

# GES ve EA Şarj İstasyonlarındaki Harmonik Problemleri – Filtreleme Yöntemleri

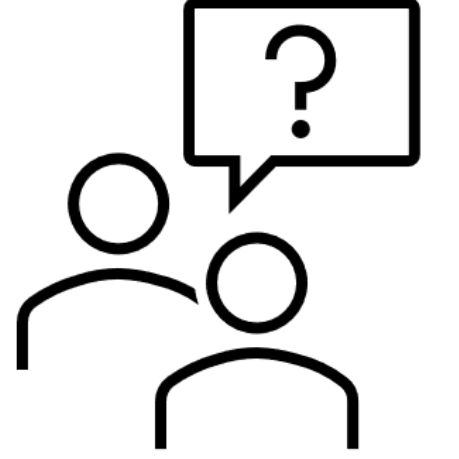
Mert Dirik

+90 (539) 597 00 67

[mrtidirikk@gmail.com](mailto:mrtidirikk@gmail.com)

## İçeriğimiz/Bugün Nelerden Bahsedeceğiz?

- Harmonikler
  - Standartlar Ne Diyor?
- 2 – 150kHz Arası Harmonikler – Supraharmoniker
- GES/RES/EDS ve Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarındaki Güç Kalitesi Sorunları
- Çözüm Ne?

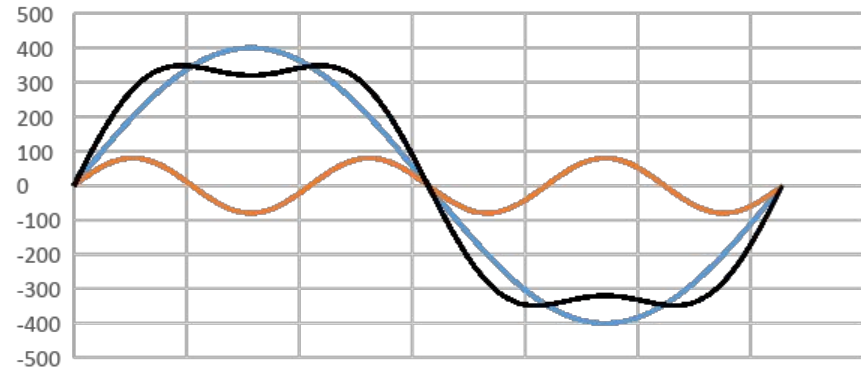


# Waveform Distortion – Harmonics

## Harmonik Nedir?

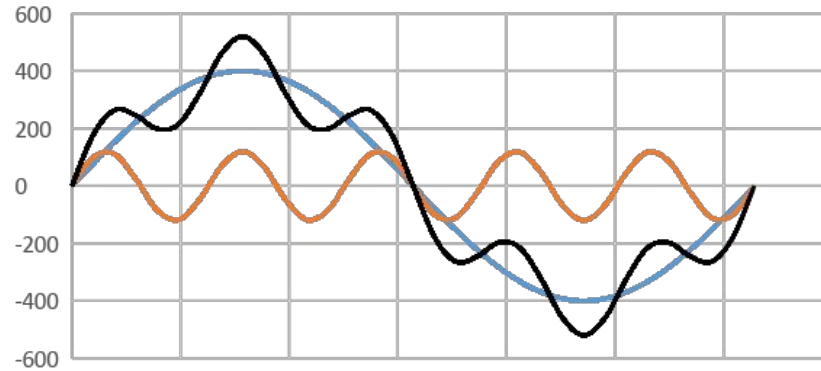
$$f_h = n * \text{Temel Frekans}$$

3. Harmonik: 150Hz



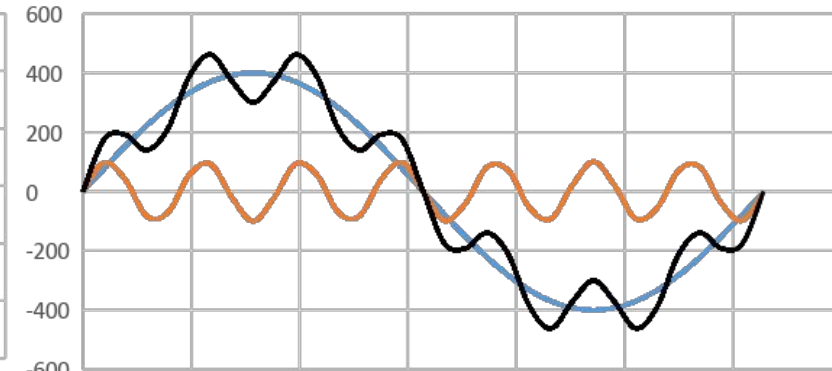
—  $V1 = \sin(\omega t)$  —  $V3 = \sin(3\omega t)$  —  $VT3$

5. Harmonik: 250Hz



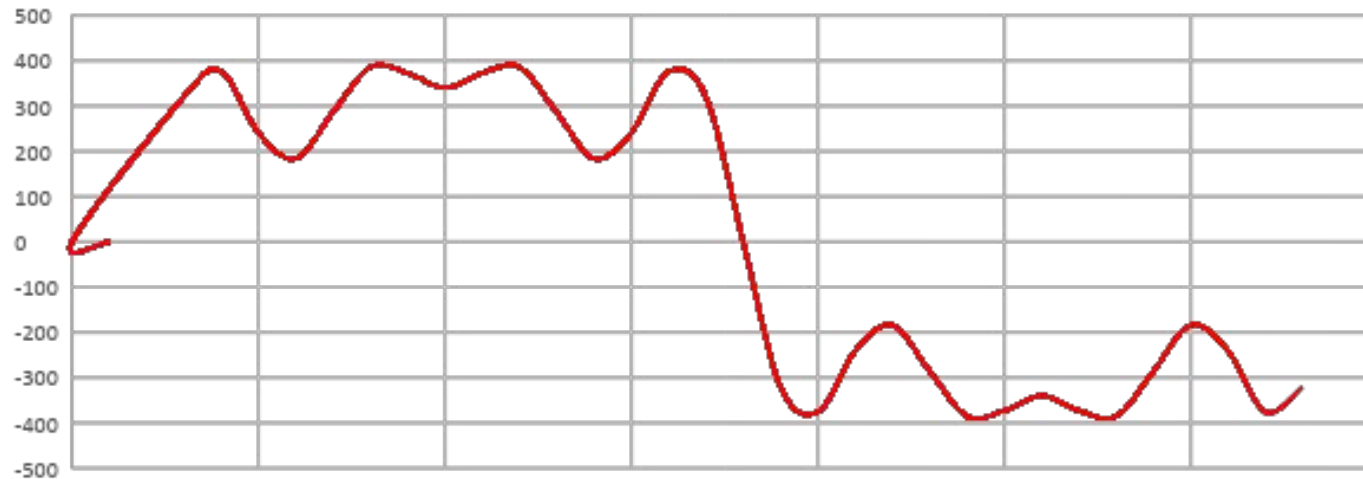
—  $V1 = \sin(\omega t)$  —  $V5 = \sin(5\omega t)$  —  $VT5$

7. Harmonik: 350Hz



—  $V1 = \sin(\omega t)$  —  $V7 = \sin(7\omega t)$  —  $VT7$

VToplam



## Standartlar

IEC 61000-2-4: Environment – Compatibility levels in industrial plants for low-frequency conducted disturbances

35kV' a kadar nominal gerilimlerde, 50Hz veya 60Hz nominal frekansta endüstriyel ve kamuya açık olmayan güç dağıtım sistemlerini amaçlar.

