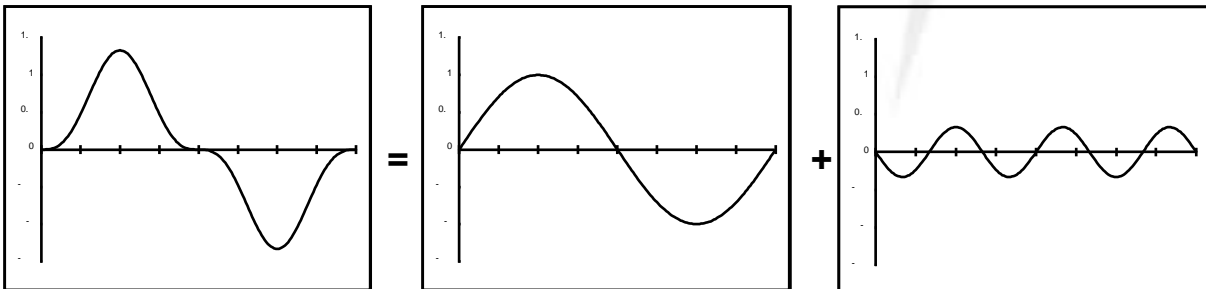
Non-linear Yük : Şebekeden bozunuma uğramış (distorsiyonlu) şekilde akım çeken yüklerdir.



Şekil 2 : Bozulmuş (distorsiyona uğramış akım dalga formu)

Peki Bu harmonik Akımları Nasıl Hesaplanır?

Öncelikle distorsiyonlu bir dalga formu bir çok dalga formunun bileşimi şeklinde oluşmaktadır. Buna basit bir örnek aşağıda verilmiştir.

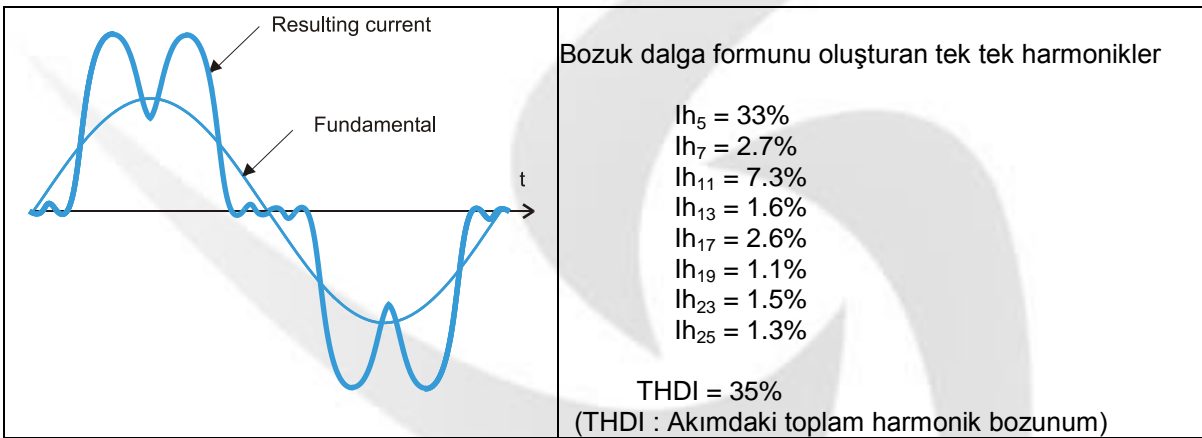


Şekil 3 : Distorsiyonlu bir dalga formunu oluşturan etmenler

Şeklin sol tarafında distorsyona uğramış basit bir daga formu görülmektedir. Bu dalga formu iki temel bileşenden meydana gelmektedir.

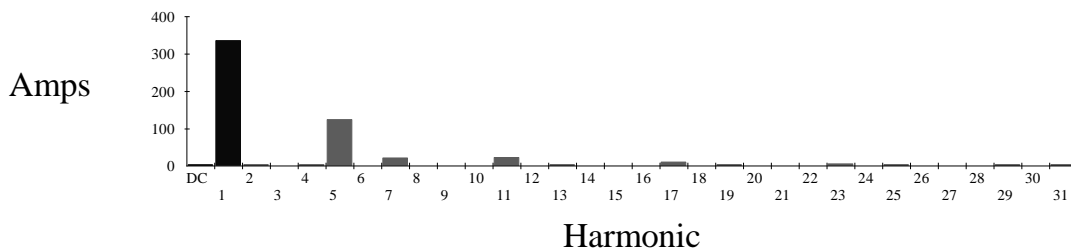
1. Temel bileşen (ortadaki şekil) : Bu ideal dalga formudur ve sıfır distorsyondadır ve bir saniyede 50 periyod yapar yani frekansı 50 Hz frekansındadır.
2. 3. harmonik bileşen(sağ taraftaki şekil) : Bu dalga formunun distorsyona uğramasına sebep olan bilendir. Ve dikkat edilirse temel bileşen frekansına göre 3 kat frekansa sahiptir. Yani çalışma frekansı 150 Hz. Not : Her bileşenin frekansı bileşen sayısı x 50 Hz dir. Yani 3. bileşen için 3x50 =150 Hz, 5. bileşen için 5x50_250 Hz gibi...

