



# REAKTİF GÜÇ KOMPANZASYONU



# Didem Ergun Sezer Elektrik Mühendisi

İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik Fakültesi

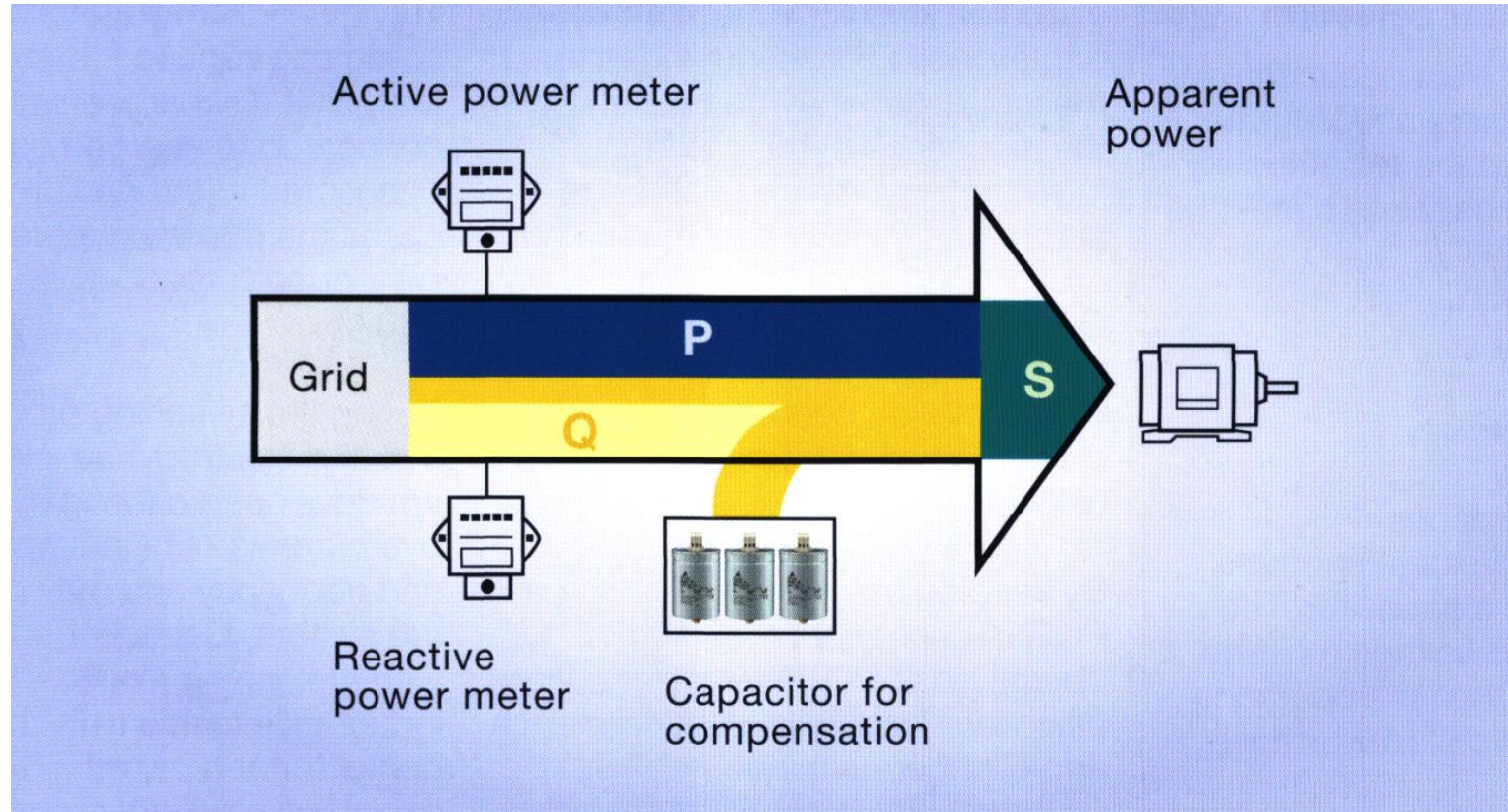
Elektrik Mühendisliği Bölümü 1995 senesi mezunuyum

Ergun Elektrik Genel Müdür Yardımcısıyım

ETMD Derneği İzmir Temsilcisiyim

IEC 60076-25 Standardı Komite Üyesiyim

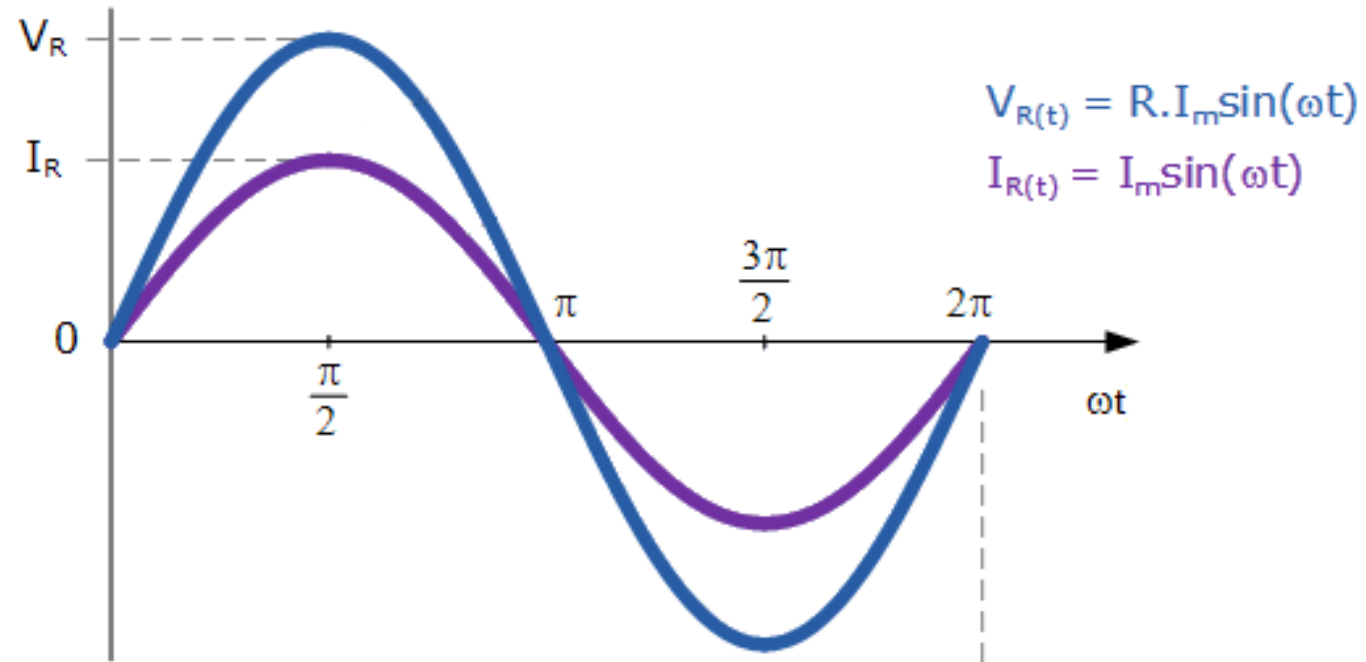
# Reaktif Güç Kompanzasyonu



# Reaktif Güç Kompanzasyonu

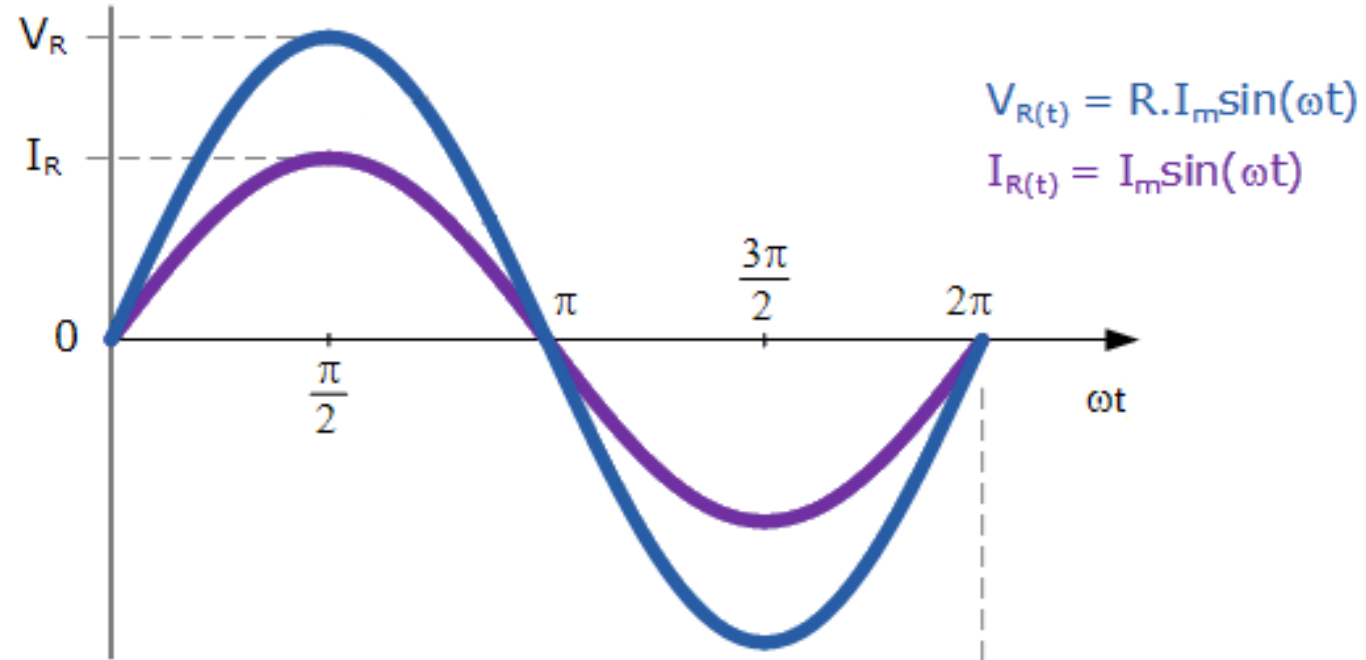
- **Güç Faktörü İyileştirme:** Güç faktörü, elektrik sistemlerinin verimliliğini belirler. Düşük güç faktörü, sistemde daha fazla reaktif gücün dolaşmasına neden olarak enerji kayıplarını artırır. Orta gerilim kompanzasyonu, güç faktörünü düzelterek sistem verimliliğini artırır.
- **Enerji Kayıplarının Azaltılması:** Hatlarda ve transformatörlerdeki enerji kayıpları düşük güç faktörü nedeniyle artar. Kompanzasyon, bu kayıpları minimize eder.
- **Ceza Maliyetlerinden Kaçınma:** Birçok elektrik dağıtım şirketi, düşük güç faktörüne sahip tüketicilere ceza uygular. Güç faktörü kompanzasyonu, bu cezaları önler ve işletme maliyetlerini azaltır.

