

## Schneider Elektrik AG Kompanzasyon Çözümleri

# Endüstriyel Şebekelerde Harmonikler

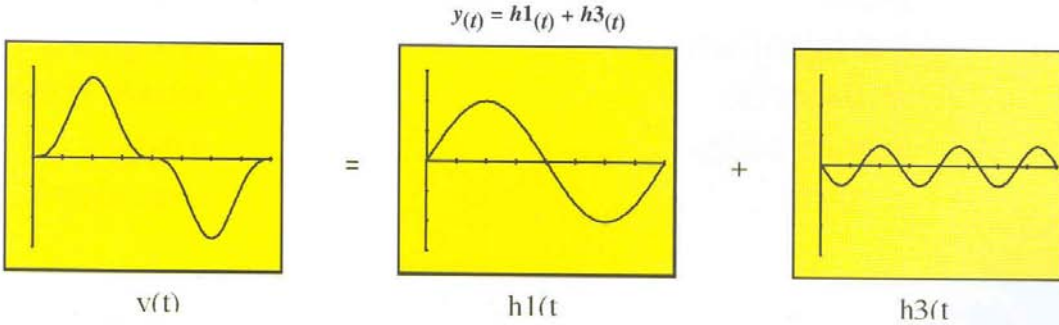
### Schneider Elektrik

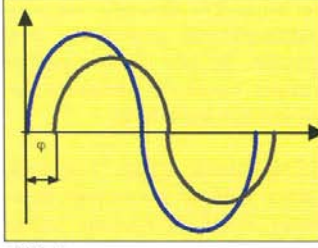
**G**ünümüzde endüstriyel sektörde güç elektroniği devreleri içeren elektrik cihazlarının kullanımı hızla artmaktadır. Lineer olmayan yükler olarak adlandırılan elektronik hız kontrol cihazları, ark fırınları, tristör kontrollü doğrultucular (redresörler), kaynak makineleri, statik konvertörler (UPS), flüoresan lambalar vb... cihazlar, harmonik üreterek gerilim ve akımın dalga şeklinin bozulmasına, elektrik şebekesinin kirlenmesine ve sistemde gereksiz açmalara sebep olurlar.

#### Harmonik dalga oluşumu

Herhangi bir dalga şekline sahip

**Örnek:** 3.Harmonik Oluşumu





Şekil -1

ler (UPS), flüoresan lambalar vb... cihazlar. (Bkz. Şekil-2)

### Harmonik Sıralama

Simetrik 3 fazlı güç sistemlerinde harmonikler genellikle tekli rakamlardan oluşur; 3, 5, 7, 9,...n. Bu rakamlar harmoniklerin sıralamasını belirler. Harmonik sıralama (n), bir harmonik dalganın frekansını belirleyen çarpandır. Harmonik bileşenlerin frekansları, temel harmonik frekansının katları şeklindedir.

**Örnek:** Temel harmonik frekansı 50 Hz olduğunda, harmonik sıralaması n:5 olan dalganın frekansı:  
 $5 \times 50 = 250 \text{ Hz.}'dir.$

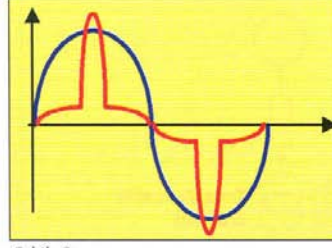
Harmoniklerde sıralama değeri yükseldikçe genlik değeri düşer.

### Harmoniklerin Etkileri

Sistemde harmoniklerin oluşmasıyla birlikte efektif akım değeri de artar.

$$IRMS = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_n^2}$$

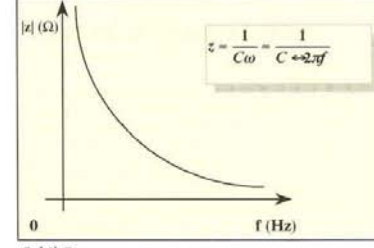
Artan akım ile birlikte sistemdeki kablolarda, transformatör sar-



Şekil -2

gılarında ve elektrik makinaları sargılarında ısınma gözlenir. Transformatörlerde efektif akım değeriyle değişen bakır kayıplarında ( $P_{Cu} = I_{eff}^2 \times R$ ) ve frekans değerine bağlı olarak değişen, Hysteresis ( $P_{hysteresis} = K' \times f$ ) ve Foucault ( $P_{foucault} = K \times f^2$ ) kayıplarının toplamından oluşan, demir kayıplarında artış görülür.