Bu standardın bir özelliği, farklı tüketicilerin bağlı olduğu farklı tipteki elektrik şebekeleri için uyumluluk seviyelerinin tanımlanmış olmasıdır. Bunlar:

Sınıf 1 – Laboratuvar ekipmanları, otomasyon ve koruma ekipmanları, bilgisayar ve UPS kullanımının yaygın olduğu işletmeler için geçerlidir.

Sınıf 2 – Genel olarak endüstriyel tesisler için geçerlidir.

Sınıf 3 – Kaynak makineleri, ağır şart motorları, sürücüler gibi yüklere sahip olan özel işletmeler için geçerlidir.

Bozulma seviyeleri Sınıf 1' den Sınıf 3' e doğru artmaktadır.

Disturbance	Class 1	Class 2	Class 3
Voltage Tolerance	±8%	±10%	±10-15%
Voltage Unbalance	2%	2%	2%
Power Frequency Deviations	±1	±1	±1

Order (h)	Class 1 Un (%)	Class 2 Un (%)	Class 3 Un (%)
5	3	6	8
7	3	5	7
11	3	3,5	5
13	3	3	4,5
17	2	2	4
17 < h ≤ 49	2,27 x (17/h) - 0,27	2,27 x (17/h) - 0,27	4,5 x (17/h) - 0,5

Order (h)	Class 1 Un (%)	Class 2 Un (%)	Class 3 Un (%)
3	3	5	6
9	1,5	1,5	2,5
15	0,3	0,4	2
21	0,2	0,3	1
21 < h ≤ 45	0,2	0,2	1

Order (h)	Class 1 Un (%)	Class 2 Un (%)	Class 3 Un (%)
2	2	2	3
4	1	1	1,5
6	0,5	0,5	1
8	0,5	0,5	1
10	0,5	0,5	1
10 < h ≤ 50	0,25 x (10/h) + 0,25	0,25 x (10/h) + 0,25	1

Disturbance	Class 1	Class 2	Class 3
Total Harmonic Distortion (THD)	5%	8%	10%

# Standartlar

IEEE 519-2022

Bus voltage $V$ at PCC	Individual harmonic (%) $h \leq 50$	Total harmonic distortion THD (%)
$V \leq 1.0$ kV	5.0	8.0
$1$ kV $< V \leq 69$ kV	3.0	5.0
$69$ kV $< V \leq 161$ kV	1.5	2.5
$161$ kV $< V$	1.0	1.5 <sup>a</sup>

<sup>a</sup>High-voltage systems are allowed to have up to 2.0% THD where the cause is an HVDC terminal whose effects are found to be attenuated at points in the network where future users may be connected.

**total harmonic distortion (THD):** The ratio of the root mean square of the harmonic content, considering harmonic components up to the 50th order and specifically excluding interharmonics, expressed as a percent of the fundamental. Harmonic components of order greater than 50 may be included when necessary.



# Standartlar

IEEE 519-2022

Maximum harmonic current distortion in percent of $I_L$						
Individual harmonic order <sup>b</sup>						
$I_{sc}/I_L$	$2 \leq h < 11^a$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h \leq 50$	TDD
$< 20^c$	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
$20 < 50$	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
$50 < 100$	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
$100 < 1000$	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
$> 1000$	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

<sup>a</sup> For  $h \leq 6$ , even harmonics are limited to 50% of the harmonic limits shown in the table.

<sup>b</sup> Current distortions that result in a dc offset, e.g., half-wave converters, are not allowed.

<sup>c</sup> Power generation facilities are limited to these values of current distortion, regardless of actual  $I_{sc}/I_L$  unless covered by other standards with applicable scope.

where:

$I_{sc}$  = maximum short-circuit current at PCC

$I_L$  = maximum demand load current at PCC under normal load operating conditions

**total demand distortion (TDD):** The ratio of the root mean square of the harmonic content, considering harmonic components up to the 50th order and specifically excluding interharmonics, expressed as a percent of the maximum demand current. Harmonic components of order greater than 50 may be included when necessary.

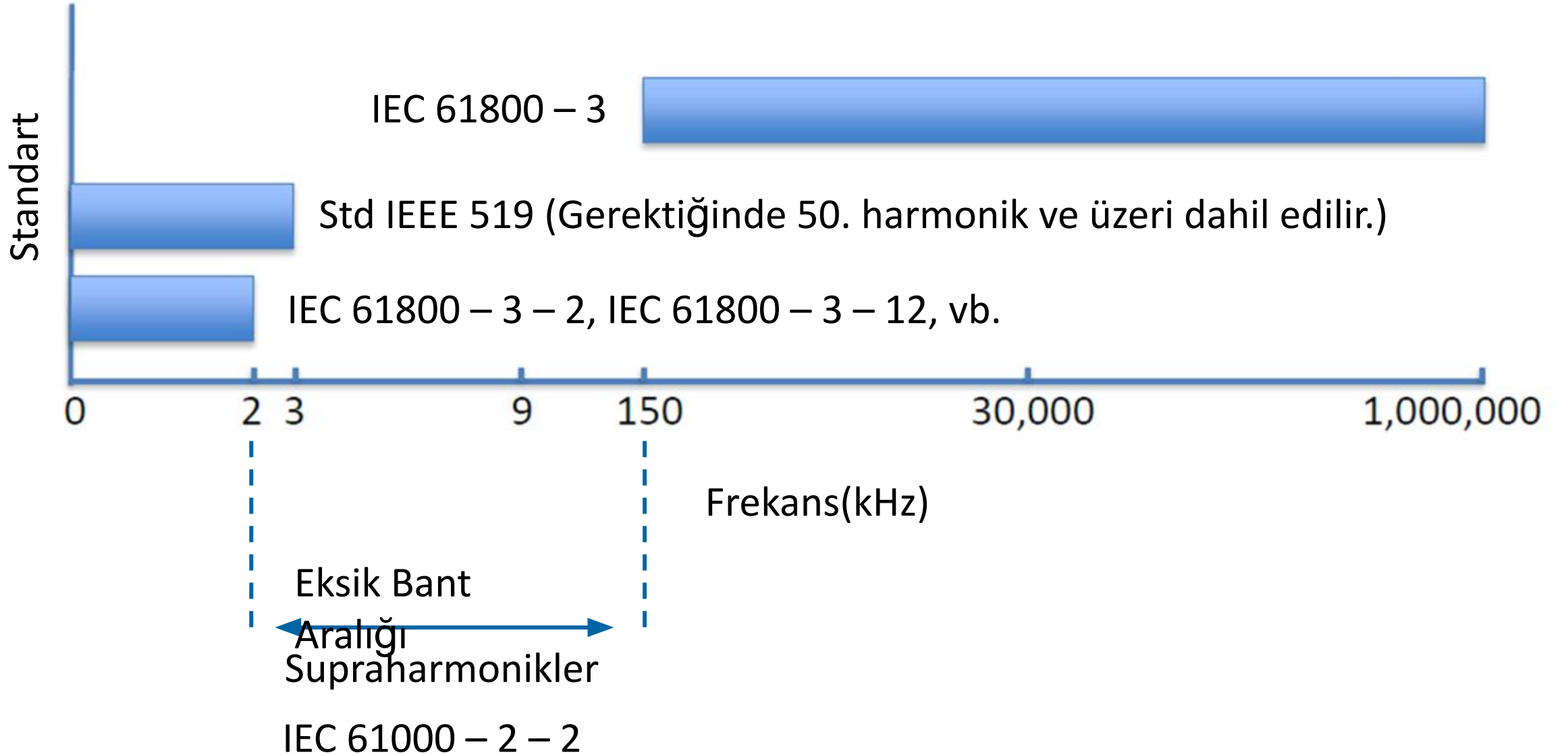
Table 1 — Values of individual harmonic voltages at LV supply terminals

Odd harmonics				Even harmonics	
Not multiples of 3		Multiples of 3			
Order h	Relative amplitude $u_h$	Order h	Relative amplitude $u_h$	Order h	Relative amplitude $u_h$
5	6,0 %	3	5,0 %	2	2,0 %
7	5,0 %	9	1,5 %	4	1,0 %
11	3,5 %	15	1,0 %	6 ... 24	0,5 %
13	3,0 %	21	0,75 %		
17	2,0 %				
19	1,5 %				
23	1,5 %				
25	1,5 %				

Values are given in percent of the fundamental  $u_1$ .