# Reaktif Güç Kompanzasyonu

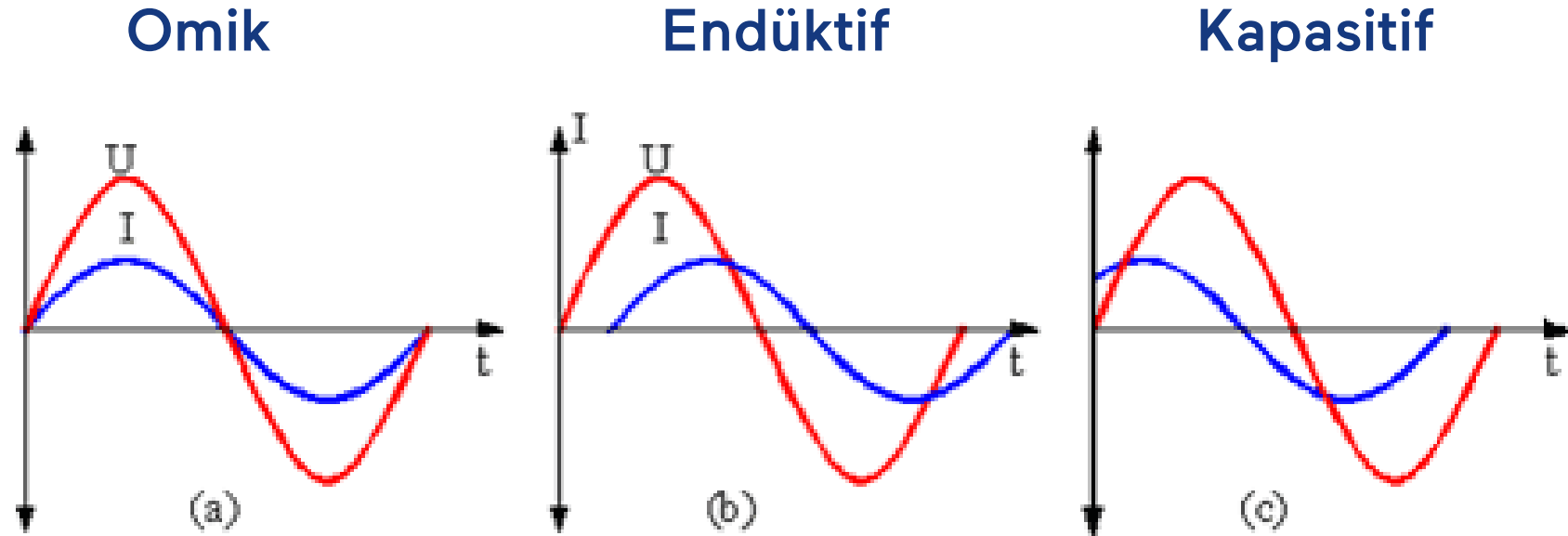


# Faz Açısı : $\varphi$

**Faz Açısı  $\varphi$**  Akım ve Gerilim Dalga formunun arasındaki faz açısıdır.



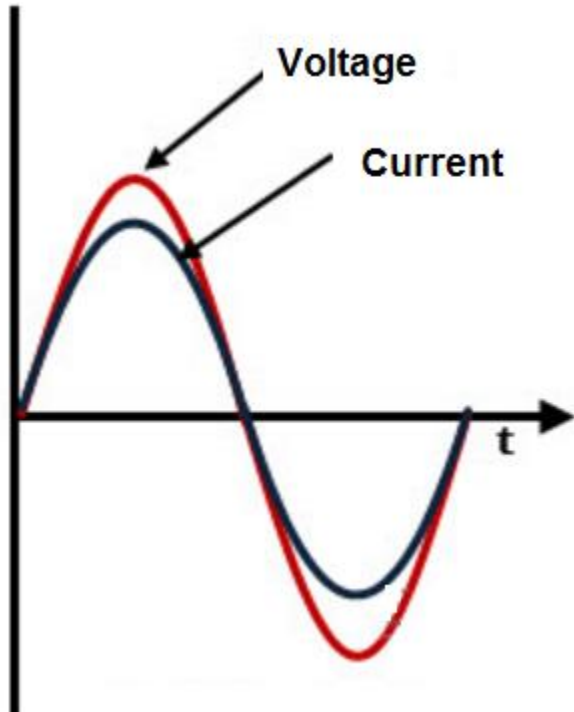
# Reaktif Güç Kompanzasyonu



# Reaktif Güç Kompanzasyonu

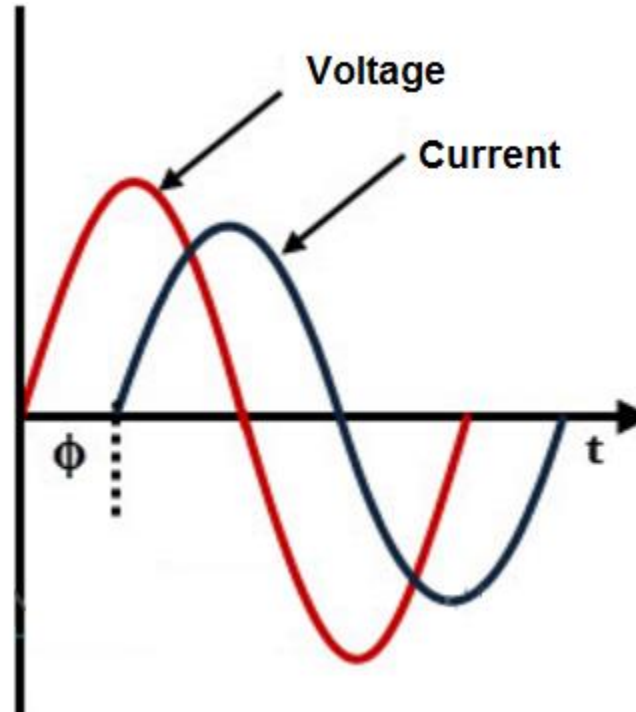
## Resistif Omik Yük

In Phase Current



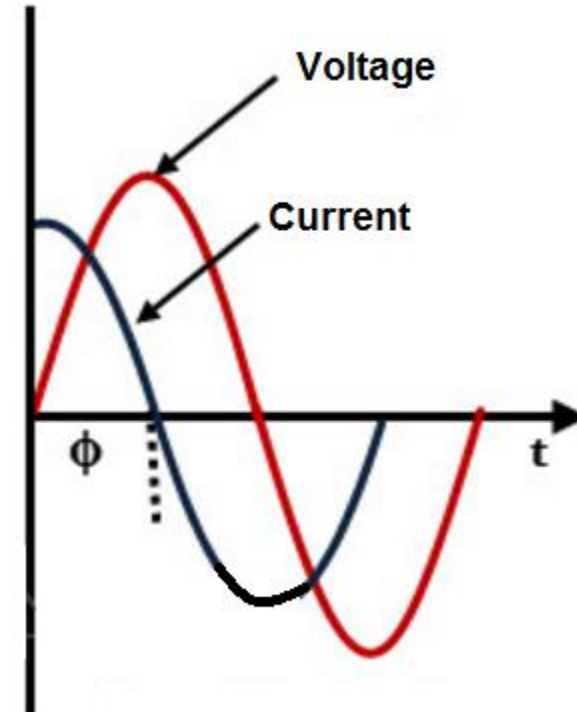
## Endüktif Yük

Lagging Current



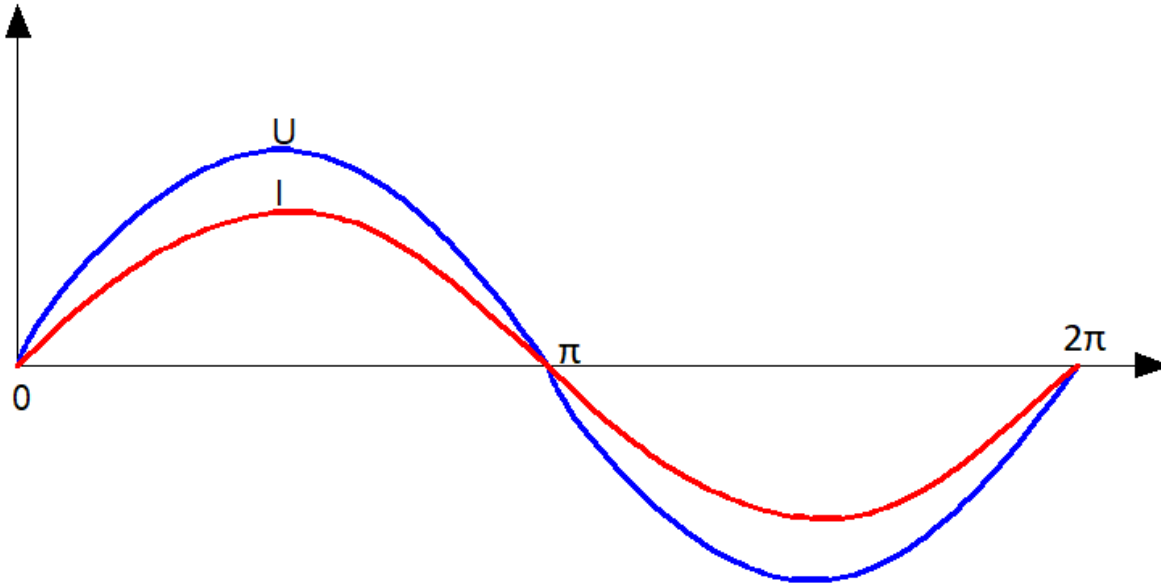
## Kapasitif Yük

Leading Current



# Reaktif Güç Kompanzasyonu

## Aktif Güç



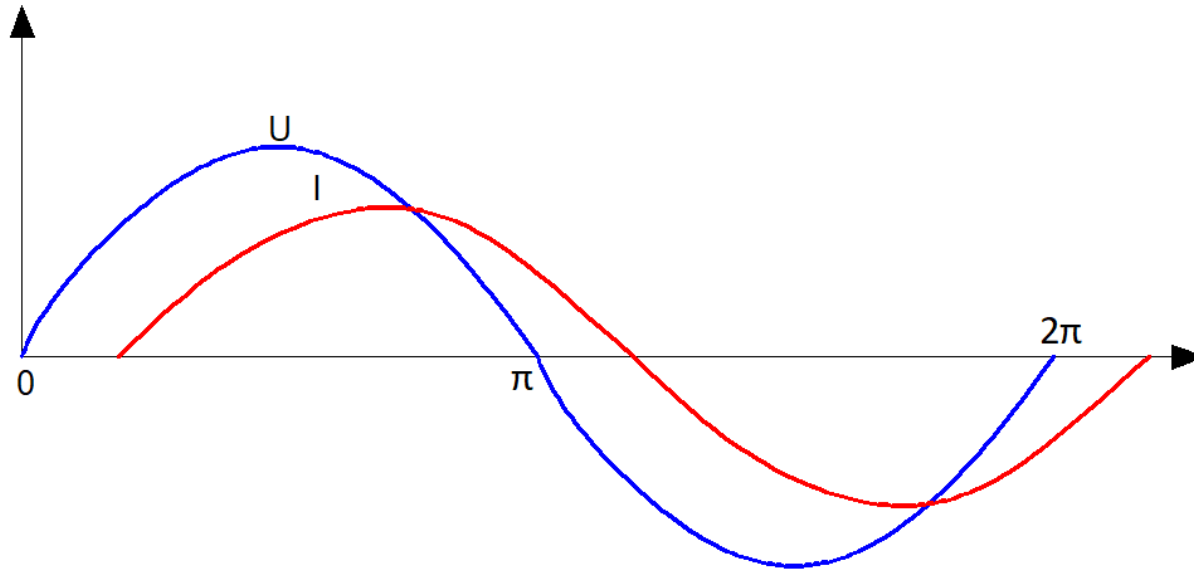
Elektrik sistemleri görünür güce göre tasarlanırlar. Transformatörlerin gücü görünür güç ile ifade edilir.

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

**Cos  $\varphi = 1$**  olduğu durum sistemde sadece aktif akımın aktığı durumdur.

# Reaktif Güç Kompanzasyonu

Kapasitif Reaktif Yük:



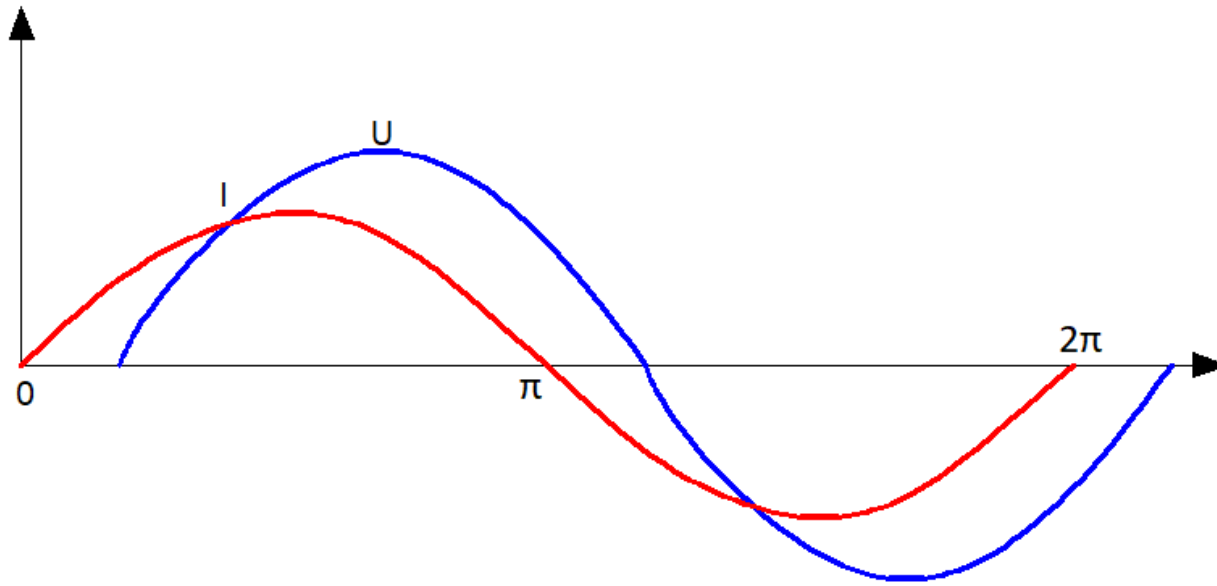
Akım İleride ,  
Leading

Örnekler,

- UPS,
- Ledler,
- Yeraltı kablolar,
- Bilgisayarlar,
- Sürücüler\*,

# Reaktif Güç Kompanzasyonu

Endüktif Reaktif Yük:



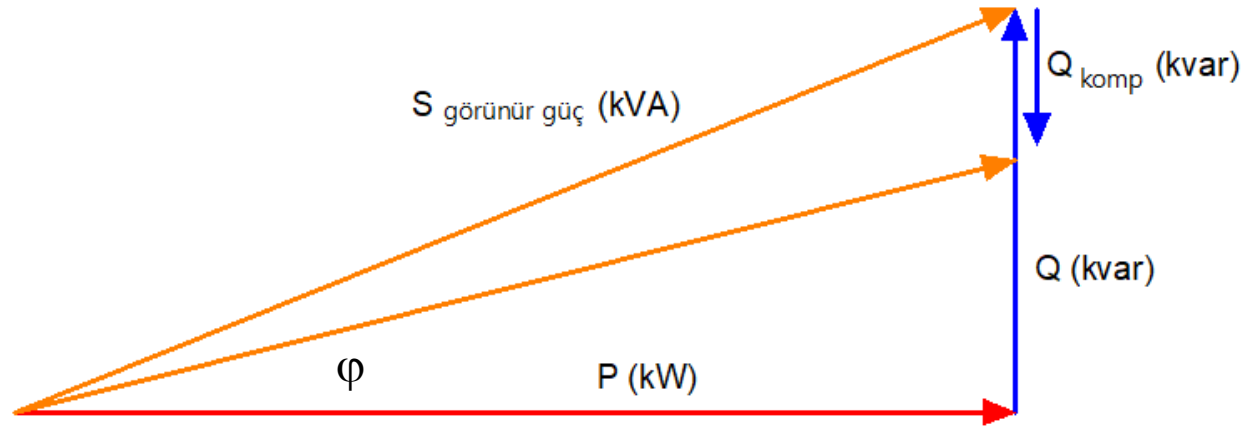
Akım Geride ,  
Lagging

Örnekler,

- Motorlar,
- Trafolar,
- Havai hatlar,
- Ocaklar,
- Sürücüler\*

# Cos $\varphi$

**Cos  $\varphi$**  Akım ve Gerilim Dalga formunun arasındaki faz açısının Cosinüs değeridir.



$$S = \sqrt{(P)^2 + (Q)^2}$$

**P** = Aktif Güç (Watt)  
**Q** = Reaktif Güç (VAR)  
**S** = Zahiri Güç (VA)  
 $\varphi$  = Faz Açısı

$$\cos \varphi = \frac{P}{\left(\sqrt{(P)^2 + (Q)^2}\right)} = \frac{P}{S}$$

**Zahiri Güç:** Kendisi bir güç olmadığı halde bir güç olmadığı halde bir güç gibi **görünen güç**.

# Reaktif Güç Kompanzasyonu



# Reaktif Güç Kompanzasyonu

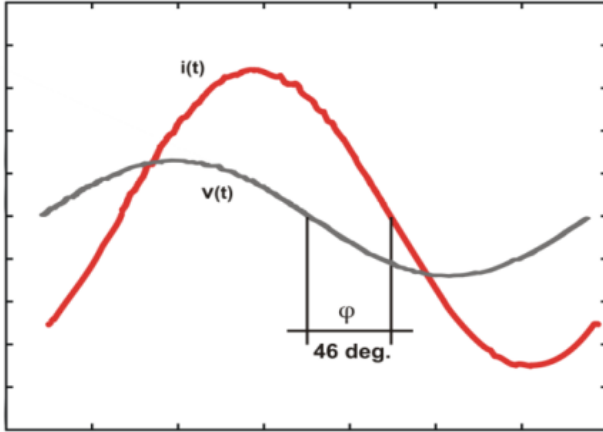
Elektrik piyasası müşteri hizmetleri yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik  
9 Ocak 2007 Kurulu Gücü  $\geq 50\text{kVA}$



$$\tan \varphi = \frac{Q_i}{P} \leq 0,20$$

$$\tan \varphi = \frac{Q_c}{P} \leq 0,15$$

# Reaktif Güç Kompanzasyonu



Endüktif Reaktif

$$\tan \varphi = \frac{Q_i}{P} \leq 0,20$$

$$\cos \varphi = 0,98$$

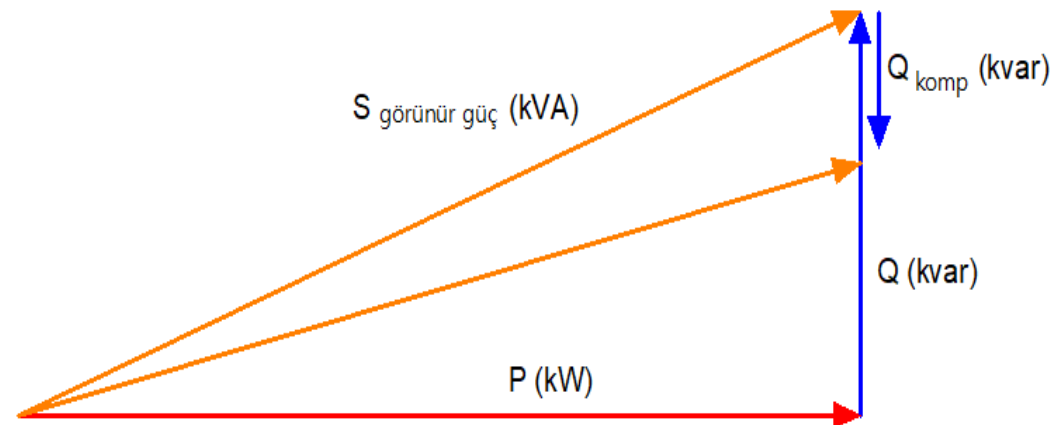
$$\arctan \varphi = 11,3^\circ$$

Kapasitif Reaktif

$$\tan \varphi = \frac{Q_c}{P} \leq 0,15$$

$$\cos \varphi = 0,99$$

$$\arctan \varphi = 8,53^\circ$$



# Reaktif Güç Kompanzasyonu

TRAFO 8 GÜÇ HESABI

Tali Pano	Güç kW	Koruma A	Kablo Kesiti mm <sup>2</sup>	Uzunluk m	ΔU %
Soğutma grubu EPA-33	650	900-2000	4x3x1x240+2x1x240	60	0,50
Meyve Hattı	400	640-1600	3x3x1x240+1x240	70	0,48
Sebze Hattı	400	640-1600	3x3x1x240+1x240	83	0,57
Unlu Mamüller Hattı	400	640-1600	3x3x1x240+1x240	66	0,45
Mekanik Atölye	150	500-630	3x1x240+1x120	34	0,26
Derin Kuyu Pompalar	110	125-250	3x1x150+1x70	23	0,21
Forklift Bakım	50	100-125	3x35+16	47	0,83
İç Aydınlatma 1	30	50-63	3x16+10	22	0,51
İç Aydınlatma 2	30	50-63	3x16+10	21	0,49
<b>TOPLAM GÜÇ</b>	<b>2220 kW</b>				
Güç katsayısı	0,82				
Diversite	0,82				
Gerekli Trafo	Toplam Güç x Diversite / Güç Katsayısı				
	2220 kVA				
%10 trafo kaybı	222 kVA				
Toplam güç	2442 kVA				
Seçilen Trafo	2500kVA, 34,5/0,4kV				

TRAFO 8 KOMPENZASYON HESABI

Kurulu Güç	:	2220 kW
Mevcut Güç Faktörü	:	0,82
Düzeltilmiş Güç Faktörü	:	0,99
1kW için gerekli olan	:	0,56 kVar/kW
Gerekli Kondenzatör	:	1243 kVar
<b>SEÇİLEN TESİSAT</b>		
Sabit	:	100 kVar
Otomatik (1x50kVar)	:	50 kVar
Otomatik (2x9x50kVar)	:	900 kVar
Otomatik (4x2x50kVar)		400 kVar
<b>Toplam</b>	:	<b>1450 kVar</b>

# Reaktif Güç Kompanzasyonu

- Tesisin toplam aktif gücü ve güç faktörü tespit edilir.
- Tablodan mevcut  $\cos \varphi$  'yi 0,99 değerine yükseltmek için tablodan gerekli olan katsayı tespit edilir.

$$(\tan \varphi - \tan \varphi_{hedef}) \times P = \Delta Q$$

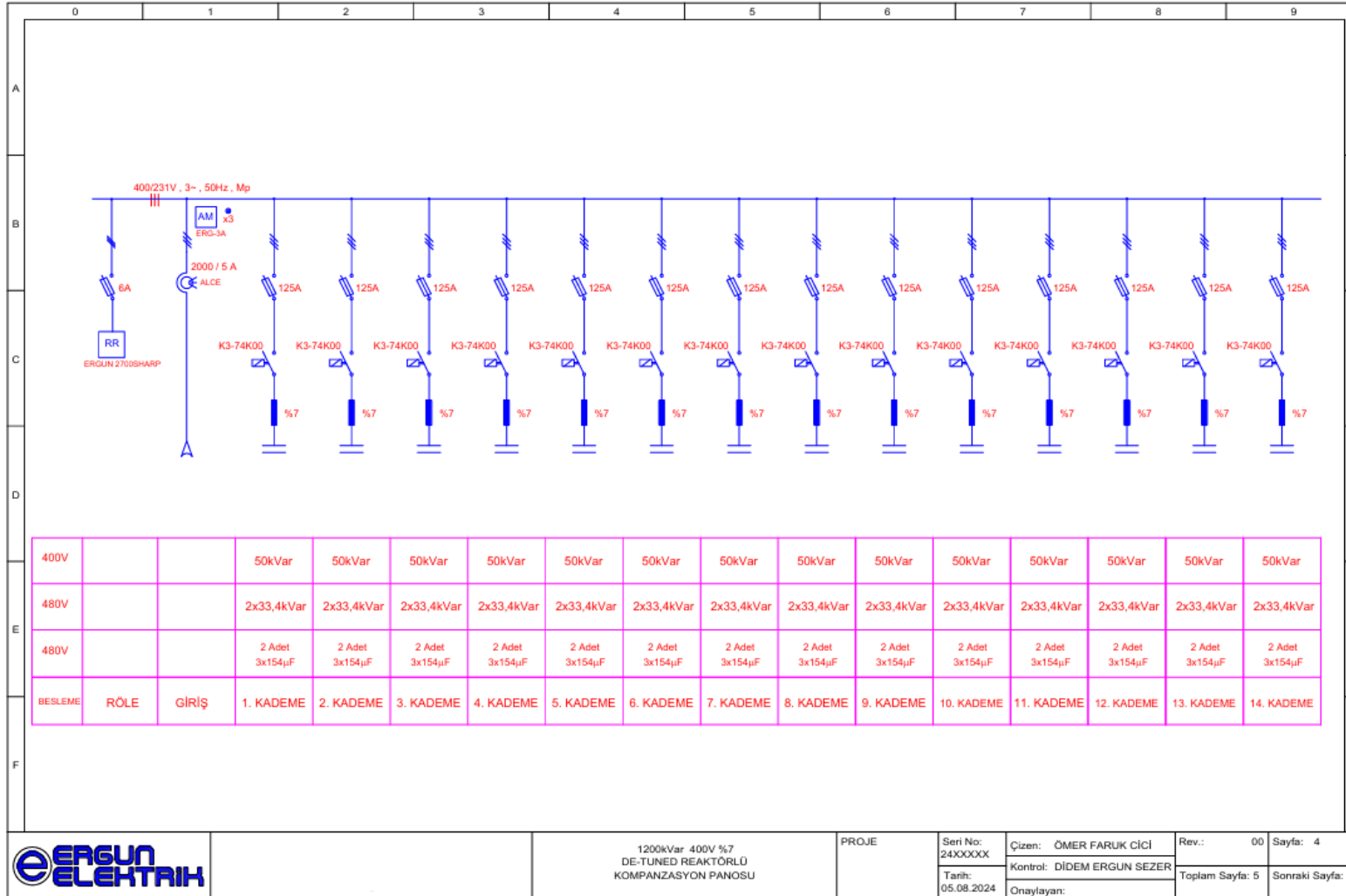
current (ACTUAL) tan $\varphi$	TARGET cos $\varphi = 0.96$										
	cos $\varphi$	achievable (TARGET) cos $\varphi$								cos $\varphi \leq 1$	
		0.80	0.82	0.85	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00
		Faktor F									
3.18	0.30	2.43	2.48	2.56	2.64	2.70	2.75	2.82	2.89	2.98	3.18
2.96	0.32	2.21	2.26	2.34	2.42	2.48	2.53	2.60	2.67	2.76	2.96
2.77	0.34	2.02	2.07	2.15	2.23	2.28	2.34	2.41	2.48	2.56	2.77
2.59	0.36	1.84	1.89	1.97	2.05	2.10	2.17	2.23	2.30	2.39	2.59
2.43	0.38	1.68	1.73	1.81	1.89	1.95	2.01	2.07	2.14	2.23	2.43
2.29	0.40	1.54	1.59	1.67	1.75	1.81	1.87	1.93	2.00	2.09	2.29
2.16	0.42	1.41	1.46	1.54	1.62	1.68	1.73	1.80	1.87	1.96	2.16
2.04	0.44	1.29	1.34	1.42	1.50	1.56	1.61	1.68	1.75	1.84	2.04
1.93	0.46	1.18	1.23	1.31	1.39	1.45	1.50	1.57	1.64	1.73	1.93
1.83	0.48	1.08	1.13	1.21	1.29	1.34	1.40	1.47	1.54	1.62	1.83
1.73	0.50	0.98	1.03	1.11	1.19	1.25	1.31	1.37	1.45	1.53	1.73
1.64	0.52	0.89	0.94	1.02	1.10	1.16	1.22	1.28	1.35	1.44	1.64
1.56	0.54	0.81	0.86	0.94	1.02	1.07	1.13	1.20	1.27	1.36	1.56
1.48	0.56	0.73	0.78	0.86	0.94	1.00	1.05	1.12	1.19	1.28	1.48
1.40	0.58	0.65	0.70	0.78	0.86	0.92	0.98	1.04	1.11	1.20	1.40
1.33	0.60	0.58	0.63	0.71	0.79	0.85	0.91	0.97	1.04	1.13	1.33
1.30	0.61	0.55	0.60	0.68	0.76	0.81	0.87	0.94	1.01	1.10	1.30
1.27	0.62	0.52	0.57	0.65	0.73	0.78	0.84	0.91	0.99	1.06	1.27
1.23	0.63	0.48	0.53	0.61	0.69	0.75	0.81	0.87	0.94	1.03	1.23
1.20	0.64	0.45	0.50	0.58	0.66	0.72	0.77	0.84	0.91	1.00	1.20
1.17	0.65	0.42	0.47	0.55	0.63	0.68	0.74	0.81	0.88	0.97	1.17
1.14	0.66	0.39	0.44	0.52	0.60	0.65	0.71	0.78	0.85	0.94	1.14
1.11	0.67	0.36	0.41	0.49	0.57	0.63	0.68	0.75	0.82	0.90	1.11
1.08	0.68	0.33	0.38	0.46	0.54	0.59	0.65	0.72	0.79	0.88	1.08
1.05	0.69	0.30	0.35	0.43	0.51	0.56	0.62	0.69	0.76	0.85	1.05
1.02	0.70	0.27	0.32	0.40	0.48	0.54	0.59	0.66	0.73	0.82	1.02
0.99	0.71	0.24	0.29	0.37	0.45	0.51	0.57	0.63	0.70	0.79	0.99
0.96	0.72	0.21	0.26	0.34	0.42	0.48	0.54	0.60	0.67	0.76	0.96
0.94	0.73	0.19	0.24	0.32	0.40	0.45	0.51	0.58	0.65	0.73	0.94
0.91	0.74	0.16	0.21	0.29	0.37	0.42	0.48	0.55	0.62	0.71	0.91
0.88	0.75	0.13	0.18	0.26	0.34	0.40	0.46	0.52	0.59	0.68	0.88
0.86	0.76	0.11	0.16	0.24	0.32	0.37	0.43	0.50	0.57	0.65	0.86
0.83	0.77	0.08	0.13	0.21	0.29	0.34	0.40	0.47	0.54	0.63	0.83
0.80	0.78	0.05	0.10	0.18	0.26	0.32	0.38	0.44	0.51	0.60	0.80
0.78	0.79	0.03	0.08	0.16	0.24	0.29	0.35	0.42	0.49	0.57	0.78
0.75	0.80		0.05	0.13	0.21	0.27	0.32	0.39	0.46	0.55	0.75
0.72	0.81			0.10	0.18	0.24	0.30	0.36	0.43	0.52	0.72
0.70	0.82			0.08	0.16	0.21	0.27	0.34	0.41	0.49	0.70
0.67	0.83			0.05	0.13	0.19	0.25	0.31	0.38	0.47	0.67
0.65	0.84			0.03	0.11	0.16	0.22	0.29	0.36	0.44	0.65
0.62	0.85				0.08	0.14	0.19	0.26	0.33	0.42	0.62
0.59	0.86				0.05	0.11	0.17	0.23	0.30	0.39	0.59
0.57	0.87					0.08	0.14	0.21	0.28	0.36	0.57
0.54	0.88					0.06	0.11	0.18	0.25	0.34	0.54
0.51	0.89					0.03	0.09	0.15	0.22	0.31	0.51
0.48	0.90						0.06	0.12	0.19	0.28	0.48
0.46	0.91						0.03	0.10	0.17	0.25	0.46
0.43	0.92							0.07	0.14	0.22	0.43
0.40	0.93							0.04	0.11	0.19	0.40
0.36	0.94								0.07	0.16	0.36
0.33	0.95									0.13	0.33