Elektrik makinalarında kayıpların artmasıyla birlikte çıkış değerlerinde düşme ve sonucunda verimlilikte azalma gözlenir. Sargıların ısınmasıyla birlikte aynı zamanda malzeme tahribata uğrar ve servis ömrü kısalmır.

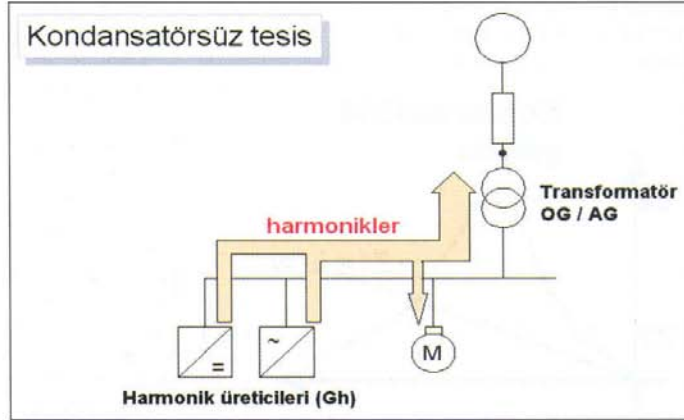


Şekil-3

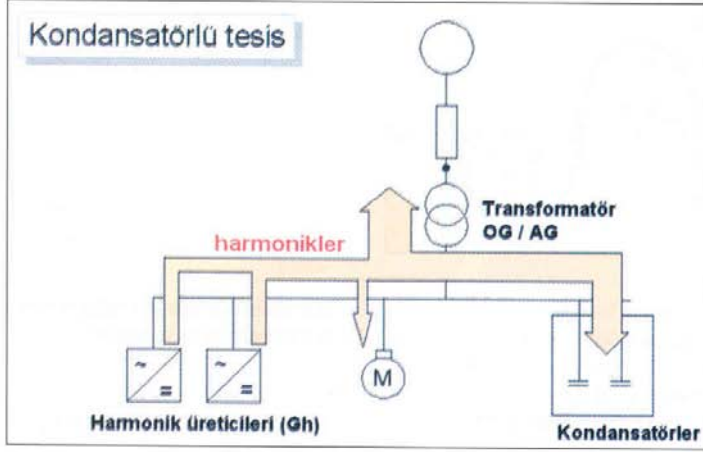
### Harmoniklerin kondansatörler üzerindeki etkileri

Kondansatörler şebekedeki harmoniklerden en çok etkilenen elemanlardır. Kondansatörün kapasitif direnci frekans arttıkça azalır. (Bkz. Şekil-3)

Pratikte bunun anlamı ise küçük bir harmonik gerilimin varlığı, kondansatörün büyük bir akım çekerek aşırı yüklenmesine ve sonucunda sistemde var olan harmoniklerin artmasına sebep olmasıdır. Oluşan yüksek akım, kondansatörlerin ısınmasına ve dielektrik kayıplara sebep olur ki sonuç olarak kompanzasyon



Şekil-4



Şekil-5

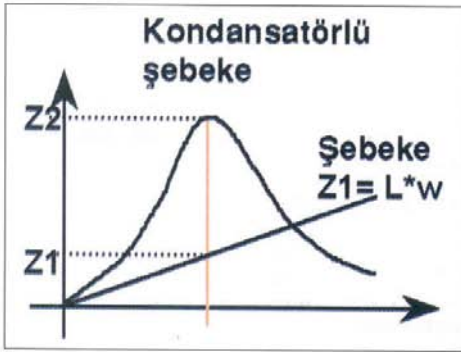
sisteminde hata oluşması kaçınılmazdır. Bu durumda harmoniklerin kondansatörler üzerine etkisi mutlaka gözönünde bulundurularak kompanzasyon sistemi tasarlanmalıdır.

Kondansatörlü ve kondansatörsüz sistem şemalarına bakacak olursak:

Harmonik içeren şebekede kompanzasyon öncesi harmonik üretici yüklerin oluşturduğu harmonik akımların çoğu, transformatör üzerine yönelir, az bir

kısmı ise yük seviyesinde belirir (Bkz Şekil-4 ). Şebekenin empedans – frekans değişimi lineer özelliktedir (Bkz. Şekil-6).