NOTE No values are given for harmonics of order higher than 25, as they are usually small, but largely unpredictable due to resonance effects.

# Supraharmonik – Geleceğin En Büyük Endişesi





# **SUPRAHARMONİKLER**

## **(Üst Harmonikler)**

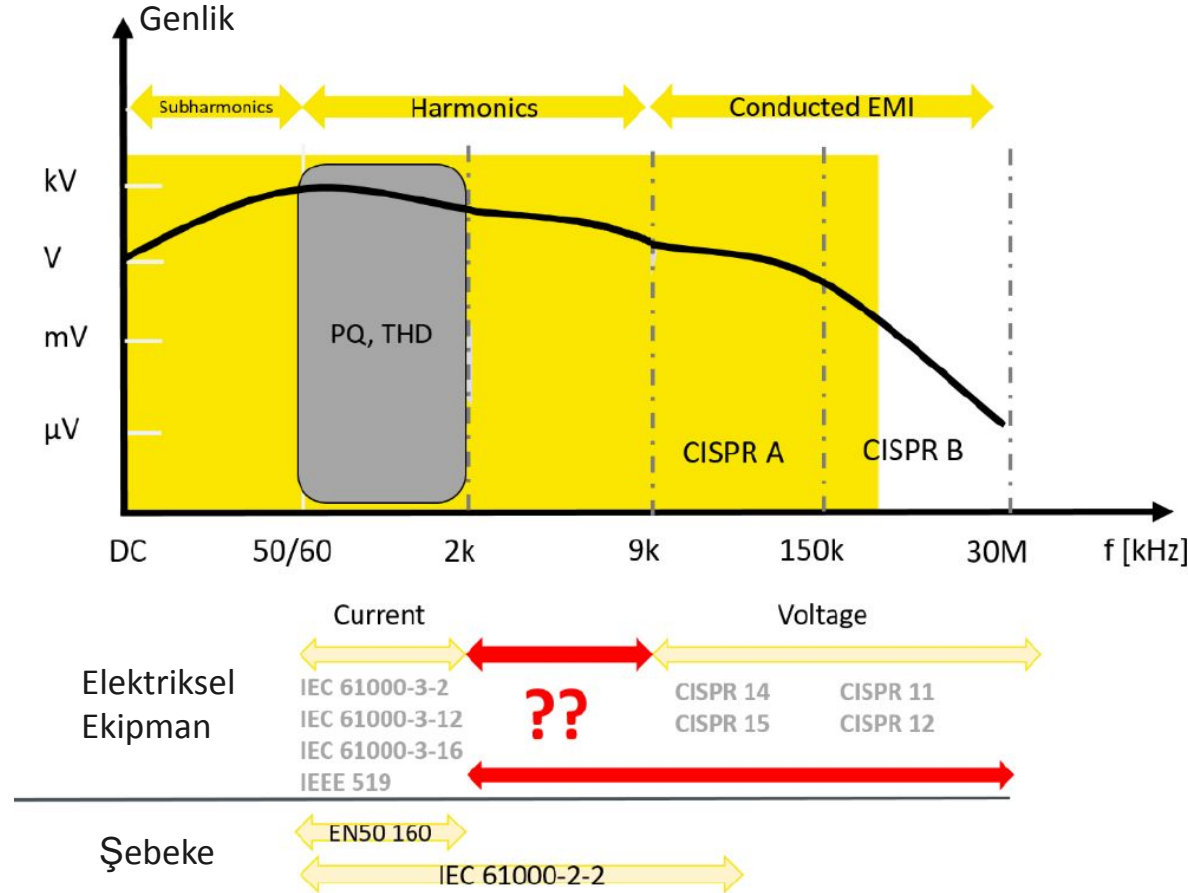
### **GELECEĞİN EN BÜYÜK ENDİŞESİ**

# Supraharmonik – Geleceğin En Büyük Endişesi

Supraharmonikler, 2-150kHz frekans aralığında gerilim ve akım dalga formu bozuklukları ve emisyonları olarak adlandırılır.

Supraharmonikler, elektrikli ekipmanlarda çeşitli şekillerde sorunlara ve arızalara neden olur:

- Gürültü
- Termal Stres
- Ekipmanda Yaşlanma
- Diğer elektrikli ekipmanlara gürültü yayılımı
- PLC sinyallerinin sönümlenmesi/sapması



