

## GÜÇ SİSTEMLERİNDE HARMONİK HARMONİKLERİN ETKİSİ

Turgay Dandan

**Özet-** Günümüzde güç elektroniği cihazlarının gelişmesi, güç sisteminde sinüzoidal olmayan büyüklüklere neden olmuştur. Sinüzoidal olmayan büyüklüklerin bulunması, harmoniklerin güç sisteminde bulunması demektir. Bu çalışmada harmoniklerin analizi için fourier dönüşümleri incelenmiş, harmonikleri üreten kaynaklar ve oluşan harmoniklerin güç sisteminde etkisi ele alınmıştır. Rezonans olayı sonucu şebekenin akım ve gerilim değerlerinin değiştiği ve şebekenin bundan olumsuz etkilendiği tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler –** Harmonikler , Fourier, Rezonans, Filtre

**Abstract-** Today, the development of power electronics devices has caused non-sinusoidal greatnesses. The discoverence of non-sinusoidal greatnesses means that harmonics exist in power system. In this study, fourier transformotions have been examined for the analysis of harmonics. The sources producuing harmonics and the effect of existent harmonics to the power system have been analysed. It has been found that, as a resold of resonance event, current and voltage valves of the circuit have changed and the curcirt have changed and the curcirt has been affected from this sitvation negatively.

**Key words –** harmonics, fourier, resonance, filter

### I. GİRİŞ

Kaliteli Elektrik Enerjisi, "gerilim genlik ve frekansının anma değerlerinde olması ve gerilim dalga şeklinin tam sinüzoidal olması" şeklinde tanımlanabilir.