# Reaktif Güç Kompanzasyonu

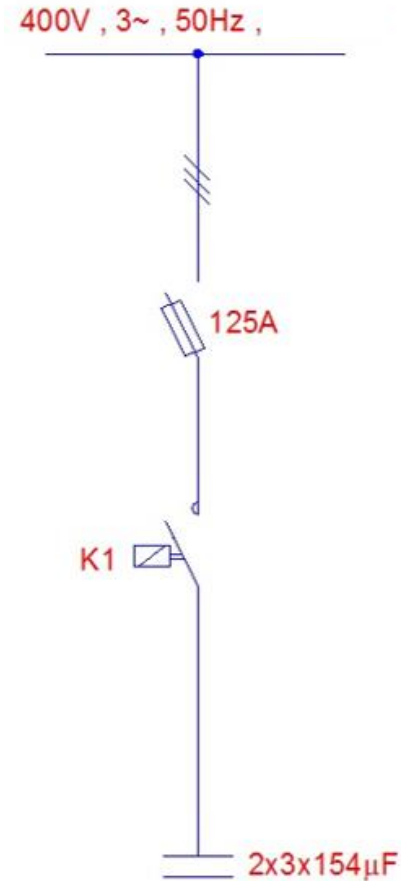
TRAFO 8 KOMPENZASYON HESABI		
Kurulu Güç	:	2220 kW
Diversite	:	0,82
Mevcut Güç Faktörü	:	0,82
Düzeltilmiş Güç Faktörü	:	0,99
1kW için gerekli olan	:	0,56 kVar/kW
Gerekli Kondenzatör	:	1020 kVar
SEÇİLEN TESİSAT		
Otomatik (14x50kVar)	:	700 kVar
Otomatik (4x2x50kVar)	:	400 kVar
Toplam	:	1200 kVar

$$(\tan \varphi - \tan \varphi_{\text{hedef}}) \times P = \Delta Q$$

# Reaktif Güç Kompanzasyonu



# Reaktif Güç Kompanzasyonu



- Sigorta
- Kontaktör
- Kondansatör

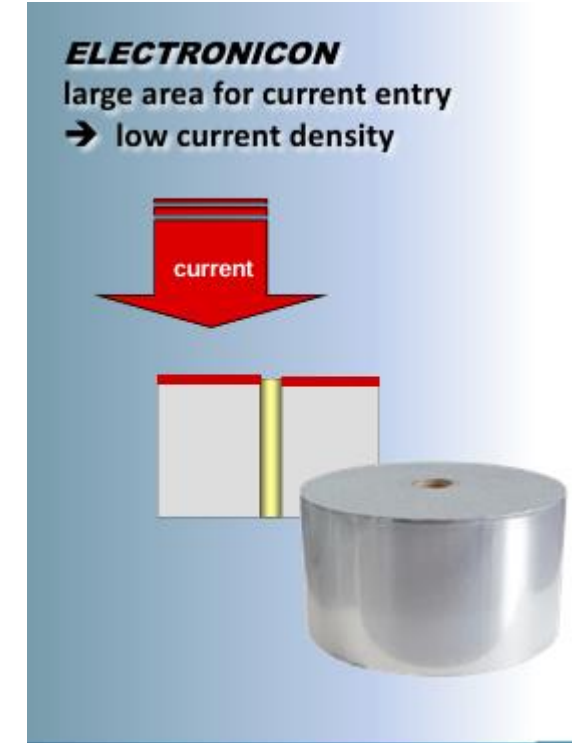
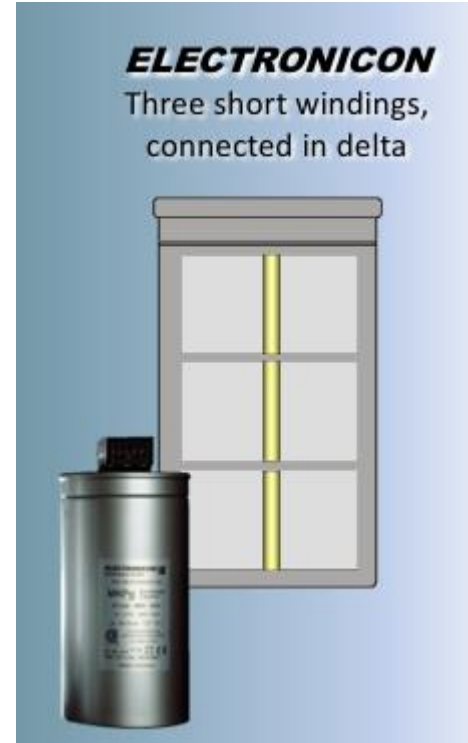
# Reaktif Güç Kompanzasyonu



# Reaktif Güç Kompanzasyonu

## Kondansatör

IEC 60831-1 Standardına uygun



# Reaktif Güç Kompanzasyonu

## Kompanzasyonda anahtarlama

IEC 60947-4-1 Standardına uygun



# Reaktif Güç Kompanzasyonu

## Kompanzasyonda anahtarlama

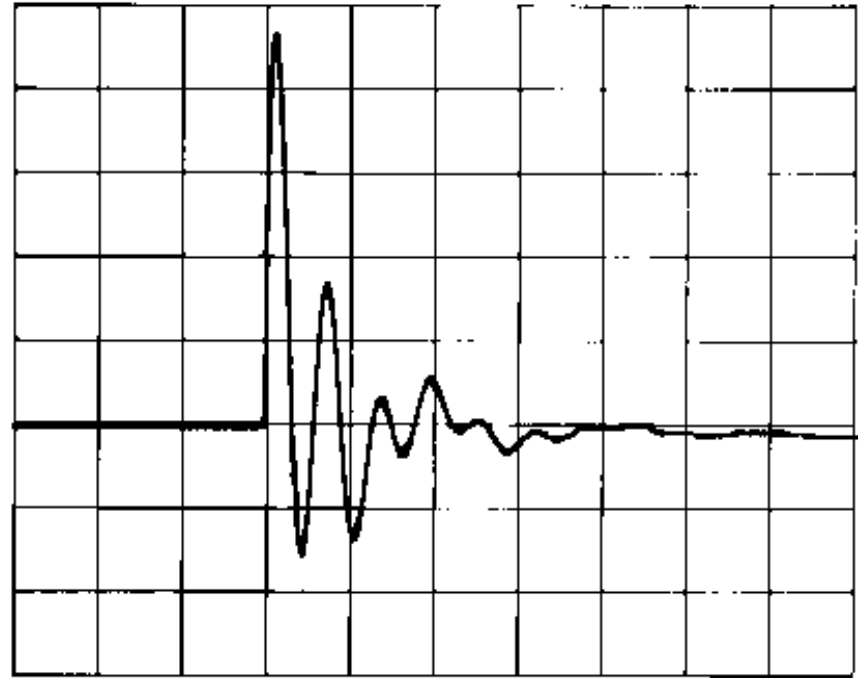
### a. IEC 60947-4-1'e göre kontaktör kullanım sınıfları

Akım cinsi	Kullanma kategorisi	Kullanım yeri
Alternatif akım	AC - 1	Endüktif olmayan veya çok az endüktif olan yükler, direnç ocakları
	AC - 2	Bilezikli asenkron motorlar; yol verme, durdurma
	AC - 3	Sincap kafesli motorlar; yol verme, motor çalışırken durdurma
	AC - 4	Sincap kafesli motorlar; yol verme, yön değişmeli çalışma, adımlı çalışma
	AC - 5a	Deşarj lambası kontrol düzenlerinin anahtarlama
	AC - 5b	Akkor flemalı lambaların anahtarlama
	AC - 6a	Transformatörlerin anahtarlama
	AC - 6b	Kondansatör gruplarının anahtarlama
	AC - 8a	Elle kurmalı aşırı yük rölesi ile donatılmış hava sızdırmaz soğutucu kompresör motorları kumandası
	AC - 8b	Otomatik kurmalı aşırı yük rölesi ile donatılmış hava sızdırmaz soğutucu kompresör motorları kumandası
Doğru akım	DC - 1	Endüktif olmayan veya çok az endüktif olan yükler, direnç ocakları
	DC - 3	şönt motorları; durdurma, iki iletkeni aralarında değiştirerek ters yöne döndürme, darbeli çalışma, DC motorların otomatik frenlenmesi
	DC - 5	şönt motorları; durdurma, iki iletkeni aralarında değiştirerek ters yöne döndürme, darbeli çalışma, DC motorların otomatik frenlenmesi
	DC - 6	Akkor flemalı lambaların kumandası

# Reaktif Güç Kompanzasyonu

## Kondansatörlerin Devreye Girmesi Sırasında Ani Akım Zirvesi

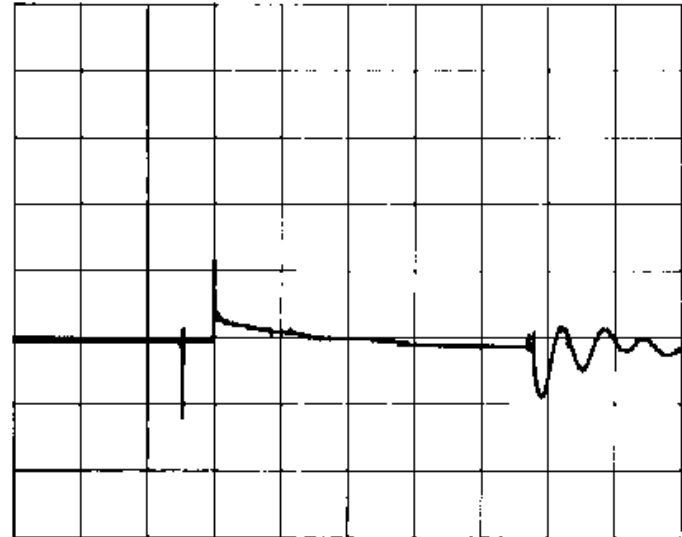
- Kayıpları azaltılmış kapasitörlerin ani akım zirvesi, nominal kapasitör akımının **200 katına** kadar çıkabilir.
- Bu durum, normal kontaktörlerin kontaklarını kaynak yapar ve uzun vadede kapasitörleri de tahrip eder.
- IEC 60947-4-1
- AC6b Capacitor bank Switching



# Reaktif Güç Kompanzasyonu



- Kapasitörün sınırlı bir akım ile önceden yüklenmesi.
- Önceden kapanan dirençler ile akım sınırlaması.
- Reaktörsüz durumda akım, nominal kapasitör akımının **7 katı** ile sınırlıdır.
- Reaktörlü durumda ise akım, nominal kapasitör akımının **2 katı** ile sınırlıdır.