# Supraharmonik – Geleceğin En Büyük Endişesi

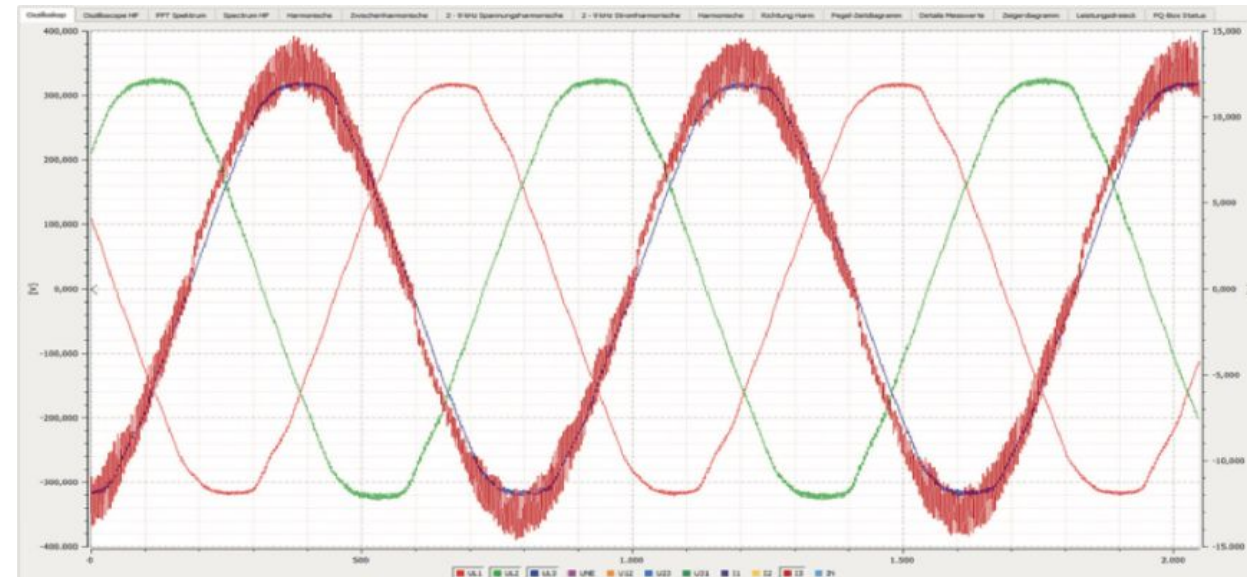
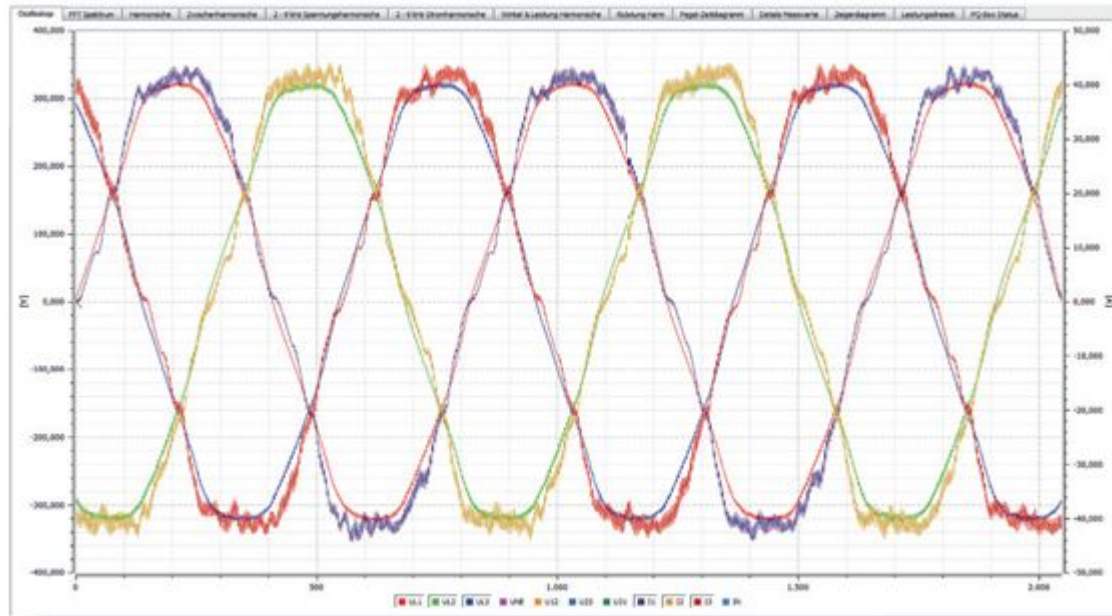
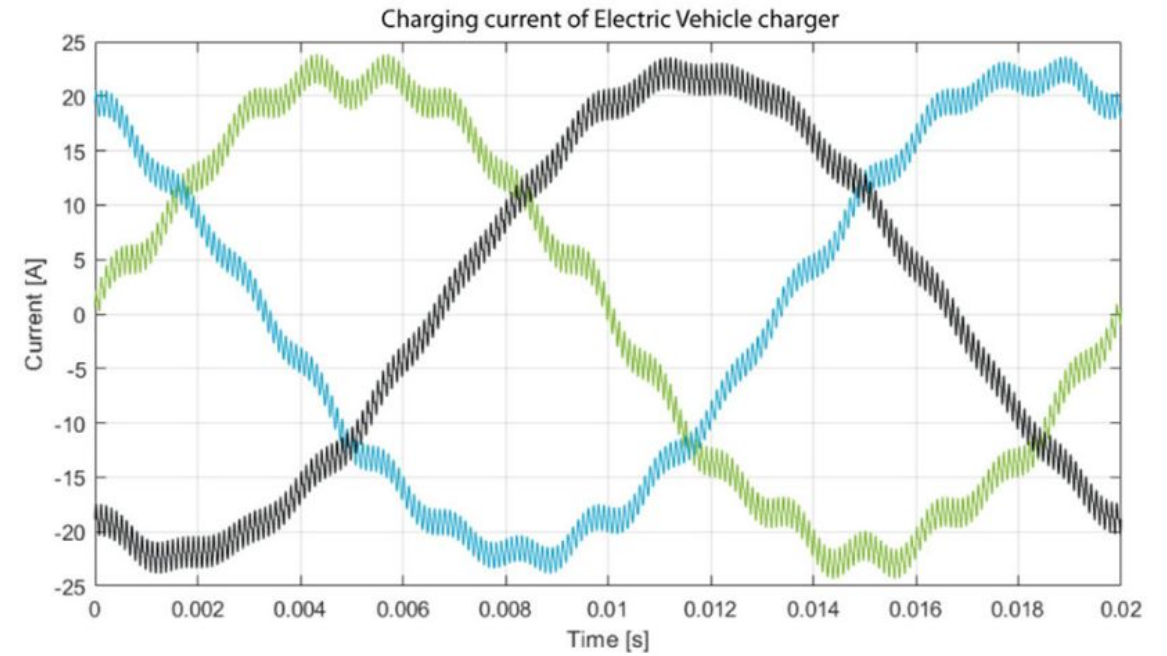
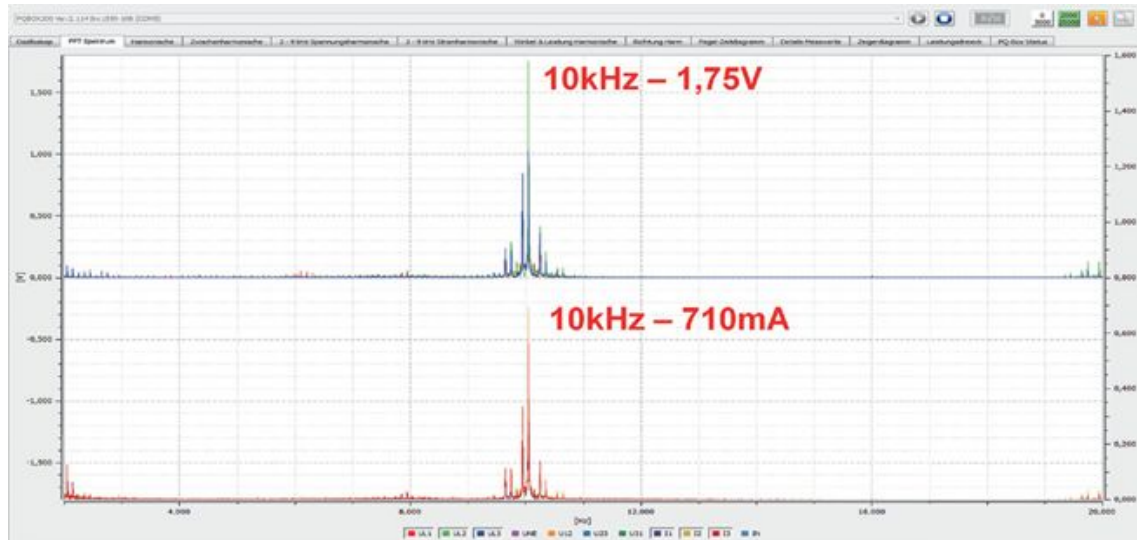
## Supraharmonik Kaynakları:

- Aktif Doğrultucular ve SMPS' ler
  - Elektrikli Araç Şarj İstasyonları
  - AFE/LHD Sürücüler
  - LED Sürücüler
- Inverter Tabanlı Alternatif Enerji Sistemleri(İBR)
  - Solar Sistemler
  - Rüzgar Türbinleri
  - Enerji Depolama Sistemleri
  - UPS Sistemleri
- Aktif Harmonik Filtreler

