

# C1. Aktif harmonik filtre - rutin testler

## Standart Yaklaşımı

Aktif harmonik filtreler için ana çatı, ürünün pano/sistem yapısına göre kurulmalı:

Güç elektroniği güvenliği: IEC/EN 62477-1 - güç elektroniği dönüştürücü sistemleri ve ekipmanları için güvenlik standardı olarak kullanılabilir.

Pano/kabin olarak teslim ediliyorsa: IEC/EN 61439-1 ve uygun pano tipine göre IEC/EN 61439-2 dikkate alınmalı. IEC 61439-1, alçak gerilim anahtarlama ve kontrol düzeni panoları için genel tanımlar, servis koşulları, yapısal gerekler, teknik karakteristikler ve doğrulama kurallarını kapsar.

Harmonik ve güç kalitesi ölçümü: IEC 61000-4-7 harmonik/ara harmonik ölçüm metodu için, IEC 61000-4-30 güç kalitesi parametrelerinin ölçüm ve yorumlanması için kullanılmalı. IEC 61000-4-7, 50/60 Hz sistemlerde temel frekans üzerine binen spektral bileşenlerin ölçüm cihazı ve yöntemini kapsar; IEC 61000-4-30 ise AC güç sistemlerinde güç kalitesi ölçüm yöntemlerini tanımlar.

EMC bağışıklık/emisyon: Endüstriyel ortam için IEC 61000-6-2 bağışıklık, IEC 61000-6-4 emisyon; özel deneyler için IEC 61000-4 serisi kullanılmalı. IEC 61000-6-2 endüstriyel ortamlarda kullanılan elektrik/elektronik ekipman için EMC bağışıklık gereklerini kapsar.

## 1. Rutin Testler

1

### Görsel ve mekanik kontrol

Ana standart	IEC/EN 61439-1; IEC/EN 62477-1
Yapılış / metot standardı	Görsel kontrol, montaj, kablolama, komponent, tork ve etiket kontrolü
Aktif harmonik filtre için açıklama	Pano, güç modülleri, baralar, sigortalar, kontaktör/şalter, fanlar, filtre kartları, CT girişleri, HMI ve kontrol kartı yerleşimi kontrol edilir.

2

### Pano/kabin toprak sürekliliği

Ana standart	IEC/EN 61439-1; makine/pano uygulamasında IEC 60204-1 yardımcı
Yapılış / metot standardı	Düşük direnç PE süreklilik ölçümü
Aktif harmonik filtre için açıklama	Gövde, kapak, montaj plakası, fan gövdesi, ekran bağlantıları, PE barası ve kapı topraklaması kontrol edilir.

3

### İzolasyon direnci - güç devresi/gövde

Ana standart	IEC/EN 62477-1; IEC/EN 61439-1
Yapılış / metot standardı	İzolasyon direnci ölçümü; pratikte IEC 61557-2 yardımcı referans
Aktif harmonik filtre için açıklama	AC giriş, DC bara, IGBT/güç modülü çıkışları ve güç baraları ile gövde/PE arasında ölçülür. Elektronik kartların zarar görmemesi için üretici prosedürüne göre bağlantılar ayrılmalı veya uygun test seviyesi seçilmeli.

4

**İzolasyon direnci - kontrol devresi/gövde**

<b>Ana standart</b>	IEC/EN 62477-1; IEC/EN 61439-1
<b>Yapılış / metot standardı</b>	Üretici prosedürü; hassas elektronik devrelerde sınırlı gerilimle kontrol
<b>Aktif harmonik filtre için açıklama</b>	Kontrol devresi, yardımcı besleme, HMI, haberleşme ve düşük gerilim kartları ayrı değerlendirilir. Doğrudan yüksek megger gerilimi elektronik kartlara uygulanmamalı.

5

**Dielektrik dayanım / hipot**

<b>Ana standart</b>	IEC/EN 62477-1; IEC/EN 61439-1
<b>Yapılış / metot standardı</b>	AC/DC dayanım testi; üretici prosedürü
<b>Aktif harmonik filtre için açıklama</b>	Elektronik kartlar, SPD, EMI filtreleri ve güç modülleri zarar görmeyecek şekilde test konfigürasyonu belirlenmeli. Gerekirse kartlar ayrılarak güç devresi-gövde ana izolasyonu test edilir.