Tabi genelde distorsyonlu dalga formları daha fazla bileşenden oluşmaktadırlar. 1,3,5,7,9,11,15 gibi. Dikkat edilirse bileşenler hep tek sayıda devam etmektedirler. Bunun sebebi; Fourier analizi sırasında çift bilenlerin 0 değerine yakın bir değer almasıdır. Eğer bir dalga formu açımında çift bilenlerde varsa bu dalga formunun + ve – alternanslarsa simetrisi kaybolmuş demektir ve bu çok tehlikeli bir durumdur. Diğer bir deyişle sistemde DC bileşenler bulunmaktadır.



Şekil 4: Tek tek harmonik açılımları

Yine Bu harmonik açılımları toplam ölçülen RMS akımın yüzdesi olarak XY ekseninde bar diyagram olarak da gösterilebilir buna bir örnek de aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Şekil 5 : Harmonik bileşenlerin ve 1. temel bileşenin XY düzleminde bar diyagramı olarak gösterimine bir örnek

RMS (ölçülen) akım tüm bu bileşenlerin toplamı olarak karşımıza çıkar; RMS akımın hesaplanma yöntemi aşağıda verilmiştir.

$$RMS_Değer = \sqrt{H1^2 + H3^2 + \dots + Hn^2}$$

Buradan da görüleceği gibi harmonik bileşenlerin bir şekilde filtre edilmesi RMS olarak çekilen akımın düşmesine sebep olacaktır. (H3....Hn yok olacağı için) Fakat bu düşüş daha çok reaktif enerjilerin düşmesine sebep olur yani aktif güç olarak çok fazla bir güç kazancı sağlamaz.

Harmoniklerden bahsedilirken bir takım terimler de karşımıza çıkar bunlar dan en önemlileri;

Toplam harmonik distorsyonu akımda veya gerilimde; bunun anlamı akım ve gerilim dalga formunda ki sinüsten sapma değerinin yüzdesinin ne olduğudur. Şöyle hesaplanır;

$$THD \% = 100 \times \frac{\sqrt{H_3^2 + H_5^2 + \dots + H_n^2}}{H_1}$$

Birimi % olarak ifade edilir.

Crest katörü : Dalga formunun tepe değer çarpanıdır. Yani ;

Eğer dalga formu sinüs (ideal) ve ölçülen RMS akım veya gerilim 100 (amper veya volt) ise bu dalga formunun tepe değeri 100x1,41=141 dir. Fakat dalga formu sinüs değil de distorsyona uğramış bir dalga formunda ise bu durumda çoğunlukla bu tepe değer çarpanı farklı bir değer olarak karşımıza çıkar. Bu bir PC için 2,5 tur. Yani 100 A çeken bir PC yükünün akım dalga formunda tepe değeri 250 A dir. Fakat 100 A yük çeken ve lineer bir yük olan direkt yol alan bir motorun tepe deper çarpanı 1,41 olacağından bu değer 141 dir. **İşte şalterlerin gereksiz yere triplemesine kabloların ısınması trafoların ısınmasına sebep olan olumsuz etki de budur.**

Harmonik Akım Çeken Yükler Nelerdir?

Harmonik akım çeken yüklerle bazı örnekler aşağıda verilmiştir.

Motor hız kontrol ürünleri
6 Pulse 3 fazlı UPS
TV, Bilgisayar gibi elektronik tek fazlı yükler
Endüksiyon ocakları
Florosant armatürler
Kaynak makinaları
Kompanzasyon panosu
Boşta çalışan trafolar
.....

Harmonikler Ne Zaman Zararlı Olur?

Trafo / Jeneratör gücünün %20 sinden fazlası bu tip harmonik akımların etkisi altında ise harmonik akımları zararlı olmaya başlayacaktır.