## Anahtarlama Frekansları:

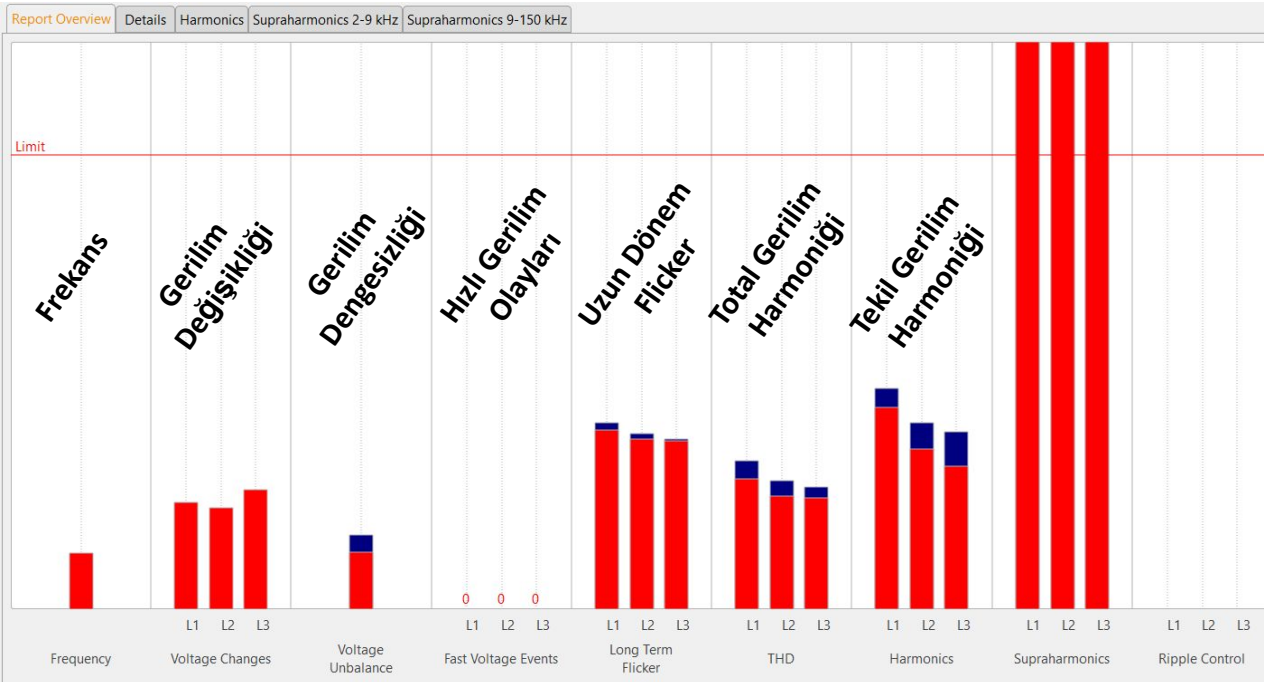
- Frekans Konvertörü : 4kHz – 20kHz
- Solar Inverter(400V) : 16kHz – 22kHz
- EA Şarj İstasyonu : 10kHz – 80kHz
- Aktif Harmonik Filtre : 8kHz – 20kHz
- UPS Sistemleri : 15kHz – 25kHz
- LED Sürücüler : 20kHz – 200kHz
- SMPS Güç Kaynakları : 30kHz – 300kHz

# Supraharmonik – Geleceğin En Büyük Endişesi



# Supraharmonik – Geleceğin En Büyük Endişesi – Çatı Tipi GES Örneği

## EN50160 ve Elektrik Şebeke Yönetmeliğine Göre İnceleme



$$THD_v = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{40/50} V_n^2}}{V_1} * 100\% = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + \dots + V_n^2}}{V_1} * 100\%$$

$U_1 \dots U_{40/50}$



# Supraharmonik – Geleceğin En Büyük Endişesi – Çatı Tipi GES Örneği





## Supraharmonik – Geleceğin En Büyük Endişesi – Çatı Tipi GES Örneği



# Supraharmonik – Geleceğin En Büyük Endişesi – EA Şarj İstasyonu Örneği

Dijital göstergeler aşırı derecede ısınıyor

Şarj esnasında kahve makinesi kendiliğinden kapanıyor

Elektrikli araç şarj olmuyor

Evdeki ışıklar dalgalanmaya başlıyor

Şarj istasyonu oldukça gürültülü çalışıyor

Işıklar açıldığında şarj işlemi duruyor

Elektrikli araç istasyona her bağlandığında devre kesiciler enerjiyi kesiyor





# Supraharmonik – Geleceğin En Büyük Endişesi – EA Şarj İstasyonu Örneği

## Uygulama:

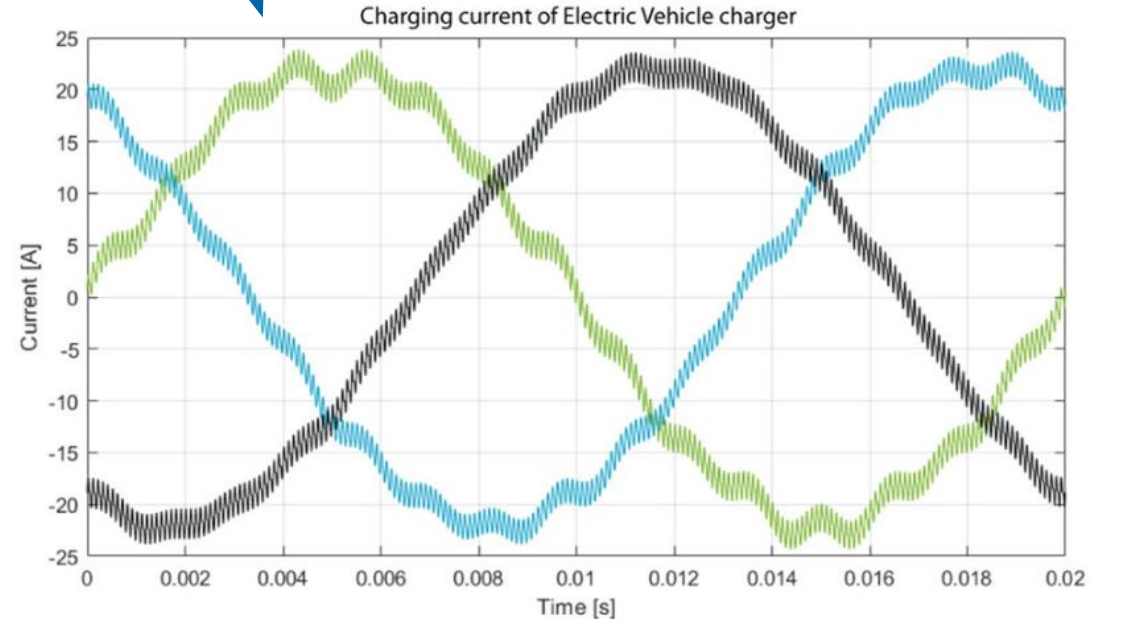
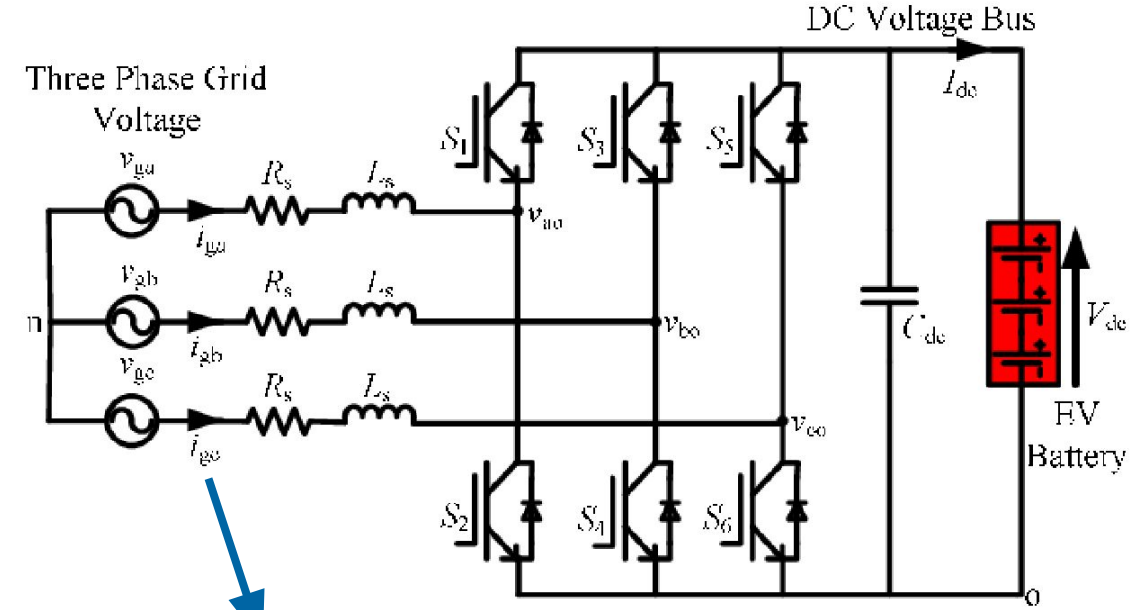
- 6 Pulse Köprü Diyotlu Doğrultucu yerine tam kontrollü IGBT üniteleri kullanılmaktadır.