# Reaktif Güç Kompanzasyonu

## Kısa Devre Koruma

IEC 60269 Standardına uygun



Kompanzasyonda koruma katsayısı;

$I_{sigorta} = I_n \times 1,5$  tavsiye edilmektedir.

Sigorta tipi gG tavsiye edilmektedir.

Örnek olarak;

50kVAR=72A

72A x 1,5 = 108A

Uygun kapasite 125A sigorta

# Reaktif Güç Kompanzasyonu

Kompanzasyonda sigorta kullanımı;

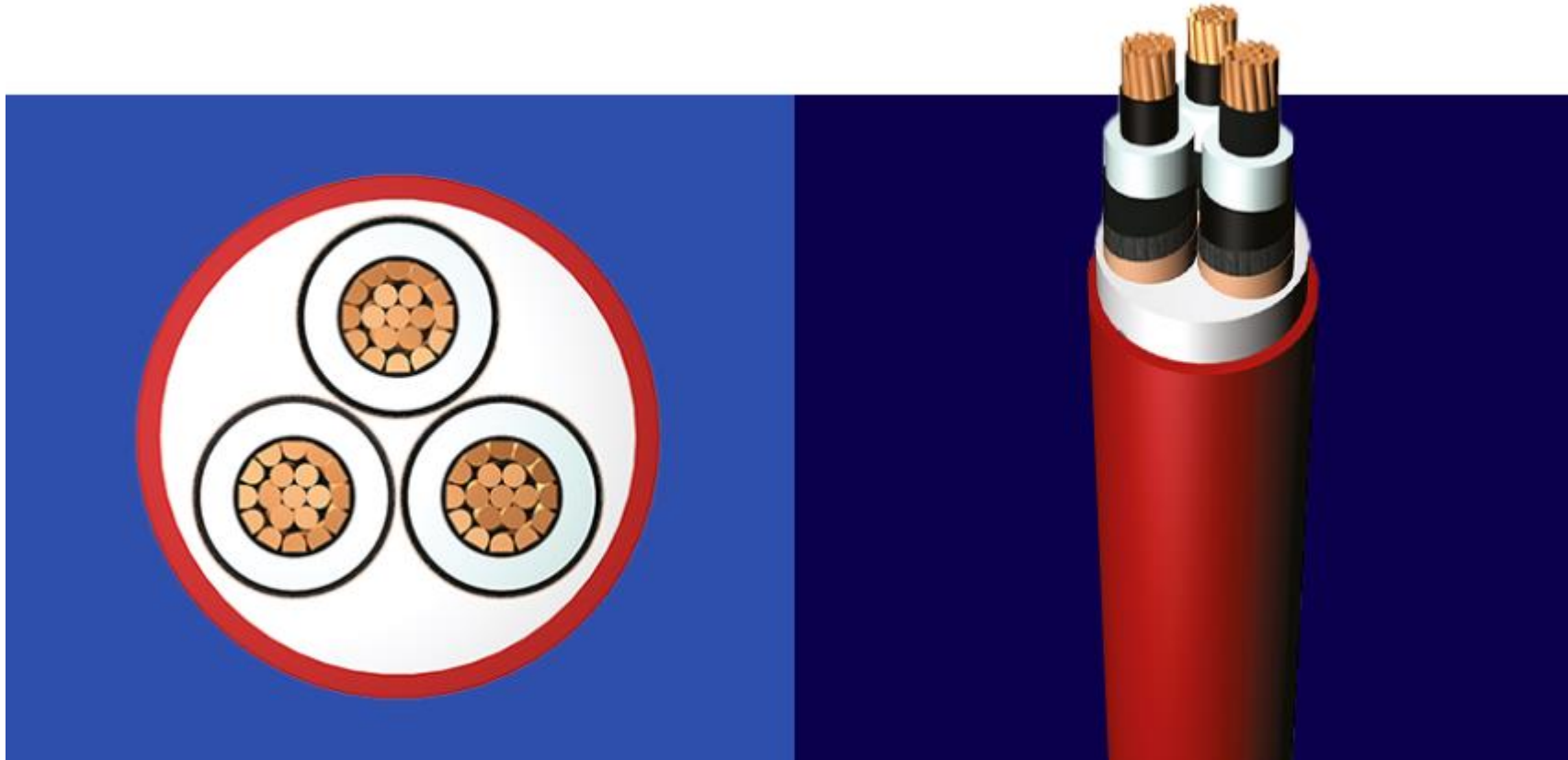


Heating of fuse  
link

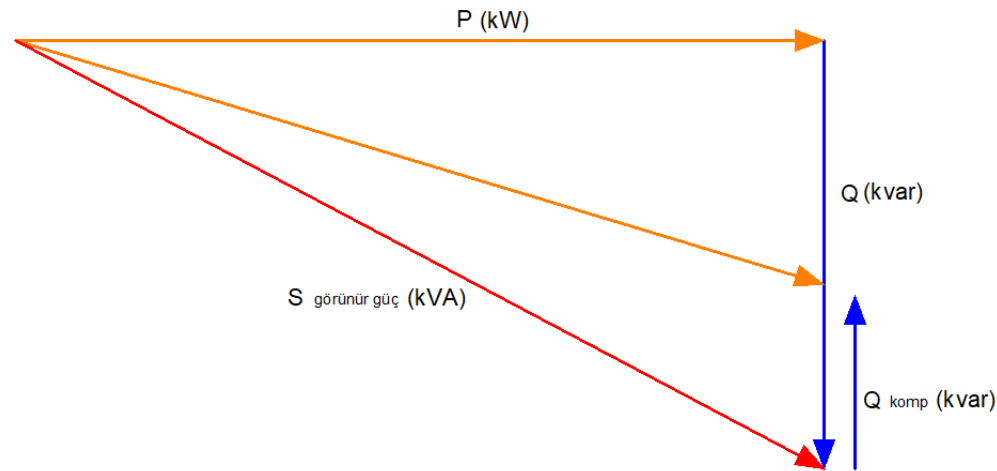
Electric arc

Arc extinction

# Reaktif Güç Kompanzasyonu



# Reaktif Güç Kompanzasyonu



$$Q = \sqrt{3} \times U \times I_c$$

# Reaktif Güç Kompanzasyonu

## Endüktif Yük Reaktörü

IEC 60076-6 Standardına uygun



# Reaktif Güç Kompanzasyonu

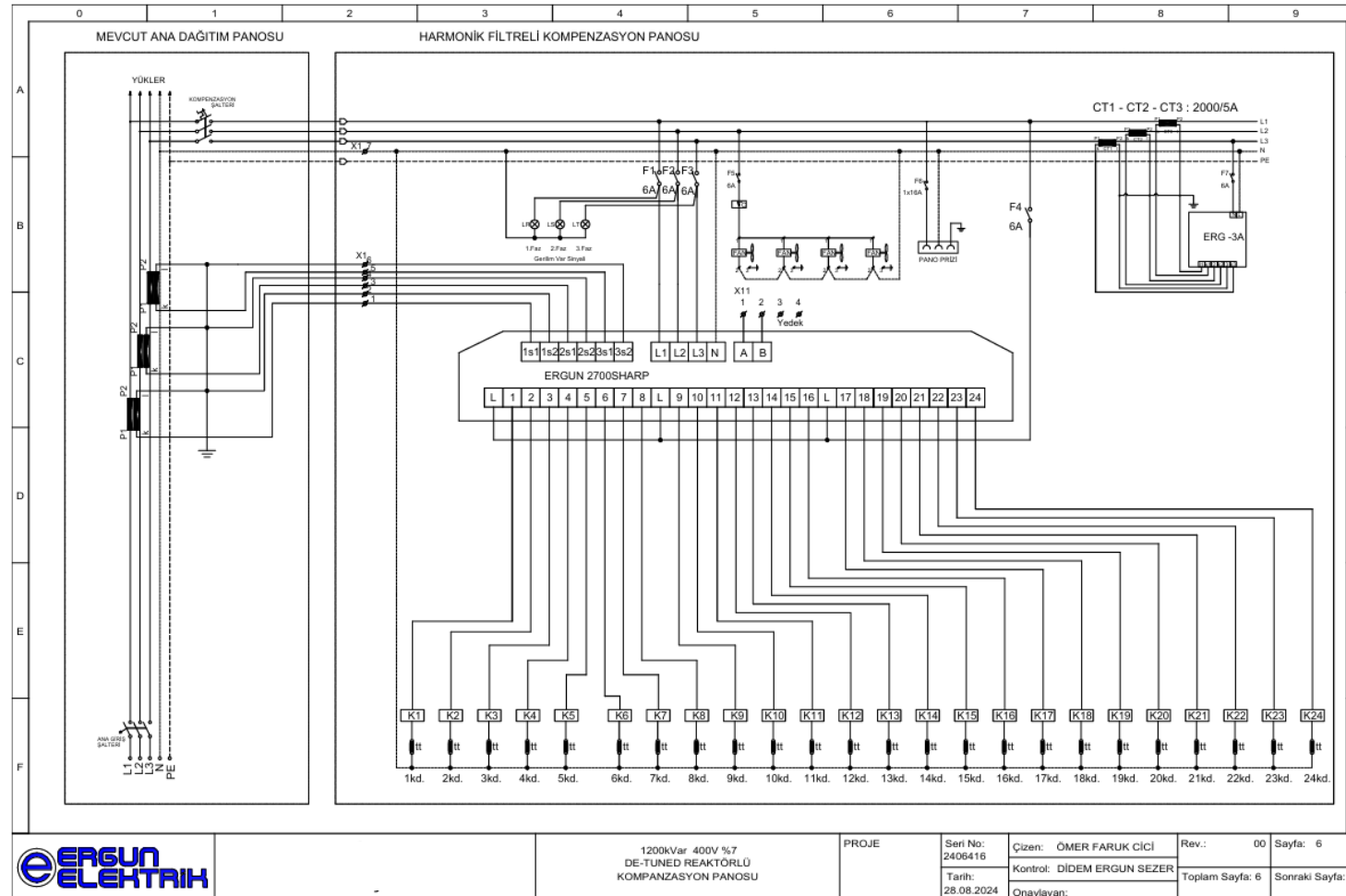
## Reaktif Güç Kompanzasyon Rölesi

IEC 61326-2-2 Standardına uygun



# Reaktif Güç Kompanzasyonu

## Kumanda Şeması





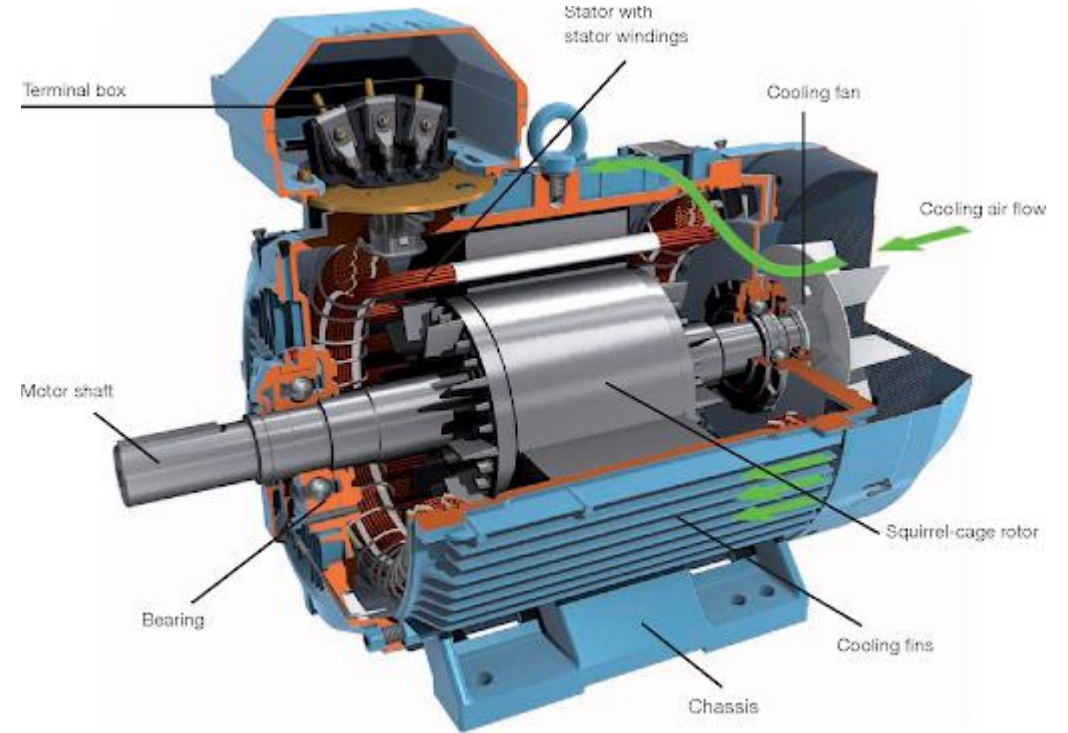
*coffee break*

# Harmonikler

## Hız Kontrol Cihazı



## Asenkron Motor



# Harmonikler

## 6 Darbeli Köprü Doğrultuculu Hız Kontrol Cihazı ve Harmonikler

- Basit diyot doğrultucu devreler için aşağıda formül geçerlidir.

