

# B4. Sinüs filtreler - rutin testler

## Standart Yaklaşımı

Sinüs filtreler tek başına "trafo" değil, çoğu zaman reaktör + kondansatör + bağlantı/koruma elemanlarından oluşan sürücü çıkış filtresi olduğu için ana çatı şu şekilde kurulmalı:

Reaktör kısmı: IEC/EN 60076-6 - Reactors. Bu standart seri reaktörler, filtre/tuning reaktörleri, smoothing reaktörler ve benzeri reaktör tiplerini kapsar.

Küçük AG reaktör güvenliği: IEC/EN 61558-1 ve uygun olduğunda IEC/EN 61558-2-20.

Sürücüyle birlikte sistem doğrulaması: IEC 61800-3 EMC gerekleri ve test metotları; IEC 61800-5-1 ise sürücü sistemlerinde elektriksel, termal, yangın, mekanik ve enerji güvenliği gerekleri için kullanılır.

Harmonik / THD / güç kalitesi ölçümleri: IEC 61000-4-7 harmonik ve ara harmonik ölçümü için; IEC 61000-4-30 güç kalitesi ölçüm yöntemleri için kullanılır.

## 1. Rutin Testler

1

### Reaktör sargı direnci

Ana standart	IEC/EN 60076-6; küçük AG reaktörde IEC/EN 61558-1 / 61558-2-20
Yapılış / metot standardı	DC direnç ölçümü; üretici rutin test prosedürü
Sinüs filtre için açıklama	Her faz sargısı ayrı ölçülür. Fazlar arası direnç farkı; yanlış sarım, temas direnci, bağlantı gevşekliği veya iletken kesiti farkı açısından değerlendirilir.

2

### Endüktans ölçümü

Ana standart	IEC/EN 60076-6
Yapılış / metot standardı	LCR metre, AC test düzeneği veya güç analizörü ile ölçüm
Sinüs filtre için açıklama	Sinüs filtrenin temel parametresidir. Endüktans değeri, kondansatör grubu ile birlikte kesme frekansını ve PWM bastırma performansını belirler.

3

### Faz bazlı endüktans dengesi

Ana standart	IEC/EN 60076-6
Yapılış / metot standardı	Aynı frekans ve test koşulunda L1-L2-L3 ölçümü
Sinüs filtre için açıklama	Üç fazlı sinüs filtrede faz endüktansları dengeli olmalıdır. Faz farkı, motor faz gerilimlerinde dengesizlik ve ek ısınma oluşturabilir.

4

### Kapasitör grubu varsa kapasite ölçümü

Ana standart	Kondansatör için IEC 60831-1; sistem filtresi için IEC 61800-3 yardımcı
Yapılış / metot standardı	Kapasitans metre veya uygun AC ölçüm metodu
Sinüs filtre için açıklama	LC filtrenin kesme frekansı kapasitör değerine doğrudan bağlıdır. Her fazın kapasite değeri ve toleransı ayrı raporlanmalı.

5

**Kapasitör faz dengesi**

<b>Ana standart</b>	IEC 60831-1; müşteri şartnamesi
<b>Yapılış / metot standardı</b>	Her faz kapasitesinin karşılaştırılması
<b>Sinüs filtre için açıklama</b>	Fazlar arası C farkı, çıkış dalga formu ve faz gerilimi dengesini bozabilir. Özellikle üç faz motor beslemesinde önemlidir.

6

**LC bağlantı doğrulaması**

<b>Ana standart</b>	IEC/EN 60076-6; IEC 61800-5-1 sistem güvenliği yaklaşımı
<b>Yapılış / metot standardı</b>	Bağlantı şeması, süreklilik, klemens ve komponent yön kontrolü
<b>Sinüs filtre için açıklama</b>	Reaktör ve kapasitörlerin doğru faza ve doğru sıraya bağlandığı kontrol edilir. Yanlış LC bağlantısı rezonans, aşırı akım veya sürücü arızası riski oluşturabilir.

7

**Kesme frekansı / tasarım frekansı doğrulaması**

<b>Ana standart</b>	IEC/EN 60076-6; IEC 61800-3 yardımcı
<b>Yapılış / metot standardı</b>	Ölçülen L ve C üzerinden hesap; gerekirse frekans cevabı testi
<b>Sinüs filtre için açıklama</b>	Sinüs filtrede yalnız L ve C ölçmek yetmez; bu değerlerden hesaplanan kesme/tasarım frekansı da rapora yazılmalı. Kesme frekansı, sürücü anahtarlama frekansı ile uyumlu seçilmelidir.