Kompanzasyon sisteminde yalnız kondansatörlerin kullanıldığı tesislerde ise kondansatörlerin direncinin düşük olması nedeniyle harmonik akımların çoğunluğu kondansatörler üzerine yönelir (Bkz. Şekil-5). Aşırı yüklenen kondansatörlerde ısınma, tahribat ve sonucunda yaşlanma kaçınılmazdır. Kondansatörler lineer yük olduklarından harmonik üretmezler ancak şebekede var olan harmoniklerin genliklerini artırır. Endüktif karakteristikteki şebekeye paralel bağlanan kondansatörler, paralel rezonansa sebep olurlar (Bkz. Şekil-6). Bu durumda rezonans frekansında empedans artışı görülür



Şekil-6

ve böylelikle sistemde var olan harmoniklerin genliğinde artış görülür. Şebeke tarafına genliği yüksek harmonik akımların iletilmesi söz konusudur.

Sonuç olarak içinde harmonik üreten yüklerin bulunduğu tesislerde kompanzasyonun yalnız standart kondansatörlerle yapılması, kondansatörlerde tahribat ve var olan harmoniklerin genliklerinde artış gibi istenmeyen ve sisteme oldukça zarar veren durumlara yol açmaktadır. Bu durumda harmoniklerin kondansatörler üzerine etkisi mutlaka gözönünde bulundurularak kompanzasyon sistemi tasarlanmalıdır.

### Harmonik İçeren Şebekelerde Schneider Elektrik Kompanzasyon Çözümleri

Harmoniklerin kondansatörler üzerindeki etkilerini dikkate alarak en uygun kompanzasyon ürün tiplerini şöyle sıralayabiliriz.

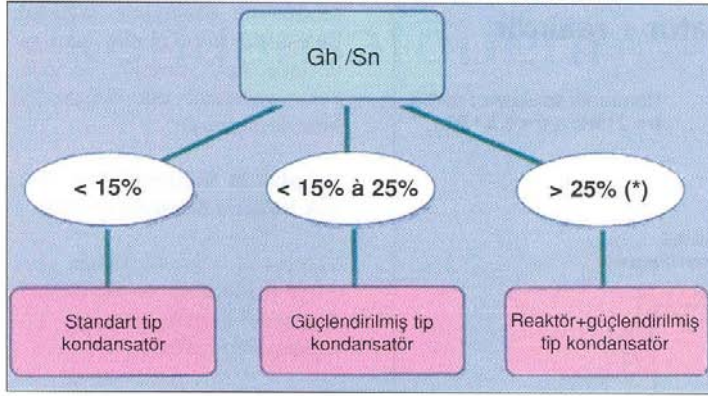
- \*Standart tip (400V)
  - \*Güçlendirilmiş tip (470V-525V)
  - \*Reaktörlü tip (Güçlendirilmiş tip kondansatörler ve reaktörler)
  - \*Pasif filtreler
- Şebekede harmonik bozulmanın derecesine göre çeşitli uygulamalar mevcuttur.

**Gh/Sn** oranı uygulama tipinin seçiminde kullanılır. (Bkz. Tablo-1)

**Gh:** Şebekedeki harmonik üreten yüklerin toplam görünen gücü (kVA)

**Sn:** Trafonun görünen gücü





Tablo-1

### Reaktörlü Tip Uygulamalar (Reaktör ve güçlendirilmiş tip kondansatörler)



VARPLUS M Kondansatör  
(470 V - 525 V)

+



Reaktör

$25 < Gh / Sn < 60$  olması durumunda, kondansatörleri harmoniklere karşı korumak, harmoniklerin artış riskini ortadan kaldırmak ve aynı zamanda kompanzasyonu sağlamak amacıyla bu tür uygulamaya ihtiyaç duyulur. Reaktörler rezonans frekansına ayarlıdır (ör: 215Hz,  $n=4.3$ ). Böylece rezonans frekanslı harmonik akımlar absorbe edilir. L-C seri devresiyle seri rezonans oluşturularak rezonans frekansındaki ve üzerindeki frekans değerlerinin oluşturduğu harmonik spektrumunda empedans artışı önlenir (Bkz. Şekil -

7). Şebekenin empedans - frekans eğrisi lineerliği korunur. Sonuçta empedans artışının sebep olduğu harmonik gerilimlerdeki genlik artışı engellenir. Böylece toplam harmonik bozulmada iyileşme sağlanır.