$$h = np + 1$$

$$I_h = \frac{I}{h}$$

**h** = harmoniğin sırası

**p** = diyod doğrultucunun yarı iletken adedi

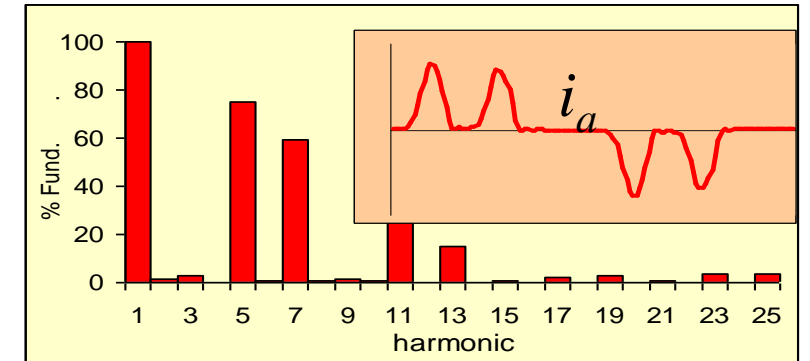
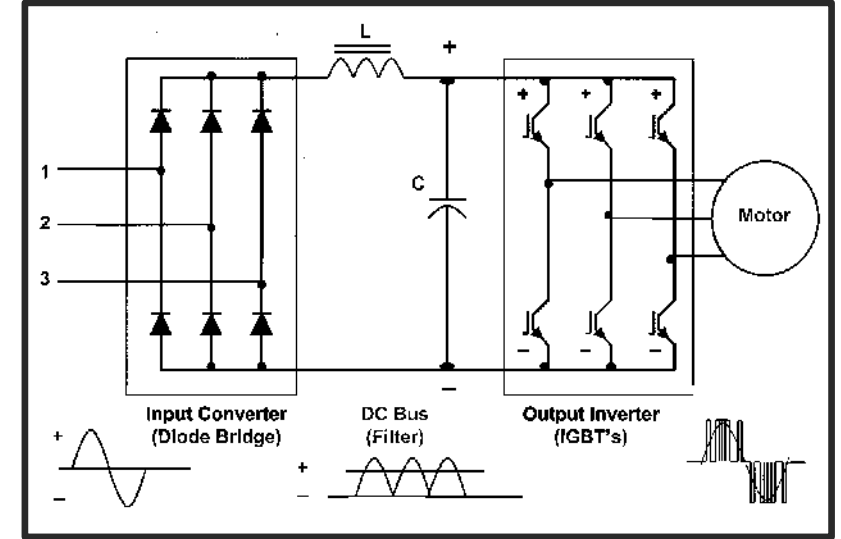
**n** = katsayı (1, 2, 3, ....)

**I<sub>h</sub>** = harmonik akımın genliği

(DC bara kondenzatörü I<sub>h</sub>değerini arttırmaktadır.)

**p = 6 ise**

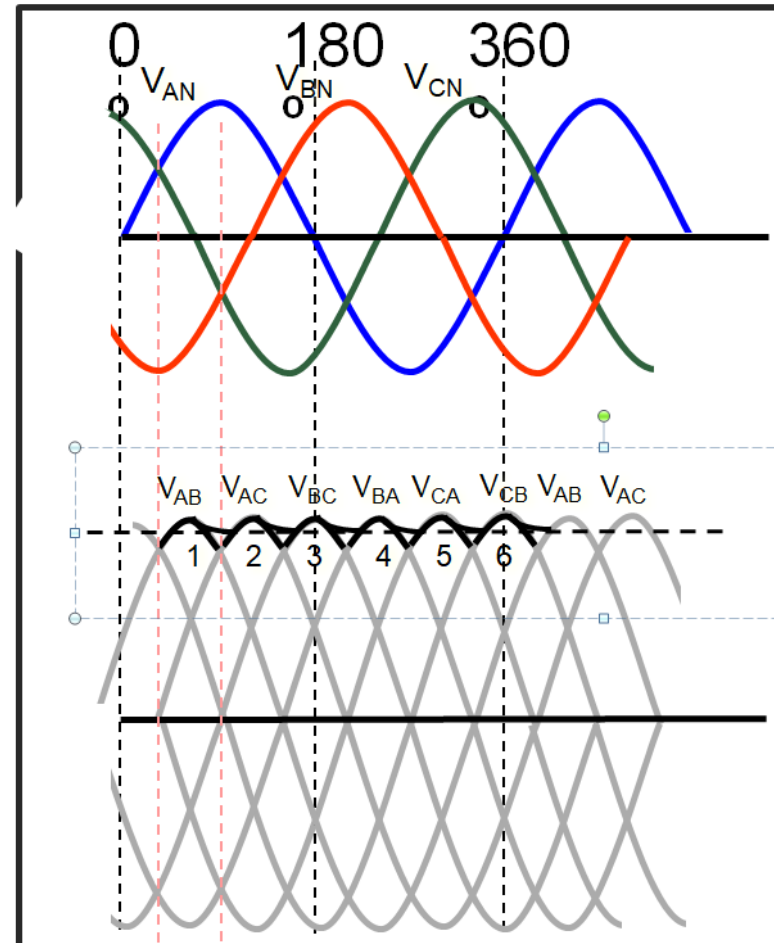
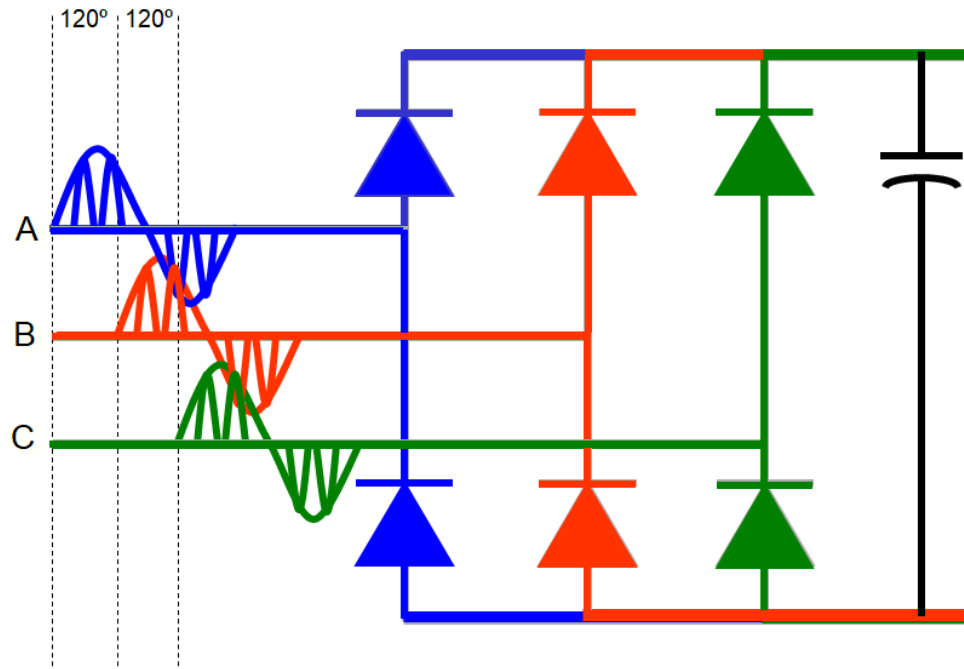
**h = - 5,7,-,11,13,-,17,19...**



**Akım Dalga Şekli ve Spektrumu**

# Harmonikler

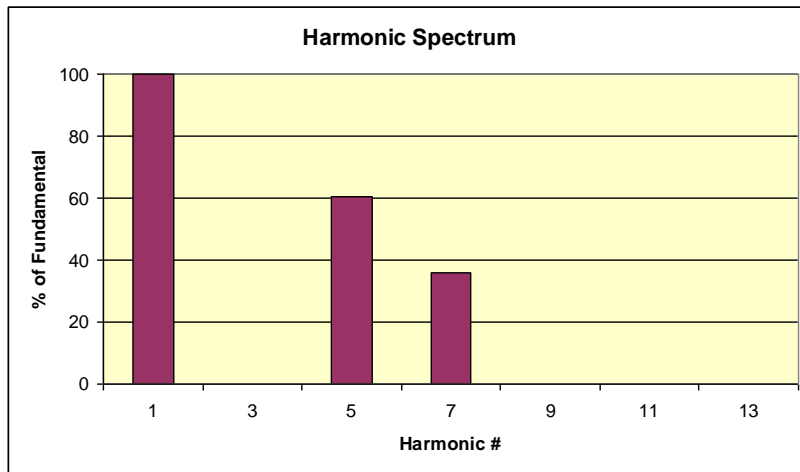
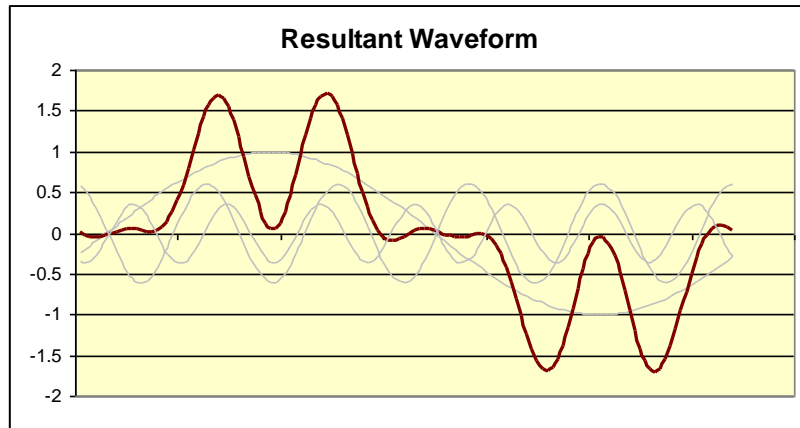
## 3-Faz 6 Darbeli Köprü Doğrultucu



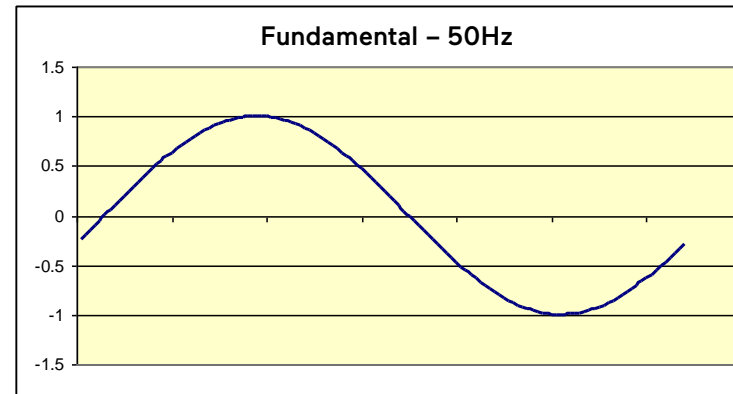
Ortalama DC  
Bus gerilimi  
( $1.414 \times V_{RMS}$ )