6

**Yardımcı besleme kontrolü**

<b>Ana standart</b>	IEC/EN 62477-1; IEC/EN 61439-1
<b>Yapılış / metot standardı</b>	Yardımcı AC/DC besleme gerilimi, SMPS çıkışları ve sigorta kontrolü
<b>Aktif harmonik filtre için açıklama</b>	24 V DC, 12 V DC, kontrol beslemesi, fan beslemesi ve kart beslemeleri ölçülür. Düşük/yüksek besleme alarmı varsa fonksiyon kontrolü yapılır.

7

**Fan ve soğutma sistemi testi**

<b>Ana standart</b>	IEC/EN 62477-1; IEC/EN 61439-1
<b>Yapılış / metot standardı</b>	Fan yönü, hava akışı, termostat/PWM fan kontrolü ve fan alarmı testi
<b>Aktif harmonik filtre için açıklama</b>	Güç elektroniğinde ısıl güvenilirlik kritik olduğu için fan yönü, hava kanalı, filtre tıkanıklığı, fan alarmı ve sıcaklık sensörü birlikte kontrol edilir. OMSAN sözlüğünde termal tasarımın uzun ömürlü ürün tasarımında belirleyici olduğu belirtiliyor.

8

**Akım trafosu yön/polarite kontrolü**

<b>Ana standart</b>	IEC/EN 62477-1; ölçüm tarafında IEC 61000-4-30 yardımcı
<b>Yapılış / metot standardı</b>	CT polarite testi, faz eşleştirme, yük yönü ve ölçüm doğrulaması
<b>Aktif harmonik filtre için açıklama</b>	Aktif harmonik filtrenin doğru çalışması için CT yönü kritiktir. CT ters bağlanırsa cihaz harmonik bastırmak yerine bozunumu artırabilir veya yanlış kompanzasyon yapabilir.

9

**Akım trafosu oran kontrolü**

<b>Ana standart</b>	IEC/EN 62477-1; müşteri şartnamesi
<b>Yapılış / metot standardı</b>	CT primer/sekonder oranı, parametre ve ölçüm karşılaştırması
<b>Aktif harmonik filtre için açıklama</b>	HMI'daki CT oranı, sahadaki CT etiketi ve test ölçümü uyumlu olmalı. 100/5, 300/5, 1000/5 gibi oranlar yanlış girilirse kompanzasyon akımı hatalı olur.

10

**Faz sırası ve gerilim algılama kontrolü**

<b>Ana standart</b>	IEC/EN 62477-1; IEC/EN 61439-1
<b>Yapılış / metot standardı</b>	L1-L2-L3 faz sırası, faz-nötr/faz-faz gerilim ölçümü
<b>Aktif harmonik filtre için açıklama</b>	Cihazın şebeke fazlarını doğru gördüğü ve faz sırasının doğru olduğu kontrol edilir.

11

**Ekran / HMI fonksiyon testi**

<b>Ana standart</b>	IEC/EN 62477-1
<b>Yapılış / metot standardı</b>	Menü, ölçüm ekranı, alarm geçmişi, parametre giriş-çıkış kontrolü
<b>Aktif harmonik filtre için açıklama</b>	THDi, THDv, akım, gerilim, güç faktörü, aktif/reaktif güç, cihaz durumu, alarm ve sıcaklık ekranları kontrol edilir.

12

**Haberleşme testi - RS485 / Modbus**

<b>Ana standart</b>	IEC/EN 62477-1; protokol için Modbus üretici dokümanı
<b>Yapılış / metot standardı</b>	Adres, baudrate, parity, register okuma-yazma testi
<b>Aktif harmonik filtre için açıklama</b>	Modbus RTU varsa RS485 A/B polaritesi, adres ve haberleşme stabilitesi kontrol edilir.

13

**Haberleşme testi - Ethernet / Modbus TCP varsa**

<b>Ana standart</b>	IEC/EN 62477-1; sistem ağı için müşteri şartnamesi
<b>Yapılış / metot standardı</b>	IP adresi, port, register erişimi, uzaktan izleme testi
<b>Aktif harmonik filtre için açıklama</b>	Ethernet bağlantısı, IP ayarı, web arayüzü veya SCADA register okumaları kontrol edilir.

14

**Harmonik algılama testi**

<b>Ana standart</b>	IEC 61000-4-7; IEC 61000-4-30
<b>Yapılış / metot standardı</b>	Harmonik üreten yük veya test sinyaliyle 2.-50. harmonik ölçüm doğrulaması
<b>Aktif harmonik filtre için açıklama</b>	Cihazın harmonik spektrumu doğru algıladığı doğrulanır. Ölçüm cihazı IEC 61000-4-7'ye uygun olmalı; güç kalitesi parametreleri IEC 61000-4-30 yaklaşımıyla raporlanmalı.