8

**Rezonans riski kontrolü**

<b>Ana standart</b>	IEC/EN 60076-6; sistem tarafında IEC 61800-3
<b>Yapılış / metot standardı</b>	LC hesap kontrolü, sürücü anahtarlama frekansı ve motor kablo uzunluğu değerlendirmesi
<b>Sinüs filtre için açıklama</b>	OMSAN teknik dokümanında LCL filtrelerde rezonans riskinin tasarımda dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir.

9

**İzolasyon direnci**

<b>Ana standart</b>	IEC/EN 60076-6; IEC/EN 61558-1 / 61558-2-20
<b>Yapılış / metot standardı</b>	İzolasyon direnci ölçümü; pratik ölçümde IEC 61557-2 yardımcı referans
<b>Sinüs filtre için açıklama</b>	Sargı-gövde, faz-faz ve kapasitör devresi-gövde izolasyonu tasarıma göre ölçülür. PWM çıkışta yüksek dv/dt olduğu için izolasyon kalitesi kritik olmalı.

10

**Dielektrik dayanım / hipot**

<b>Ana standart</b>	IEC/EN 60076-6; IEC/EN 61558-1; sürücü sistemi için IEC 61800-5-1 yardımcı
<b>Yapılış / metot standardı</b>	AC dayanım testi; ürün gerilimi ve müşteri şartnamesine göre test seviyesi
<b>Sinüs filtre için açıklama</b>	Reaktör sargısı-gövde, faz-faz ve kapasitör devresi-gövde ana izolasyonu doğrulanır.

11

**Sarım katları arası izolasyon kontrolü**

Ana standart	IEC/EN 60076-6; üretici prosedürü
Yapılış / metot standardı	Surge winding test, endüklenmiş gerilim veya özel impuls kontrolü
Sinüs filtre için açıklama	Sürücü çıkışında hızlı gerilim cepheleri bulunduğu için katlar arası izolasyon, klasik 50 Hz uygulamaya göre daha kritik değerlendirilmelidir.

12

**Faz dengesi**

Ana standart	IEC/EN 60076-6; IEC 61800-3 sistem yaklaşımı
Yapılış / metot standardı	R, L, C ve gerekirse çıkış gerilimi faz bazlı karşılaştırma
Sinüs filtre için açıklama	Sinüs filtrede faz dengesi yalnız dirençle değil, L ve C değerleriyle birlikte kontrol edilmeli.

13

**Kayıp ölçümü**

Ana standart	IEC/EN 60076-6
Yapılış / metot standardı	DC dirençten $I^2R$ hesabı; AC/PWM yükte toplam kayıp ölçümü
Sinüs filtre için açıklama	Reaktör bakır kaybı, nüve kaybı ve kapasitör kayıpları termal tasarımı belirler. OMSAN sözlüğünde toplam kayıp; bakır, nüve ve dağılım kayıplarının toplamı olarak açıklanmış.

14

**Fan fonksiyon testi - varsa**

Ana standart	IEC/EN 60076-6; IEC 61800-5-1 sistem güvenliği yardımcı
Yapılış / metot standardı	Fan yönü, besleme, devreye girme ve alarm kontrolü
Sinüs filtre için açıklama	Fanlı filtrelerde hava akışı, filtre ömrü ve sıcaklık artışı için kritiktir.

15

**Termik sensör / termostat fonksiyon testi - varsa**

Ana standart	IEC/EN 60076-6; IEC/EN 61558-1
Yapılış / metot standardı	PTC/PT100/termostat süreklilik, direnç veya kontak testi
Sinüs filtre için açıklama	Sensör uçları, alarm/trip kontağı ve klemens numaraları kontrol edilir.

16

**Klemens kontrolü**

Ana standart	IEC/EN 60076-6; IEC 61800-5-1 yardımcı
Yapılış / metot standardı	Klemens işaretleme, tork, süreklilik ve izolasyon mesafesi kontrolü
Sinüs filtre için açıklama	Sürücü girişi, motor çıkışı, PE, ekran, fan ve termik uçlar net ayrılmalı.