# Harmonikler

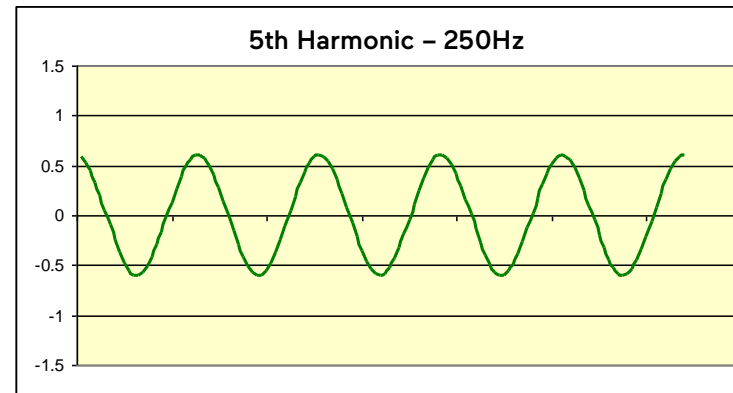
## Harmonikler – Bozulmuş Dalgaformu



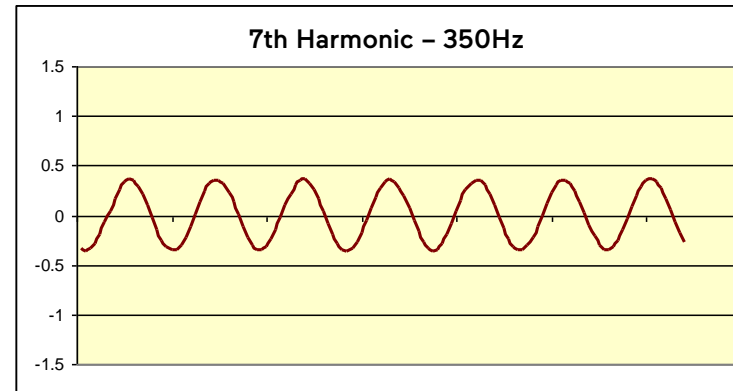
=



+



+



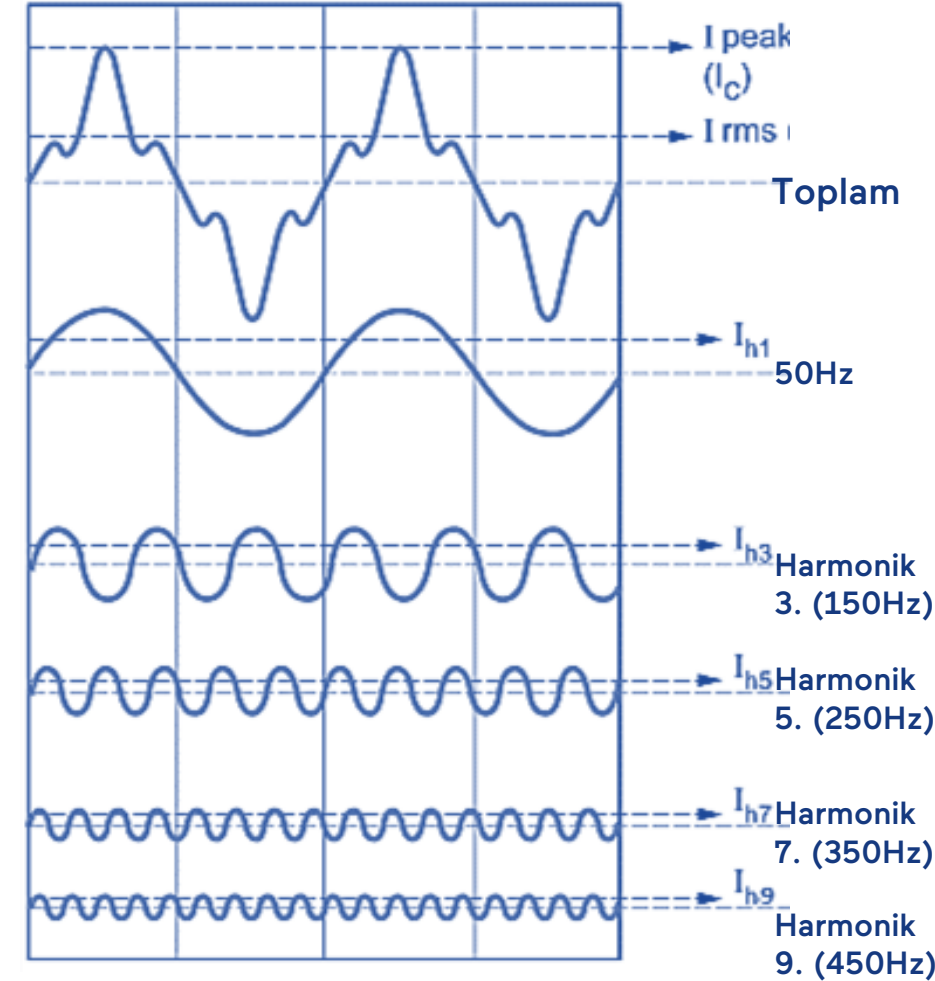
**Fourier Serisi**  
 $f(t) = A_0 +$   
 $A_1 \sin(\omega t + q_1)$   
 $+ A_2 \sin(2\omega t + q_2)$   
 $+ A_3 \sin(3\omega t + q_3) \dots$

# Harmonikler

- Harmonik frekanslar şebeke frekansının katlarıdır.
- Harmonikler hem akım hem de gerilimde ideal sinüzoidal dalga formlarından sapmalara neden olur
- Doğrusal olmayan yükler elektrik şebekesine bağlandığında harmonik akımlar ve gerilimler meydana gelir.
- Şebeke harmonikleri, ölçülen akım harmoniklerinin **THDi** ve gerilim harmoniklerinin **THDu** olarak gösterildiği bir güç kalitesi cihazı ile alınan ölçümlerle tespit edilebilir.

$$I_{rms} = \sqrt{I_1^2 + I_3^2 + I_5^2 + I_7^2 + \dots + I_h^2}$$

$$THD_i = \frac{\sqrt{I_3^2 + I_5^2 + I_7^2 + \dots + I_h^2}}{I_1} \times 100\%$$



# Harmonikler – Cos $\varphi$ – Güç Faktörü

**P** = Aktif Güç (Watt)  
**Q** = Reaktif Güç (VAR)  
**S** = Zahiri Güç (VA)

$$S = \sqrt{(P)^2 + (Q)^2}$$

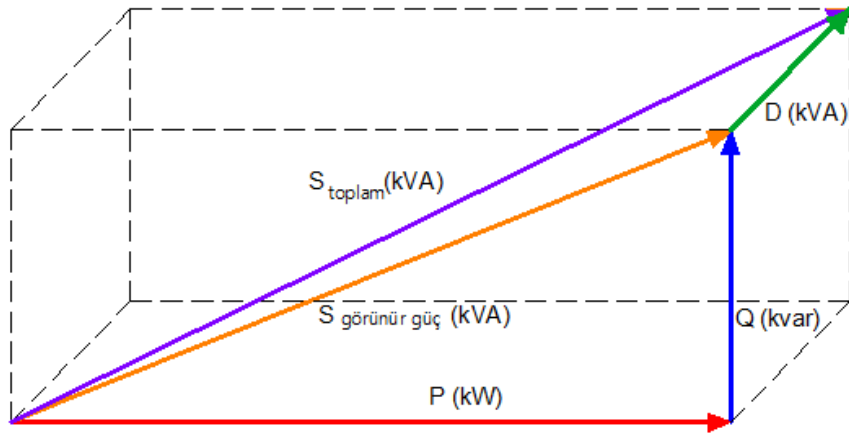
$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{(P)^2 + (Q)^2}} = \frac{P}{S}$$

**Cos  $\varphi$** ; akım ve gerilim dalgaları arasındaki faz kaymasıdır.  
Dolayısıyla harmoniklerin etkisi dikkate alınmaz.

$$\text{Güç Faktörü} = \frac{P}{\sqrt{(P)^2 + (Q)^2 + (D)^2}} = \frac{P}{S_{\text{Toplam}}}$$

**Güç faktörü**; Aktif Gücün (P), Görünür Güce (S) oranıdır.

Böylece harmoniklerin etkisi göz önünde bulundurulur.



# Harmonikli Ortamda **Kompanzasyon Panosu**

- Sistemdeki harmonik akımların varlığı, kondansatör arızaları ve kondansatör bankalarındaki ana şalterlerin atması gibi olumsuz etkilere yol açabilir.

$$X_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} \quad \& \quad I_c = \frac{U_c}{X_c} = 2 \cdot U_c \cdot \pi \cdot f \cdot C$$

$$2 \cdot U_c \cdot \pi \cdot f \uparrow \cdot C \Rightarrow I_c \uparrow$$

**C** = Kondansatör Sığası (Farad)

**X<sub>c</sub>** = Kondansatör Empedansı (Ohm)

**I<sub>c</sub>** = Kondansatör Akımı (Amper)

**U<sub>c</sub>** = Kondansatör Gerilimi (Volt)

- Bu, uygulanan gerilim temel frekansla birlikte daha **yüksek frekanslı bileşenler (harmonikler)** içeriyorsa, kapasitörden akan akımın harmonik frekansa paralel olarak artacağı anlamına gelir.
- Kondansatörler sistemdeki harmoniklerden en çok etkilenen elemanlardan biridir.
- **Harmonikler**; kondansatörlerin **sığasının düşmesine** ve **ömürlerinin kışalmasına** neden olur.

# Kompanzasyon ve Rezonans

- Tesisler, şebeke frekansına bağlı bir **endüktif reaktans ( $X_L$ )** sergileyen **transformatörler** ve **motorlar** gibi **endüktif yükler** içerir.
- Güç faktörü düzeltme sistemi **kapasitif reaktansa ( $X_C$ )** sahip **kapasitörler** içerir.
- Bunların her ikisi de ( $X_L$  ve  $X_C$ ) frekansın fonksiyonları olarak ifade edilir.
- Bu reaktif elemanlar, sistemin genel **rezonans frekansını** belirleyen sürekli bir salınım devresi oluşturur.

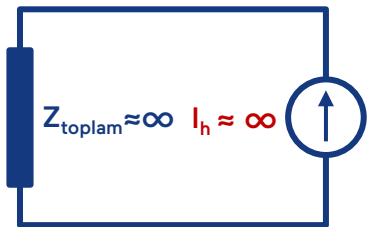
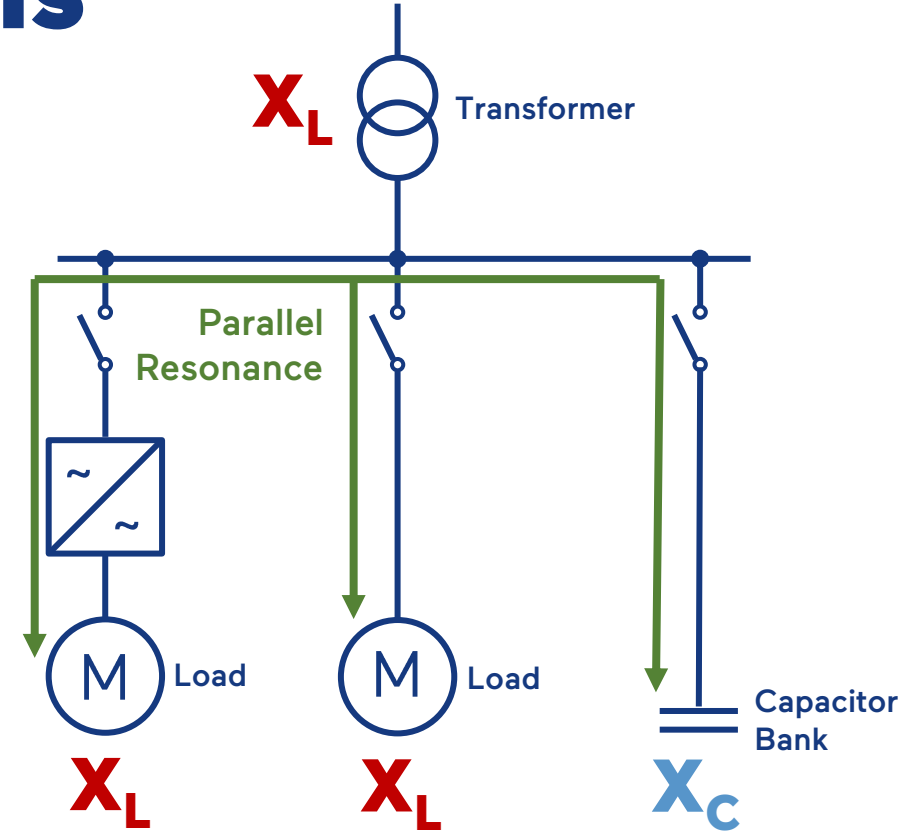
$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \qquad X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

$$X_L = X_C \rightarrow f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$f_0$  = Rezonans Frekansı

# Kompanzasyon ve Rezonans

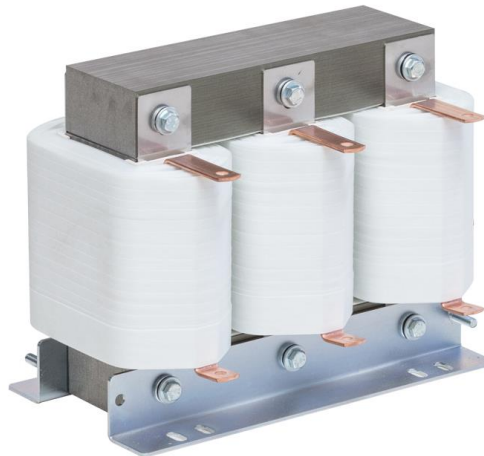
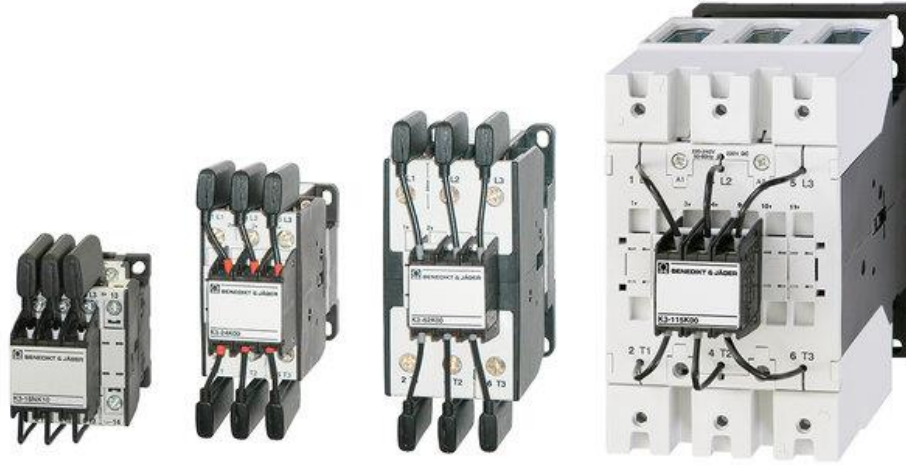
- Doğrusal olmayan yükler bağlandığında, **paralel rezonans** devreye girer.
- Yük tarafından üretilen **harmonikler**, güç faktörü düzeltme sistemi ve paralel dalları oluşturan doğrusal yüklerle birlikte bir **akım kaynağı** olarak temsil edilir.
- Kompanzasyon panosunun kondansatörü** ile tüm şebeke arasında herhangi bir harmonik değerinde **rezonans** meydana gelirse, toplam empedans son derece büyük olur.
- $I_h \approx \infty$  kompanzasyon panosunda veya transformatörde hasara yol açar.