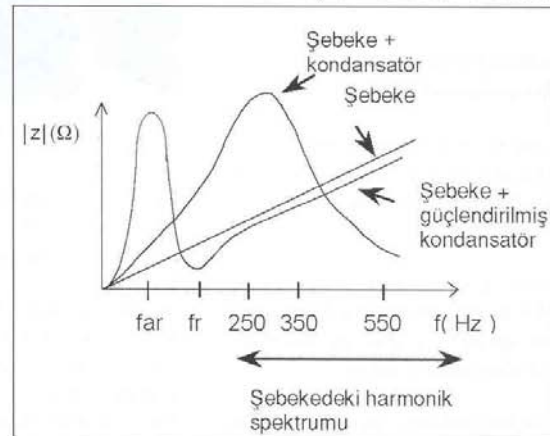
Güçlendirilmiş tiplerde, yalıtım kalınlığı artırılarak kondansatörlerin aşırı gerilim değerlerine dayanması sağlanır. Reaktörler her bir kondansatör kademesine seri olarak bağlanarak kondansatörlerin aşırı yüklenmesini önler.

Reaktörlü kompanzasyon uygulaması devre şeması ve harmonik akımlar Şekil-8'de gösterilmiştir.

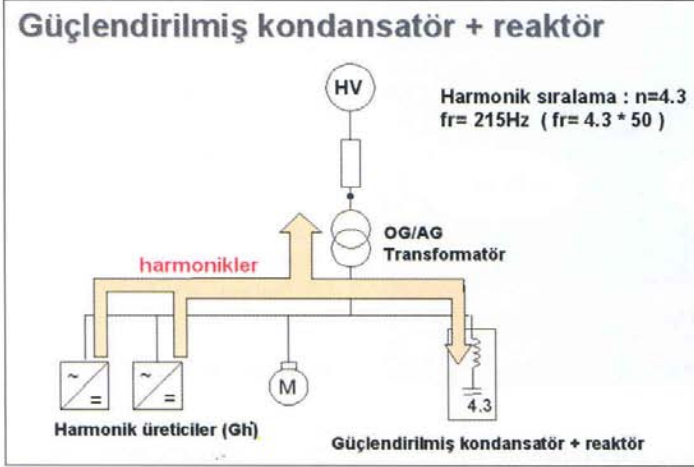
### Filtre uygulamaları

$Gh / Sn > 60$  olduğunda, sistemde nötr kablosunda ısınma, koruma cihazlarında gereksiz açmalar, elektronik kartlarda bozulmalar, uzaktan kumanda ve haberleşme sistemlerinde bozulmalar, titreşim ve normal olmayan gürültüler, kondansatörlerde veya transformatörlerde bozulmalar gibi mekanik arızalar saptanır. Bu durumda şebekedeki harmoniklerin tamamen yok edilmesi gerekir.

Bu amaçla Schneider Elektrik



Şekil-7



Şekil-8

çözümleri arasında pasif filtre, hibrid filtre ve aktif filtre çözümleri de yer almaktadır.

### Schneider Elektrik Kompanzasyon Ürünleri

Schneider Elektrik AG kompanzasyon ürünleri arasında VARPPLUS M kondansatör serisi ve VARLOGIC reaktif güç kontrol rölesi serisi yer almaktadır.

### VARPLUS M AG Kondansatörleri

Varplus M kondansatörleri az sayıda referans ile çok geniş sahalı ihtiyaçları karşılayabilmektedir.

230V'dan 690V'a kadar, 5kVAR'dan 100kVAR'a kadar geniş gerilim ve güç aralıklarında çalışma imkanı sunar.

Güçlendirilmiş performansı ile Varplus M serisi 2 model içerir:

- Varplus M1 ; 5kVAR'dan 15 kVAR'a
- Varplus M2 ; 50 ve 60 kVAR

### Modüler seri

Her 2 model de birbirleriyle tam uyumludur.



Varplus M1 Varplus M4

Farklı güç değerleri, Varplus M1 veya Varplus M4 kondansatörlerinin yalnız başına kullanılmasıyla, birkaç tane Varplus M1 kondansatörün birleştirilmesiyle ve bir Varplus M4 kondansatör ile bir veya birkaç tane Varplus M1 kondansatörün Varplus M1 Varplus M4 birleştirilmesiyle elde edilebilir.

Modülerlik özelliğinin sağladığı birleştirme konfigürasyonları sayesinde stok yönetimi ve gelecekte yapılacak güç değişimleri kolaylaştırılmıştır.