15

**Kompanzasyon akımı enjeksiyon fonksiyon testi**

<b>Ana standart</b>	IEC/EN 62477-1; performans için IEC 61000-4-7 / 4-30
<b>Yapılış / metot standardı</b>	Non-lineer yük altında cihaz devrede/devre dışı THDi ve harmonik akım karşılaştırması
<b>Aktif harmonik filtre için açıklama</b>	Aktif filtrenin ters fazlı akım enjekte ederek harmonik akımı azalttığı görülür. Bu, ürünün ana fonksiyon testidir.

16

**Reaktif güç destek fonksiyonu - varsa**

Ana standart	IEC/EN 62477-1; güç kalitesi ölçümü için IEC 61000-4-30
Yapılış / metot standardı	Cosφ, Q, kompanzasyon modu ve hedef güç faktörü kontrolü
Aktif harmonik filtre için açıklama	Cihaz reaktif güç desteği veriyorsa hedef cosφ, kapasitif/endüktif mod ve sınır değerler doğrulanır.

17

**Alarm ve hata kontakları testi**

Ana standart	IEC/EN 62477-1; IEC/EN 61439-1
Yapılış / metot standardı	Dijital çıkış, röle kontağı, alarm simülasyonu
Aktif harmonik filtre için açıklama	Genel arıza, çalışıyor, fan arızası, aşırı sıcaklık, aşırı akım, düşük/yüksek gerilim gibi kontaklar test edilir.

18

**Aşırı sıcaklık simülasyonu**

Ana standart	IEC/EN 62477-1
Yapılış / metot standardı	Sensör simülasyonu, sıcaklık set değeri veya yazılım test modu
Aktif harmonik filtre için açıklama	Aşırı sıcaklık alarmı, derating, trip ve fan hız kontrolü doğrulanır.

19

**Fan arıza simülasyonu**

Ana standart	IEC/EN 62477-1
Yapılış / metot standardı	Fan durdurma, tach sinyali kesme veya alarm giriş simülasyonu
Aktif harmonik filtre için açıklama	Fan arızasında alarm, çıkış sınırlama veya trip davranışı doğrulanır.

20

**Aşırı yük / akım sınırlama kontrolü**

Ana standart	IEC/EN 62477-1
Yapılış / metot standardı	Test yükü veya yazılım simülasyonu ile limit kontrolü
Aktif harmonik filtre için açıklama	Cihazın nominal kompanzasyon akımını aşan durumda güvenli sınırlama, alarm veya trip verdiği doğrulanır.

21

**Parametre kayıt kontrolü**

Ana standart	IEC/EN 62477-1
Yapılış / metot standardı	Enerji kesme/açma sonrası parametrelerin korunması
Aktif harmonik filtre için açıklama	CT oranı, çalışma modu, hedef cosφ, harmonik seçimi, alarm limitleri ve haberleşme ayarları enerjiden sonra korunmalı.

22

**Fabrika ayarı kontrolü**

<b>Ana standart</b>	IEC/EN 62477-1; müşteri şartnamesi
<b>Yapılış / metot standardı</b>	Parametre listesi, yazılım versiyonu, seri no ve default ayar karşılaştırması
<b>Aktif harmonik filtre için açıklama</b>	Sevk öncesi cihazın doğru yazılım/firmware, doğru güç sınıfı ve doğru fabrika parametreleriyle çıktığı raporlanmalı.

23

**Koruma elemanı kontrolü**

<b>Ana standart</b>	IEC/EN 61439-1; IEC/EN 62477-1
<b>Yapılış / metot standardı</b>	Sigorta, MCB/MCCB, SPD, kontaktör, ön şarj devresi kontrolü
<b>Aktif harmonik filtre için açıklama</b>	Pano içi koruma elemanları, seçicilik ve kısa devre dayanım bilgileri teknik dosyayla uyumlu olmalı.

24

**Etiket ve uyarı kontrolü**

<b>Ana standart</b>	IEC/EN 61439-1; IEC/EN 62477-1
<b>Yapılış / metot standardı</b>	Etiket, terminal işareti, uyarı etiketi ve bağlantı şeması kontrolü
<b>Aktif harmonik filtre için açıklama</b>	Gerilim, akım, faz, frekans, kompanzasyon akımı, bağlantı tipi, IP, seri no, CE, uyarılar ve CT bağlantı şeması kontrol edilir.