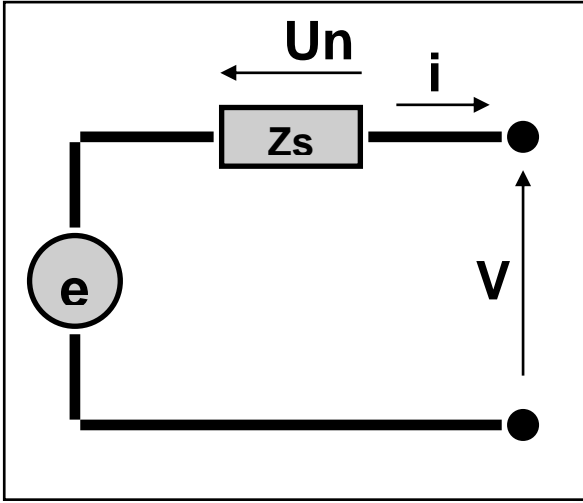
Gerilimde ise uluslararası standartlar %5 olarak belirlenmiştir. Bu nedenle gerilim harmoniği eğer bir tesiste %5 ten fazla ise o tesis tehlike altında demektir. Gerilim harmoniği tesisinizde hiç harmonik akım çeken yük olmasa bile çevre fabrikalarda yüklü miktarda harmonik akım çeken yüklerin bulunması durumunda bile OG veya AG hattı üzerinden sizi etkileyebilir.

Harmoniklerin Zararları Nelerdir.?

Şebeke / jeneratörden çekilen bu distorsyonlu akımlar bir takım olumsuz etkilere sebep olur. Şöyleki;

Jeneratör / Şebeke Geriliminin bozulması;

Aşağıdaki şekil de bir jeneratör / Şebeke nin bir fazlı tek hat diyagramı görülmektedir. Bu tek hat diyagramından da izlenebileceği gibi jeneratör / Şebekenin sıfır iç direnç ile ideal olarak çıkış gerilimini yaratan bir emk sı vardır. Fakat hiçbir kaynak ideal kaynak değildir ve bir iç kayıp söz konusudur. Bu içi kayıp aşağıdaki şekilde Z olarak gösterilmiştir ve bir direnç ile buna seri bağlı bir empedanstan oluşmaktadır.



Şekil 2 : Kaynak tek hat şeması

Dolayısı ile distorsiyonlu bir akım çeken yada diğer bir deyişle uçlarına lineer olmayan yükler bağlanmış olan bu gerilim kaynağında iç direnç üzerinde elektrikteki en temel formül olan $V=IxR$ veya $V=IxZ$ formülünden iç direnç üzerinde bu bozuk akım dalga formuna benzer bir dalga formunda gerilim düşümü olacaktır. Dolayısı ile bu kaynaktan beslenen diğer tüm yükler ideal kaynağın oluşturmuş olduğu ideal gerilim artı bozuk gerilim dalga formunun toplamı olan ve bir miktar distorsiyona uğramış bir gerilim ile beslenecektir.

Bu bozuk gerilim ile beslenen yüklerde, gerilimdeki bozulmanın %5'in üzerine çıkması durumunda bir takım arızalar meydana gelecektir. Bunlar;
Elektronik kartlarda arızalar
Makina / teçhizatın hatalı çalışması
Power supply yanmaları dır.

Gerilimden başka distorsiyonlu akımın yaratacağı bazı sorunlarda aşağıda verilmiştir.

1. Akımdaki harmonik, kurulu elektrik sistemi genelinde çok büyük değerlere ulaştığı takdirde gerilim bozulmasına neden olabilir.(Anlık dahi olsa)
2. Harmonikli akımlar sistemden fazladan akım çekilmesine neden olurlar. Bu da sistemin verimsizleşmesine neden olur.
3. Fazladan çekilen akım kabloların ısınmasına neden olur, çünkü harmonikli akımlar tamamen reaktif güç çekerler. Ayrıca bu akımlar yüksek frekanslı bileşenler içerdiklerinden (3. Bileşen 150 Hz, 5. Bileşen 250 Hz.....) kablolarda deri etkisinin oluşmasına neden olurlar. Deri etkisinden dolayı kablunun dış yüzeyi kullanıldığından kablo kesiti düşer ve kablolar ısınır.
4. Harmonikli akımlar kullandıkları baradaki diğer cihazlar ile rezonansa girme riski oluştururlar. Bu durumda sistemden çok yüksek akımlar çekileceğinden kabloların ve şalt malzemelerinin yanması veya devre kesicilerinin açması neticesinde sistemin arıza yapmasına ve iş kaybıyla beraber maddi kayıplara neden olabilirler.
5. Harmonikli akımlar sistemden çekilen RMS akımından çok daha yüksek tepe değerler (crest faktör) içerdiklerinden (2-2,5 katı) şalterlerin gereksiz yere triplemelerine, buna bağlı olarak da para kaybına neden olurlar.
6. Motorlarda darbeleri çalışmaları ve aşırı ısınma motor yatağı arızaları, aydınlatma sisteminde ve PC ekranında titreşim