## Avantajları:

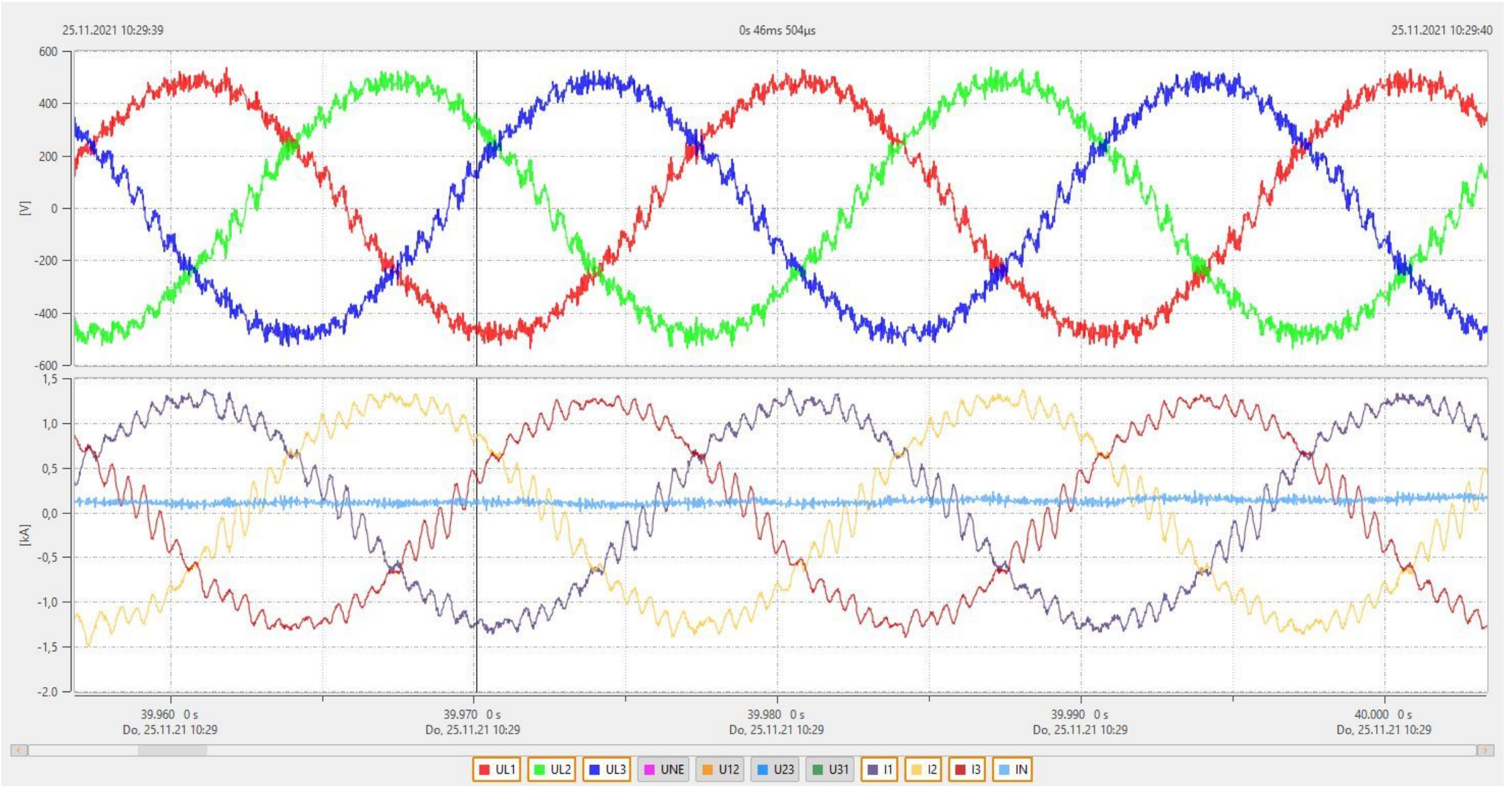
- Düşük harmonik içerik (50. harmoniğe kadar)
- Enerjiyi şebekeye geri besleyebilme(!)

## Dezavantajları:

- Daha pahalı
- Yüksek frekanslı harmonik içerik(Supraharmonik)
- Yüksek EMI yayılımı
- Yüksek kayıplar
- Daha karmaşık yapı