**2. Opsiyonel / Özel Testler**

1

**THDi azaltma performans testi**

<b>Ana standart</b>	IEC 61000-4-7; IEC 61000-4-30
<b>Yapılış / metot standardı</b>	Non-lineer yük altında AHF devre dışı/devrede THDi karşılaştırması
<b>Ne zaman önerilir?</b>	Ürünün satış iddiasını en iyi gösteren testtir. Test raporunda başlangıç THDi, filtre sonrası THDi, yük seviyesi, baskın harmonikler ve cihaz kompanzasyon akımı yazılmalı.

2

**2.-50. harmonik bastırma doğrulaması**

<b>Ana standart</b>	IEC 61000-4-7
<b>Yapılış / metot standardı</b>	Harmonik spektrum ölçümü; bireysel harmonik yüzdeleri ve RMS değerleri
<b>Ne zaman önerilir?</b>	Sayfada 2.-50. harmonik bastırma iddiası varsa, raporda en azından seçili harmonikler veya tam spektrum gösterilebilir.

3

**Reaktif güç kompanzasyon testi**

<b>Ana standart</b>	IEC 61000-4-30
<b>Yapılış / metot standardı</b>	Hedef $\cos\phi$ veya Q set değeri ile ölçüm
<b>Ne zaman önerilir?</b>	Cihaz hem harmonik hem reaktif güç kompanzasyonu yapıyorsa, harmonik azaltmadan ayrı rapor satırı olmalı.

4

**Dinamik yük deęiřimi cevap süresi testi**

Ana standart	IEC/EN 62477-1; ölçüm için IEC 61000-4-30 yardımcı
Yapılış / metot standardı	Ani yük deęiřiminde osiloskop/güç analizörüyle tepki süresi ölçümü
Ne zaman önerilir?	Kaynak makineleri, asansör, vinç, pres, sürücü grupları gibi hızlı değişen yüklerde önerilir.

5

**EFT/burst bağışıklık testi**

Ana standart	IEC 61000-4-4; genel bağışıklık için IEC 61000-6-2
Yapılış / metot standardı	Güç, kontrol ve haberleşme portlarına EFT/burst uygulanması
Ne zaman önerilir?	Endüstriyel pano ortamında hızlı anahtarlama darbelerine karşı dayanım için önerilir.

6

**Surge bağışıklık testi**

Ana standart	IEC 61000-4-5; genel bağışıklık için IEC 61000-6-2
Yapılış / metot standardı	AC besleme ve uygun portlara surge uygulanması
Ne zaman önerilir?	Şebeke darbeleri, yıldırım kaynaklı transientler ve saha dayanımı için önerilir.

7

**ESD bağışıklık testi**

Ana standart	IEC 61000-4-2; genel bağışıklık için IEC 61000-6-2
Yapılış / metot standardı	HMI, kapı, metal yüzey ve kullanıcı erişimli noktalara ESD testi
Ne zaman önerilir?	Operatörün HMI/pano kapağına müdahale ettiği uygulamalarda önemlidir.

8

**Conducted immunity / RF bağışıklık**

Ana standart	IEC 61000-4-6; IEC 61000-6-2
Yapılış / metot standardı	Kablo portlarına RF conducted immunity testi
Ne zaman önerilir?	Haberleşme, CT kabloları ve uzun kontrol kabloları olan panolarda önerilir.

9

**Radiated immunity**

Ana standart	IEC 61000-4-3; IEC 61000-6-2
Yapılış / metot standardı	Elektromanyetik alan altında fonksiyon kontrolü
Ne zaman önerilir?	Yoğun endüstriyel EMC ortamlarında önerilir.

10

**Conducted emission testi**

Ana standart	IEC 61000-6-4; ürün/pano şartnamesine göre CISPR 11/32 yardımcı
Yapılış / metot standardı	Besleme portunda iletilen emisyon ölçümü
Ne zaman önerilir?	Aktif harmonik filtre güç elektroniği içerdiği için şebekeye verdiği iletilen emisyon değerlendirilmelidir.

11

**Radiated emission testi**

Ana standart	IEC 61000-6-4; CISPR 11/32 yardımcı
Yapılış / metot standardı	Pano çevresinde yayılan emisyon ölçümü
Ne zaman önerilir?	CE/EMC dosyası, ihracat veya kritik tesis şartnamesi varsa önerilir.