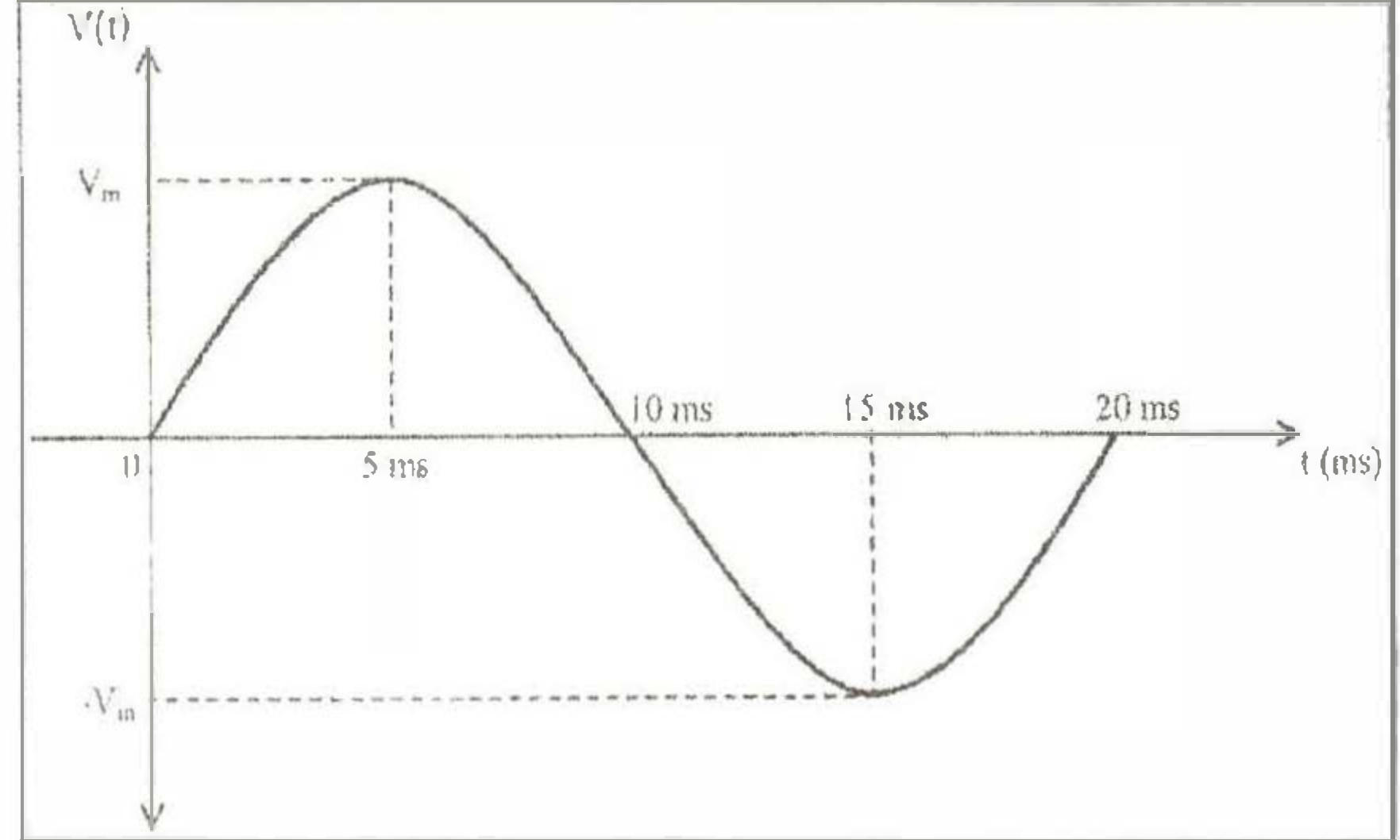
$$V(t) = V_m \cdot \sin 2 \pi f t$$

$V(t)$ : Gerilimin ani değeri

$V_m$ : Gerilimin tepe değeri

$f$ : Şebeke frekansı (50 Hz)

T. Dandan ;SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü



Şekil 1. Sinüzoidal dalga

Bu tanımın tersi olarak, gerilim genliğinin değişmesi, kesintiler, gerilim darbeleri ve çökmeleri, dalga şeklinin sinüs formundan uzaklaşması, değişik frekanslı akımlar ve gerilimler, üç fazdaki dengesizlikler (vb..) de enerji kalitesizliği olarak tanımlanabilir.

Enerjinin üretimi, dağıtımı ve tüketiminde akım ve gerilimin 50 Hz frekansta sinüs eğrisi şeklinde olması istenir. Bu koşul; elektrik enerjisinin kalitesini belirleyen ana faktörlerden biridir.

Tesislerimizde kullandığımız bazı makinalar, çalışma prensipleri gereği sinüs formunda değişiklik yapılmasını gerektirirler. Sinüzoidal gerilimin anahtarlanması prensibiyle çalışan makinalar (AC/DC çeviriciler, DC motorlar ve frekans konvertörleri, soft starterler..) değişik frekanslı akımlar üretirler. Ayrıca manyetik devrenin doyması, elektrik arkları, açma kapamalarda meydana gelen darbe ve çökmeler... lineer olmayan yüklerdir. Doyma bölgesinde çalışan demir çekirdekli aygıtlar, jeneratör ve motorlarda oluklardaki kaçak akımlar, ark ocakları ..vb de yine değişik frekanslı akımlar üretirler. Bu akımlar dolaşırken şebekedeki empedanslar üzerinde yine değişik frekanslı ve genlikli gerilim düşümleri oluştururlar.

Dolayısıyla; şebekemizde değişik frekanslı ve genlikli (kirli) akımlar ve bunlardan kaynaklanan gerilimler dolaşırlar. Bunlar harmonik akımlar ve gerilimlerdir.



Matematiksel olarak 50 Hz ve katlarıyla ifade edilirler. Çift harmonikler genelde düşük değerdedir ve birbirlerinin etkisini yok edecek karakteristiktirler. (Fourier Analizi'nden)

Çeşitli frekanslarda harmonik akım ve gerilimlerin bulunduğu bir şebekede, bileşke akım veya gerilimin dalga biçimi, temel frekansa (50 Hz.) ilişkin ana bileşenin ani değerleri ile tüm harmonik akım veya gerilimlerin ani değerleri toplamı olarak ortaya çıkar.