### Varplus M Serisinde HQ Yüksek Kaliteli Koruma Sistemi

Varplus M teknolojisi gaza veya sıvıya daldırmaya ihtiyaç duymadan kendi kendini onaran polipropilen film temeline dayanır.

Herbir kondansatör elemanının içine toplam güvenliği sağlayan HQ yüksek kaliteli koruma sistemi yerleştirilmiştir (Bkz. Şekil-9)

HQ koruma sistemi kondansatörün ömrünün sonunda karşılaşılan iki tip hataya karşı koruma sağlar. Yüksek akımlı hatalara karşı koruma, HRC kartuş sigortası ile yapılır.

Düşük akımlı hatalara karşı koruma ise aşırı basınç ayırma sistemi ve HRC sigortasının kombinasyonu sayesinde yapılır.

Kondansatör elemanının içinde herhangi bir sebeple meydana gelebilecek hata basıncı, izin verilen maksimum basınç değerinin çok altında sınırlanmıştır.

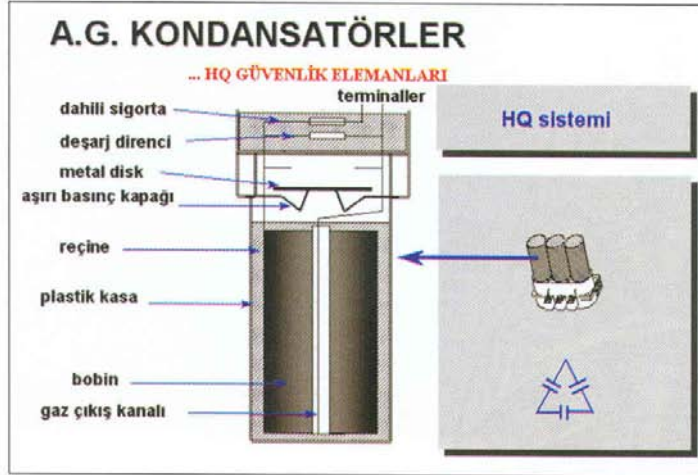
Varplus M kondansatörlerinin plastik kutusu çift elektriksel yalıtım sağlar.

Kullanılan plastik malzemeler hem mükemmel mekanik özelliklere hem de maksimum kendi kendini söndürme değerlerine (UL 94 5VA Sertifikası) sahiptir.

### VARLOGIC Reaktif Güç Kontrol Röleleri

Reaktif güç kontrol röleleri, otomatik kompanzasyon sistemlerinde reaktif güç ihtiyacına bağlı olarak kondansatörlerin devreye giriş çıkışlarını kontrol ve izleme amacıyla kullanılır.

Schneider Elektrik, 7 adet kademeye seçeneğiyle birçok uygulamada kullanılabilen reaktif güç kontrol röleleri Varlogic serisini



Şekil-9

geliştirmiştir.

Bu seri 3 modelden oluşur;

- Varlogic R6, 6 adet fiziksel kondansatör kademesinin izlenmesini sağlar.
- Varlogic R12, 12 adet fiziksel kondansatör kademesini sağlar
- Varlogic RC12, 12 adet kademeye imkanıyla kompleks uygulamaları karşılama imkanı sağlar.

Varlogic serisiyle pano veya DIN raya montaj, faz-faz veya faz-nötr bağlantı imkanı sunulmuştur. Akım trafosu ve faz dönüş polaritelerine otomatik olarak uyum sağlama, C/K oranının otomatik aranması, bağlantı hatalarının ikazı, detaylı kullanım kılavuzu özellikleri rölelerde işletim kolaylığı sağlar.

Varlogic R6 ve R12 ile 8 , Varlo-

gic RC12 ile 12 farklı alarm ve herbirinde 3 farklı uyarı saptanabilir ve gösterilir.

Varlogic R6 ve R12 röleleri otomatik frekans saptanması, güç faktörü ve devredeki kademelelerin gösterimi, alarm gösterimi, programlama ve işletim operasyonlarının görülmesi gibi gösterge, işletim ve programlama işlevlerini sunar.

Varlogic RC12 modeli ise bu işlevlere ek olarak ölçme modu sayesinde kondansatör bankası içindeki sıcaklık, her kademedeki kapasite kaybı, kondansatörlerin aşırı yüklenmesi (Irms/In), toplam gerilim harmonik bozulma (%), ve aşırı gerilim gibi değerlerin ölçümleri ve kontrol işlevlerini gerçekleştirir.

12. kademe çıkışı kullanılmaması durumunda, fan çıkışı olarak programlanabilir.