12

**Isıl denge testi**

Ana standart	IEC/EN 62477-1; IEC/EN 61439-1
Yapılış / metot standardı	Nominal kompanzasyon akımında sıcaklık kararlı hale gelene kadar çalışma
Ne zaman önerilir?	Sürekli yüksek kompanzasyon akımı, sıcak pano odası, IP yüksek kabin veya fanlı tasarımda önerilir.

13

**Harmonik spektrum raporu**

Ana standart	IEC 61000-4-7; IEC 61000-4-30
Yapılış / metot standardı	AHF öncesi/sonrası THDi, THDv, bireysel harmonikler ve RMS değerleri
Ne zaman önerilir?	Devreye alma veya müşteri kabul testi için çok güçlü bir dokümandır.

14

**Sahaya özel simülasyon testi**

Ana standart	IEC 61000-4-7 / 4-30; IEC/EN 62477-1
Yapılış / metot standardı	Müşteri yük profili, CT oranı, trafo gücü ve harmonik analiz raporuna göre laboratuvar simülasyonu
Ne zaman önerilir?	Kritik tesislerde, yük profili biliniyorsa sevk öncesi kabul testi olarak önerilir.

15

**Uzaktan izleme / SCADA entegrasyon testi**

Ana standart	IEC/EN 62477-1; müşteri haberleşme şartnamesi
Yapılış / metot standardı	Modbus register listesi, alarm izleme, start/stop ve parametre okuma testi
Ne zaman önerilir?	Enerji izleme sistemiyle birlikte teslim edilecek projelerde önerilir.

16

**Kısa süreli aşırı yük testi**

Ana standart	IEC/EN 62477-1; müşteri şartnamesi
Yapılış / metot standardı	Belirli süre ve akım seviyesinde kompanzasyon akımı sınır testi
Ne zaman önerilir?	Cihazın aşırı yük koruması ve derating davranışı doğrulanır.

17

**IP testi - kabinli ürünlerde**

Ana standart	IEC/EN 60529
Yapılış / metot standardı	IP koduna göre toz/su ve tehlikeli bölümlere erişim testi
Ne zaman önerilir?	IP31, IP42, IP54 gibi kabin beyanı varsa uygulanır.

**Termal kamera testi**

<b>Ana standart</b>	IEC/EN 62477-1 termal güvenlik yaklaşımı
<b>Yapılış / metot standardı</b>	Nominal veya yüksek kompanzasyon akımında IR termografi
<b>Ne zaman önerilir?</b>	IGBT modülleri, DC bara, fan bölgesi, reaktör/filtre, sigorta, kontaktör, klemens ve bara bağlantılarında sıcak nokta aranır.

**3. Test Raporuna Eklenmesi İyi Olacak Satırlar**

<b>Rapor satırı</b>	<b>Önerilen içerik</b>
Ürün tipi	Aktif harmonik filtre
Nominal değerler	Gerilim, frekans, faz, kompanzasyon akımı, pano IP sınıfı
Ana standart yaklaşımı	IEC/EN 62477-1, IEC/EN 61439-1/2, IEC 61000-4-7, IEC 61000-4-30, IEC 61000-6-2/6-4
Toprak sürekliliği	Pano gövdesi, kapı, PE barası, ekran bağlantıları
İzolasyon / dielektrik	Güç devresi-gövde, kontrol devresi-gövde; elektronik kart koruma notu
CT kontrolü	CT oranı, yönü, polaritesi, faz eşleştirmesi
HMI / haberleşme	HMI fonksiyonu, RS485/Modbus/Ethernet test sonucu
Harmonik algılama	Algılanan THDi, THDv, bireysel harmonikler
Kompanzasyon fonksiyonu	Enjekte edilen akım, cihaz modu, hedef harmonikler
THDi performansı	Filtre öncesi / sonrası THDi ve yük seviyesi
Reaktif güç desteği	Varsa hedef $\cos\phi$ , ölçülen $\cos\phi$ , Q değeri
Koruma fonksiyonları	Fan arızası, aşırı sıcaklık, aşırı yük, düşük/yüksek gerilim alarmı
Parametreler	Firmware, fabrika ayarları, CT oranı, haberleşme ayarları
EMC testleri	EFT/burst, surge, ESD, conducted/radiated emission, immunity
Isıl testler	Isıl denge, fan testi, termal kamera sonucu