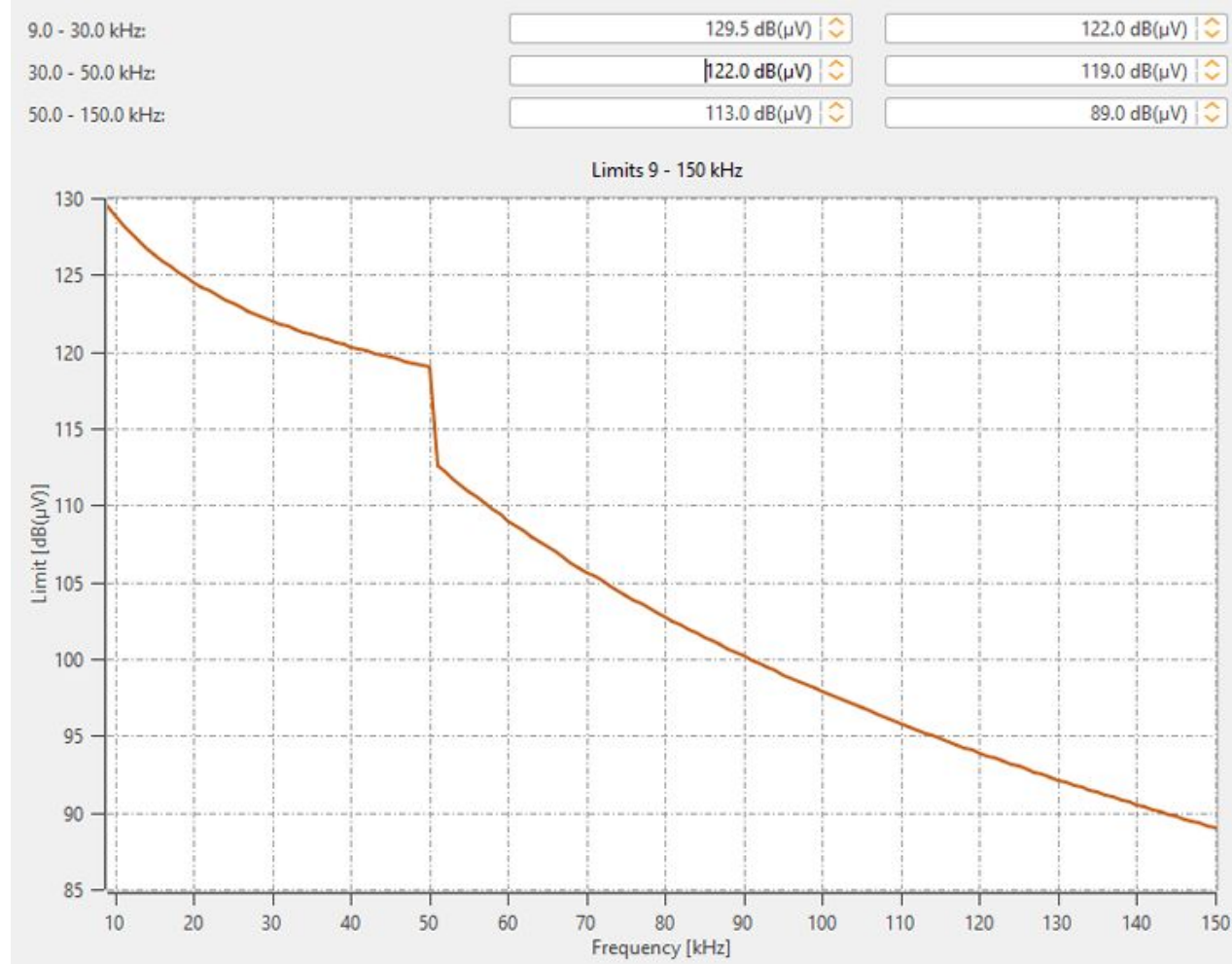
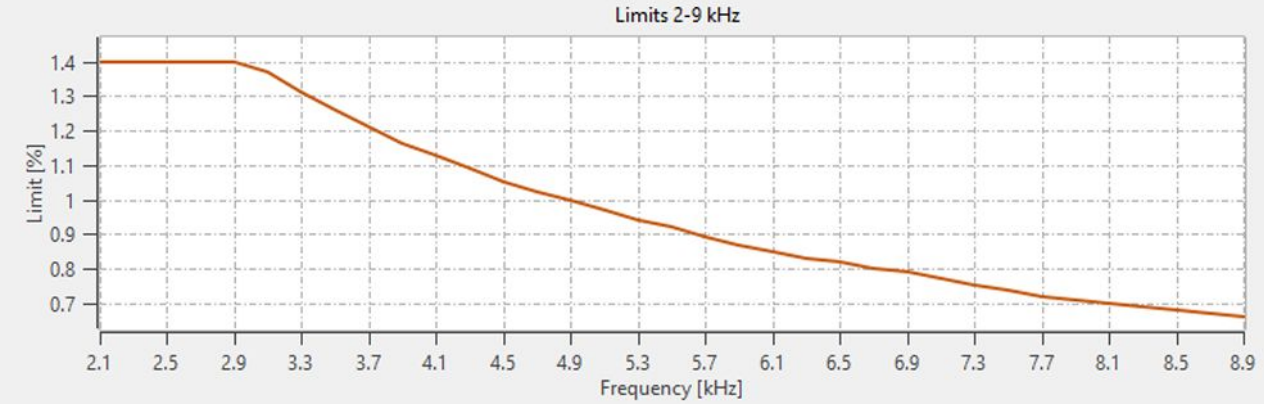


# Supraharmonik – Geleceğin En Büyük Endişesi – EA Şarj İstasyonu Örneği



# Supraharmonik – Geleceğin En Büyük Endişesi

Frequency band [kHz]	Limit [%]	Frequency band [kHz]	Limit [%]	Frequency band [kHz]	Limit [%]
2.1	1.40	5.1	0.97	7.1	0.77
2.3	1.40	5.3	0.94	7.3	0.75
2.5	1.40	5.5	0.92	7.5	0.74
2.7	1.40	5.7	0.89	7.7	0.72
2.9	1.40	5.9	0.87	7.9	0.71
3.1	1.37	6.1	0.85	8.1	0.70
3.3	1.31	6.3	0.83	8.3	0.69
3.5	1.26	6.5	0.82	8.5	0.68
3.7	1.21	6.7	0.80	8.7	0.67
3.9	1.16	6.9	0.79	8.9	0.66
4.1	1.13				
4.3	1.09				
4.5	1.05				
4.7	1.02				
4.9	1.00				



IEC 61000 – 2 – 2' ye göre Supraharmonik Limitleri



# Çözüm: Empedans Yönetimi

## V. SUMMARY

A theory is presented for harmonics created by resonances in converter-grid systems. This type of harmonics is becoming increasingly common in renewable energy, HVDC and other systems involving grid-connected converters. The process by which such harmonics are created starts from an initially unstable resonance which leads to growing harmonics at the resonance frequency. The growing harmonics and the resulting reduction in the fundamental current due to converter control action cause the converter impedance to change, which, under the right condition, moves the system towards stable operation. This process will eventually bring the system to a critically stable operation point with stable harmonics at the resonance frequency. Small-signal sequence impedance models can be used to quantitatively describe this process and to determine the resulting harmonics.

The theory presented here also provides a foundation for developing solutions to this new type of harmonics. Solutions to conventional harmonic problems include passive and active