Faz farklarını düşünmezsek bu toplam

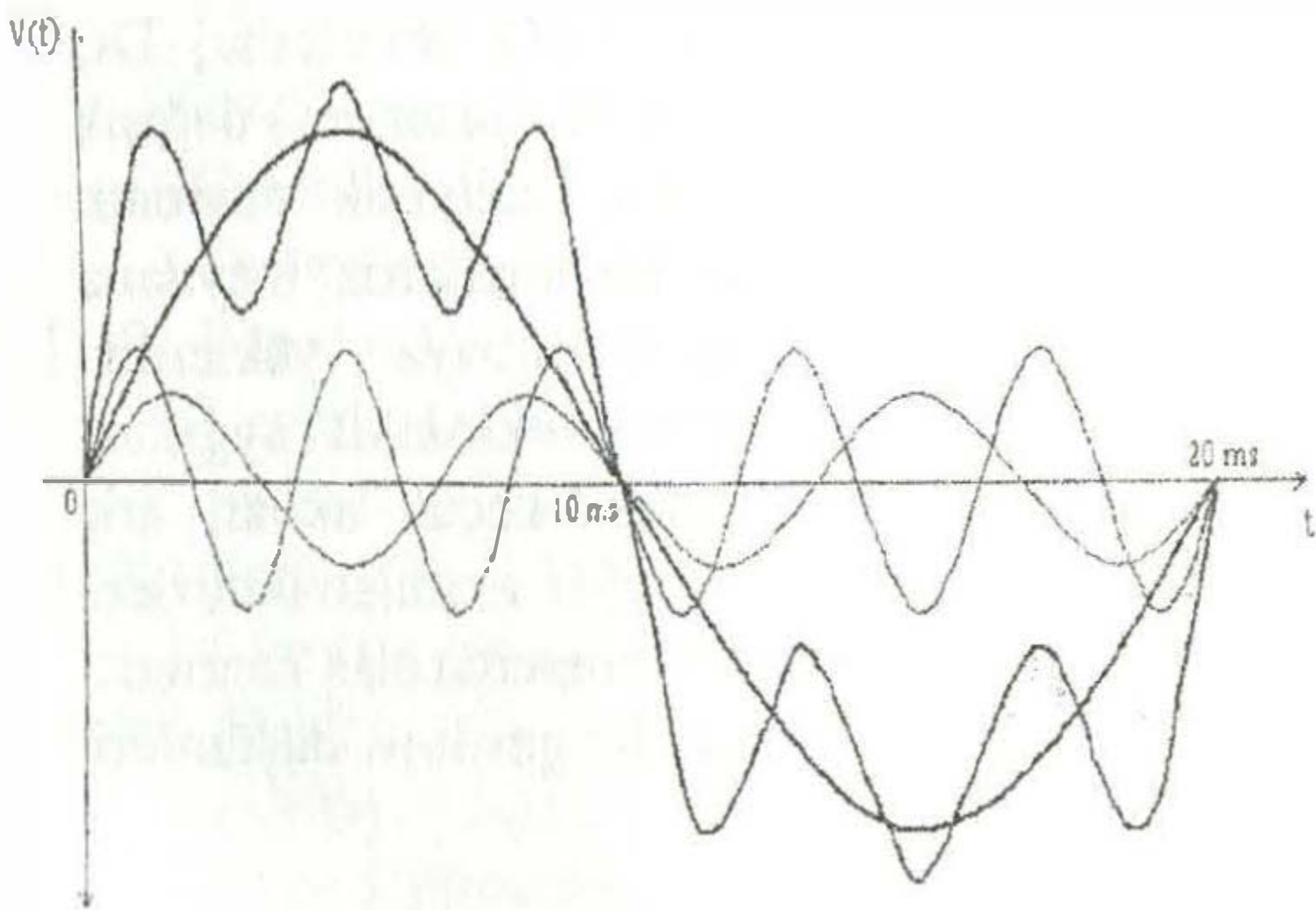
$$V(t) = \sum_{n=1,2..}^{\infty} V_n(t) = \sum_{n=1,2..}^{\infty} V_{m_n} \cdot \sin 2\pi \cdot f_n \cdot t$$

formülüyle ifade edilebilir.

Tablo .1 Frekansların harmonik değerleri

| n    | F <sub>n</sub> (Hz) | Ani Gerilim         |                 |
|------|---------------------|---------------------|-----------------|
| 1    | 50                  | V <sub>1</sub> (t)  | Nominal Gerilim |
| 3    | 150                 | V <sub>3</sub> (t)  | 3. Harmonik     |
| 5    | 250                 | V <sub>5</sub> (t)  | 5. Harmonik     |
| 7    | 350                 | V <sub>7</sub> (t)  | 7. Harmonik     |
| 9    | 450                 | V <sub>9</sub> (t)  | 9. Harmonik     |
| 11.. | 550                 | V <sub>11</sub> (t) | 11. Harmonik    |

Ana bileşene ilişkin gerilim dalgası ile ana bileşenle aynı ve farklı fazlarda 3. 5. ve 7. harmoniklerin bulunması halinde, bileşke gerilim dalga biçimi sinüs eğrisinden oldukça uzaklaşacaktır ki zaten şebekemizde de çoğunlukla bu harmonikler yüksek genliklidirler.



Şekil 2. Harmonikli Gerilim Dalgası

devreleri kondansatörlerle bobinleri seri veya paralel bağlanmaları ile elde edilir.