17

**Bağlantı şeması kontrolü**

Ana standart	IEC/EN 60076-6; IEC 61800-5-1
Yapılış / metot standardı	Etiket, bağlantı şeması ve üretim bağlantısı çapraz kontrolü
Sinüs filtre için açıklama	LC yapısı, faz sırası, PE bağlantısı, kapasitör bağlantısı ve varsa deşarj direnci şemayla uyumlu olmalı.

18

**Gövde-toprak / PE sürekliliği**

Ana standart	IEC/EN 61558-1; pano/makine uygulamasında IEC 60204-1 yardımcı
Yapılış / metot standardı	Düşük direnç süreklilik ölçümü
Sinüs filtre için açıklama	Gövde, kapak, montaj ayağı, ekran bağlantısı ve PE terminali arasında süreklilik kontrol edilir.

19

**Mekanik sıkılık ve titreşim göz kontrolü**

Ana standart	IEC/EN 60076-6; sayısal test gerekirse IEC 60076-10 / IEC 60068-2-6
Yapılış / metot standardı	Görsel kontrol, tork kontrolü, nüve/sargı/kapasitör sabitleme kontrolü
Sinüs filtre için açıklama	PWM kaynaklı elektromanyetik kuvvetler ve harmonik bileşenler mekanik titreşim oluşturabilir. OMSAN dokümanında sargı simetrisi, mekanik sabitleme, düşük temas direnci, gürültü ve titreşim kontrolü üretimde dikkat edilmesi gereken hususlar arasında verilmiş.

20

**Etiket kontrolü**

Ana standart	IEC/EN 60076-6; IEC 61800-5-1 sistem yaklaşımı
Yapılış / metot standardı	Etiket, teknik föy ve test raporu çapraz kontrolü
Sinüs filtre için açıklama	Akım, gerilim, frekans, endüktans, kapasite, kesme frekansı, sürücü anahtarlama frekansı aralığı, motor kablo uzunluğu, izolasyon sınıfı ve bağlantı bilgileri kontrol edilir.

**2. Opsiyonel / Özel Testler**

1

**Sürücü ile dalga formu testi**

Ana standart	IEC 61800-3; IEC 61800-5-1; reaktör için IEC/EN 60076-6
Yapılış / metot standardı	Gerçek sürücü + filtre + motor/eşdeğer yük ile osiloskop ölçümü
Ne zaman önerilir?	Sinüs filtrenin asıl performans testidir. Reaktörlü/reaktörsüz veya filtreli/filtresiz çıkış dalga formu karşılaştırılır.

2

**THD çıkış gerilimi ölçümü**

Ana standart	IEC 61000-4-7; IEC 61000-4-30
Yapılış / metot standardı	Güç analizörü ile motor uçlarında THDv, harmonik bileşenler ve RMS gerilim ölçümü
Ne zaman önerilir?	Sinüs filtre "sinüzoidal forma yaklaştırma" iddiası taşıdığı için en güçlü rapor satırlarından biridir. IEC 61000-4-7 harmonik/ara harmonik ölçüm cihaz ve metodunu, IEC 61000-4-30 ise güç kalitesi ölçüm yöntemlerini verir.

3

**dv/dt ölçümü**

Ana standart	IEC 61800-3; IEC 61800-5-1
Yapılış / metot standardı	Osiloskop ve uygun yüksek gerilim/diferansiyel prob ile sürücü çıkışı ve motor ucu ölçümü
Ne zaman önerilir?	Motor izolasyon stresini göstermek için çok değerlidir. OMSAN sözlüğünde dv/dt'nin PWM çıkışlı sürücülerde motor sargıları ve kablo izolasyonu için zorlayıcı olabileceği belirtilmiştir.

4

**Motor kablo uzunluğu simülasyonu**

Ana standart	IEC 61800-3; IEC 61800-5-1
Yapılış / metot standardı	Belirli kablo uzunluğu veya eşdeğer RLC model ile motor ucu gerilim pikleri ve dalga formu ölçümü
Ne zaman önerilir?	Uzun motor kablolarında gerilim yansıması pik gerilim oluşturabilir; OMSAN sözlüğünde bu etkinin motor izolasyonu açısından önemli olduğu belirtilmiştir.

5

**EMC ön uygunluk testi**

Ana standart	IEC 61800-3
Yapılış / metot standardı	İletilen emisyon, yayılan emisyon, kablo/ekranlama ve filtreli-filtresiz karşılaştırma
Ne zaman önerilir?	Sinüs filtre EMI etkisini azaltmaya katkı sağlar; ancak tek başına EMI filtresi yerine geçmez. OMSAN sözlüğü reaktörlerin EMI seviyelerinin düşmesine dolaylı katkı sağlayabileceğini ama EMI filtresinin yerini tek başına tutmadığını belirtir.