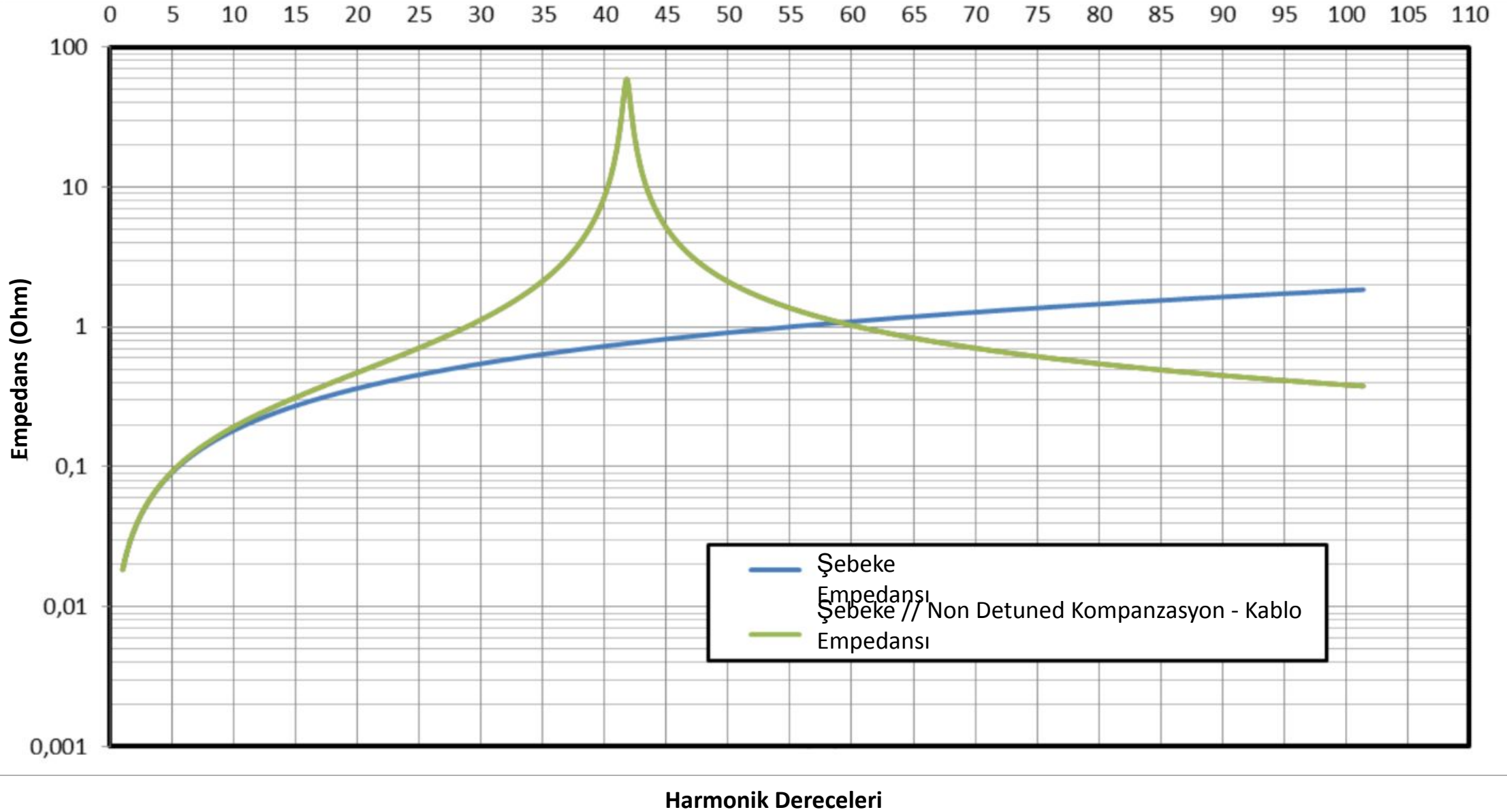
filtering, as well as eliminating the generation of harmonics from nonlinear sources, e.g. by using PWM rectifiers to replace diode rectifiers. These solutions will not work for harmonics created by resonance. Instead, since impedance is the root cause, development of solutions to this new type of harmonic problems must focus on modifying system impedance such that all resonances are properly damped. This can be achieved by using passive components or active control, so the implementation of damping may appear to be similar to harmonic filtering, but the design criteria and models to be used are very different, as has been demonstrated in a number of recent publications, see e.g. [20].

### Referans:

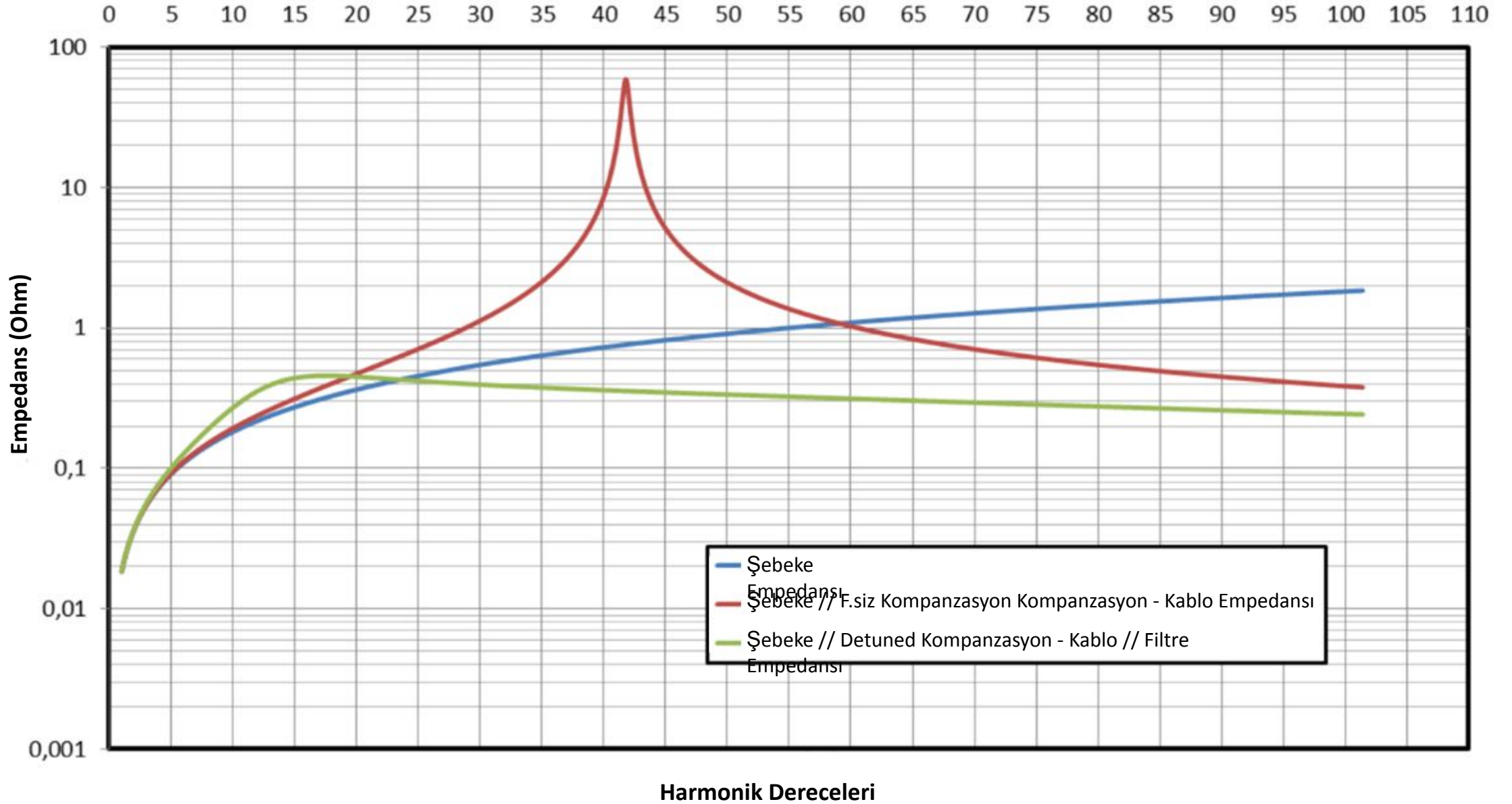
A Theory for Harmonics Created by Resonance in Converter-Grid Systems, 12 September 2018, Published in: IEEE Transactions on Power Electronics, Prof. Jian Sun



## Çözüm: Empedans Yönetimi



## Çözüm: Empedans Yönetimi



**TEŞEKKÜRLER**