Bilindiği gibi tesislerimizde çalışan cihazlar ve makineler genellikle 220/230 VAC efektif değerli (faz-nötr), 50/60 Hz frekanslı gerilimle beslenmek üzere imal edilmişlerdir. Farklı genlikli ve frekanslı kirli enerjinin bu cihaz ve makinelerin ömrünü kısaltacağı kesindir .

Gelişmiş güç elektroniği sistemlerinin hızlı artan uygulama alanları nedeniyle, elektrik sistemlerinde gözlenen kirlenmeler giderek artmakta ve enerji kalitesi de düşmektedir. [1]

## II. HARMONİKLERİ OLUŞTURAN FAKTÖRLER

- Lineer olmayan yükler
- Dengesiz akım çeken yükler (punta ve ark kaynakları...) - Frekans Konvertörleri, AC/DC çeviriciler, DC makineler .
- Soft starterler
- Magnetik devrelerde doyma
- Elektrik makinelerinde oluklardaki kaçak akılar ...

## III . HARMONİKLERİ OLUŞTURAN FAKTÖRLER

- Rezonans
- Kesiti uygun kablolarda ısınmalar
- Makinalarda ısınmalar, mekanik titreşimler
- Nedensiz gibi görünen kesici, şalter açmaları
- Kondansatörlerde değer kayıpları, patlamalar
- Elektronik kartlarda arızalar
- Veri kayıpları...

## IV. HARMONİKLERİN ÖNLENMESİ

Harmoniklerin hiç olmaması ideal bir durumdur. Fakat günümüzde lineer olmayan yüklerin kullanımının vazgeçilmez hale gelmesi harmoniksiz bir sistemin mevcudiyetini imkansız kılmaktadır. Bu nedenle harmonik filtreleri kullanarak, tesise olan zararlı etkiler önlenmeye çalışılır. Fakat her harmonikli şebeke için mutlaka filtre kullanmak gerekmez. Genelde 3 ve 5 inci harmoniklerin etkileri diğer harmoniklerden daha fazladır. Filtre maliyeti harmonik kayıplarından daha fazla olabilir. Bu durumda dikkate alınması gerekir. Şebekenin toplam harmonik bozulmasının tespit edilen kritik değeri aşmadığı anlaşıldığı takdirde bu tesiste filtre kullanmaya gerek yoktur. Bugün Harmoniklerin üretildiği kompanzasyon tesislerinde, mesela ark fırınlarını ve büyük doğrultucuları besleyen şebekelerde, harmonikleri ortadan kaldırmak için filtre kullanılmaktadır. Filtre



## KAYNAKLAR

- [1] BORTEK MÜHENDİSLİK TİC.SAN. LTD. ŞTİ ., “Harmonikler”, Sakarya, 2002
- [2] SUCU, M ., “ Güç Sistemlerinde Harmoniklerin Analizi ”, Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi , İstanbul, Temmuz 2000
- [3] ÖZTÜRK, A., “Güç Sistemlerinde Harmoniklerin Rezonansa Etkisi” ,Y.Lisans Tezi, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Haziran 2001
- [4] ÖZBULUR, V “Güç Sistem Harmoniklerinin Bilgisayarlı Simülasyonu ve Ölçümü”, Y.Lisans Tezi, İ.T.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Temmuz 1991
- [5] GEMİCİ, A., “Elektrik Enerji Sistemlerinde Güç Kalitesi” , Y.Lisans tezi, İ.T.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Temmuz 1991
- [6] SARIOĞLU,K., ÖZKAYA, M. VE ILICETA, F., “Müşterilerin Sebep Olduğu Bozucu Etkilerin Belirlenmesine İlişkin İncelemeler” , İstanbul, Haziran 1992
- [7] KOÇYİĞİT,F., “Harmoniklerin Şebeke Üzerinde Etkileri ve Pspice Analizi”, Y.Lisans Tezi , SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Haziran 1997
- [8] ATMACA, E., “Harmoniklerin Elektrik Donanımları Üzerinde Etkileri”,1995
- [9] ARLLIGA, J., BRADLEY, D.A., BODGEER,P. “Power System Harmonics” , John Wiley Ans Sony, 1985
- [10] BAYRAM, M., “ Kuvvetli Akım Tesislerinde Reaktif Güç Kompanzasyonu” Birsen Yayınevi, İstanbul 1995
- [11] LUDBROOK, A., “Harmonik Filters for Notch reduction”, IEEE Transactions On Power Systems, 1995
- [12] HASARLI, B., “Güç sistem Harmnikleri ve Harmoniklerin Süzülmesi”, Y.Lisans Tezi, Y.T.Ü. Elektrik Müh. Böl. ,İstanbul 1995