- Sisteme doğrudan bağlı kondansatörlerle rezonans sırasında, **şebeke geriliminde sadece hafif bir artış** olurken, **kondansatör akımında önemli bir artış** olur.

$$v_0 = \sqrt{\frac{S_k}{Q}}$$

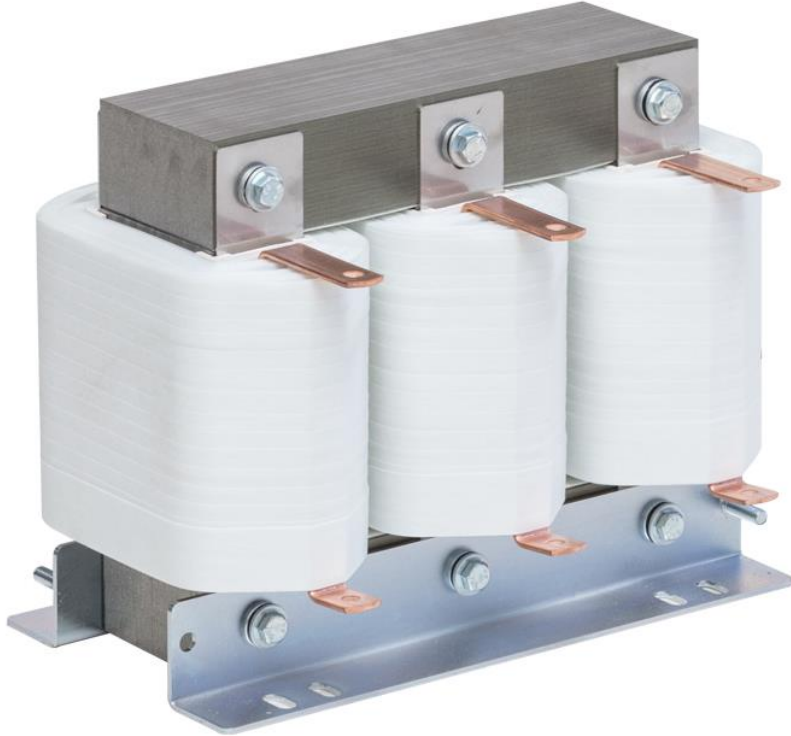
# Reaktif Güç Kompanzasyonu



# Reaktif Güç Kompanzasyonu

## De-tuned Reaktör

IEC 60076-6 Standardına uygun



- Çok düşük kayıp
- Bakır terminaller
- Daha yüksek lineerlik
- Sıcaklık koruması
- Daha uzun ömür

# Harmonikli Ortamda **Kompanzasyon Panosu**

De-tuned (Harmonik Filtre)

Reaktörlü



De-tuned (Harmonik Filtre)

Reaktörsüz



NH00 Sigorta

Kontaktör ya da Tristör

%7 ya da %14  
De-tuned Reaktörler

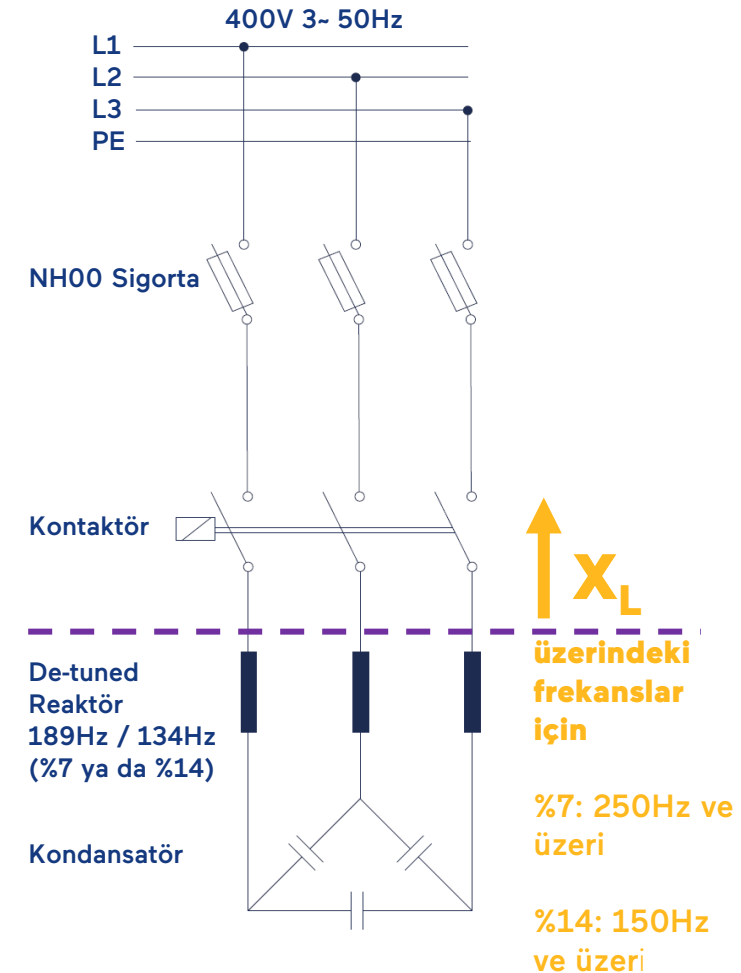
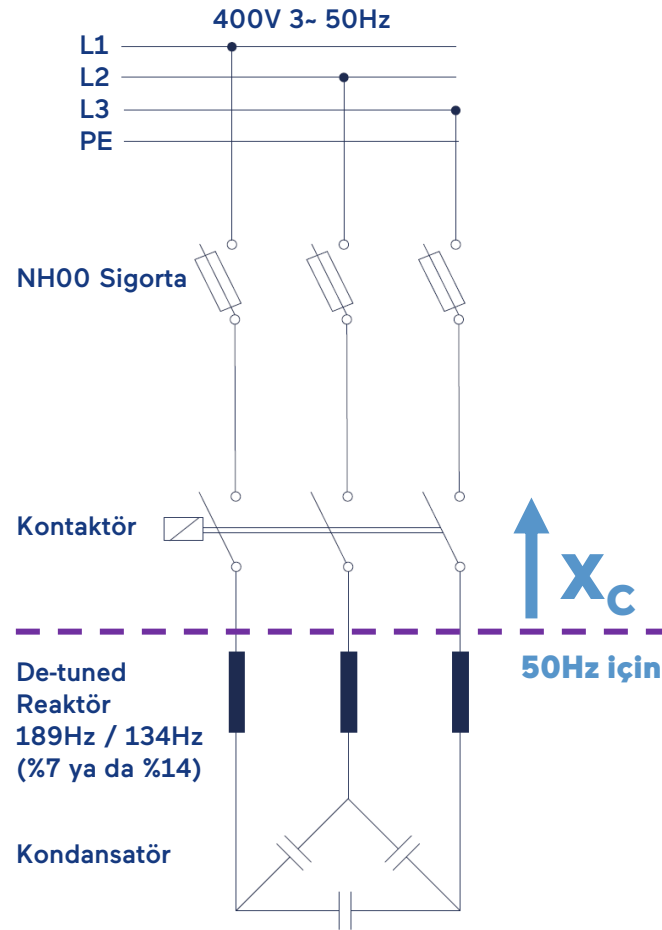
Kondansatörler

# Rezonansların Önlenmesi

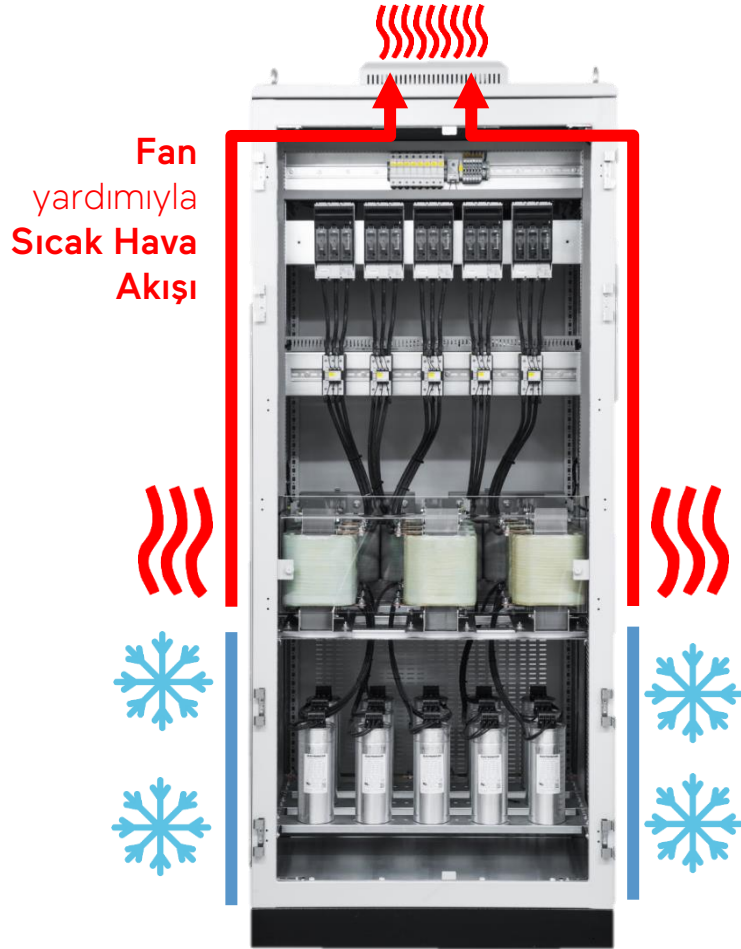
- Şebekede harmonikler mevcut olduğunda, güç faktörü düzeltme sistemi şebekeye karşı **kapasitif** görünür. Bu da harmoniklerin çoğalmasına ve rezonans olaylarına yol açar.

## İhtiyacımız olan şey;

- Kompanzasyon Panosunun kompanzasyon yapmak için **50Hz nominal frekansta kapasitif** olması
- Ancak rezonansın oluşmasını önlemek için **harmoniklerde şebekeye endüktif** olmalıdır.



# De-Tuned Kompanzasyon Panoları



## Kondansatör Seçimi

- Bu sistemde dikkat edilmesi gereken en önemli husus kondansatör terminallerindeki gerilimin hesaplanmasıdır. Kondansatör gerilimi reaktör faktörüne bağlı olarak **artar**, bu da **400V kondansatörlerin** detuned reaktörlü herhangi bir sistemde **kullanılamayacağı** anlamına gelir.

$$U_c = \frac{U_n}{1 - p}$$

$p$ : Reaktör Faktörü     $U_n$ : Nominal Gerilim     $U_c$ : Kondansatör Gerilimi

- Reaktör faktörü  **$p=7\%$**  ve **400V**'luk bir sisteme sahip de-tuned bir kompanzasyon panosu için, kondansatörün nominal gerilimi  $\pm 10\%$  gerilim değişim toleransını karşılamak için **480V** olmalıdır.
- Reaktör faktörü  **$p=14\%$**  ve **400V**'luk bir sisteme sahip de-tuned bir kompanzasyon panosu için, kondansatörün nominal gerilimi  $\pm 10\%$  gerilim değişim toleransını karşılamak için **525V** olmalıdır.

# Harmonikler

## Seri Pasif Filtre



## Hız Kontrol Cihazı



## Asenkron Motor