7. Harmonikli akımların çektikleri reaktif güçler kondansatörler tarafından kompanze edilemediklerinden CosQ (Faz kayması) ile gerçek güç faktörü λ 'nın farklı değerlerde olmasına neden olurlar. Bu durum fazladan çekilen reaktif gücü ifade eder.
8. Fazladan çekilen reaktif güç, trafolarda histerisiz ve fuko kayıplarının atmasına neden olacağından, trafolardan ses gelmesine ve ısınmalara neden olacaktır.
9. Harmonikli akımların 3. Bileşenleri ve katları nötrden akarak nötr iletkeni ile toprak iletkeni arasında bir gerilim farkı oluşmasına neden olacaktır. Buda elektronik cihazlarda yanlış çalışma ve arızalara neden olacaktır.
10. UPS ve jeneratörlü çalışmalarda gerilim bozulmasına direkt etki ve tam yükte çalışamama problemleri

Ne Yapmalı?

Harmoniklerin zararlı etkilerinden korunmanın en etkili yolu, bu işin uzmanı bir kişi veya kuruluşa bir ölçüm yaptırıp tesisteki olası aksaklıkların hakkında bir rapor alınmasıdır. Eğer olumsuzluk yaratacak bir etki söz konusu ise bir harmonik filtrasyonu yaptırmak en akılcı yoldur.

Lütfen Dikkat

Günümüzde kondansatörleri harmoniklerden korumak için konan reaktörler, harmonik filtresi olarak satılmaya çalışılmaktadır. Kondansatör sisteminizde kademelere seri olarak bağlanan reaktörler kondansatörlerinizi belirli bir harmonik bileşene karşı korur.

ÖZET

Meydana Gelmesi Muhtemel Arızalar (Etkileri)

Senkronizasyon ve iletişim problemleri, gereksiz triplemeler, aydınlatma sisteminde aşırı ısınma, kapasiteler, döner makinlar (motor-jeneratör), güç trafoları ve nötr iletkeninde ömür kısaltmaları

Harmoniğin Kaynağı

Enerji kaynağına bağlı ürünlerde kullanılan güç elektroniği ekipmanları (varistör, inverter, statik konverter, PC ler, dimmer sistemleri), kaynak makinaları, kompanzasyon sistemi

Ölçülmesi Gereken Parametreler

Toplam THD, tek tek harmoniklerin RMS değerleri

Uluslararası Standartlar

IEC 61000-3-2 (2004-11) Ed. 2.2

Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-2: Limits - Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase)

Maintenance Result Date: 2004

IEC 61000-3-2-am1 (2001-08)

Amendment 1 - Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-2: Limits - Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase)

Maintenance Result Date: 2004

IEC/TS 61000-3-4 (1998-10)

Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-4: Limits - Limitation of emission of harmonic currents in low-voltage power supply systems for equipment with rated current greater than 16 A

Maintenance Result Date: 2004

IEC/TR 61000-3-6 (1996-10)

Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3: Limits - Section 6: Assessment of emission limits for distorting loads in MV and HV power systems - Basic EMC publication

Maintenance Result Date: 2005

IEC 61000-3-11 (2000-08)

Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-11: Limits - Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems - Equipment with rated current ≤ 75 A and subject to conditional connection

Maintenance Result Date: 2005

IEC 61000-4-13 (2002-03)

Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-13: Testing and measurement techniques - Harmonics and interharmonics including mains signalling at a.c. power port, low frequency immunity tests

Maintenance Result Date: 2008

IEC 61000-4-7 (2002-08)

Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-7: Testing and measurement techniques - General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto

Daha fazla bilgi ve ölçüm için lütfen bizimle irtibata geçiniz. www.sge.com.tr

Murat GÜL

Elektrik Mühendisi

Sge mühendislik

[Tel:0.216.4814362](tel:0.216.4814362)