6

**Sıcaklık artış testi**

Ana standart	IEC/EN 60076-6; küçük AG reaktörlerde IEC/EN 61558-2-20; sistemde IEC 61800-5-1 yardımcı
Yapılış / metot standardı	Nominal RMS akımda veya gerçek PWM yük profilinde kararlı sıcaklık ölçümü
Ne zaman önerilir?	Kapalı pano, yüksek ortam sıcaklığı, uzun süreli tam yük, yüksek anahtarlama frekansı veya yüksek RMS akımda önerilir.

7

**Ses seviyesi testi**

Ana standart	IEC/EN 60076-10
Yapılış / metot standardı	Ses basıncı veya ses şiddeti yöntemi
Ne zaman önerilir?	Bina içi, hastane, ofis, HVAC, pompa odası ve ses hassas uygulamalarda önerilir.

8

**Termal kamera testi**

Ana standart	IEC/EN 60076-6 termal performans yaklaşımı
Yapılış / metot standardı	Nominal yükte veya gerçek sürücü çalışmasında IR termografi
Ne zaman önerilir?	Reaktör sargısı, kapasitör grubu, klemensler, baralar, fan bölgesi ve gövde bağlantılarında sıcak nokta aranır.

9

**Manyetik lineerlik / doyum testi**

Ana standart	IEC/EN 60076-6
Yapılış / metot standardı	Farklı akım noktalarında L-I eğrisi çıkarılması
Ne zaman önerilir?	Demir nüveli filtrelerde yüksek RMS akım veya transiyent bekleniyorsa önerilir. Doyum durumunda endüktans düşer ve filtreleme performansı bozulur.

10

**Kapasitör deşarj kontrolü**

Ana standart	IEC 61800-5-1; kondansatör standardı ve müşteri şartnamesi
Yapılış / metot standardı	Enerji kesildikten sonra kondansatör geriliminin güvenli seviyeye düşme süresi ölçülür
Ne zaman önerilir?	Kapasitör grubu içeren sinüs filtrelerde bakım güvenliği için önemlidir.

11

**Sürücü-motor sistem fonksiyon testi**

Ana standart	IEC 61800-3; IEC 61800-5-1
Yapılış / metot standardı	Gerçek sürücü, hedef motor, kablo ve yük koşuluyla çalışma testi
Ne zaman önerilir?	Müşteri sürücüsü, motor kablo uzunluğu ve anahtarlama frekansı belliyse en doğru performans doğrulamasıdır.

12

**IP testi - kabinli ürünlerde**

Ana standart	IEC/EN 60529
Yapılış / metot standardı	IEC 60529
Ne zaman önerilir?	Kabinli sinüs filtrede IP20, IP23, IP54, IP55 gibi beyan varsa uygulanır.

13

**Titreşim testi**

Ana standart	IEC 60068-2-6; özel uygulamada müşteri şartnamesi
Yapılış / metot standardı	Sinüzoidal titreşim testi
Ne zaman önerilir?	Makine üstü, pompa/kompresör, marin, raylı sistem veya yüksek titreşimli tesislerde önerilir.

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

Rapor satırı	Önerilen içerik
Ürün tipi	Sinüs filtre / sürücü çıkış sinüs filtresi
Nominal değerler	Gerilim, akım, frekans, faz sayısı
Sürücü uyumu	Sürücü gerilimi, anahtarlama frekansı aralığı, motor kablo uzunluğu limiti
Reaktör değeri	Faz bazlı sargı direnci ve endüktans
Kapasitör değeri	Faz bazlı kapasitans ve tolerans
LC doğrulaması	Bağlantı şeması, faz sırası, seri/paralel yapı
Kesme / tasarım frekansı	Ölçülen L-C değerlerinden hesaplanan frekans
Faz dengesi	R, L, C faz sapmaları
İzolasyon / hipot	Sargı-gövde, faz-faz, kapasitör devresi-gövde
Kayıp / sıcaklık	Kayıp ölçümü, varsa sıcaklık artışı sonucu

Koruma fonksiyonları	Fan, termik sensör, termostat, kapasitör deşarj kontrolü
Performans testi	THDv, dv/dt, motor ucu pik gerilim, dalga formu ekran görüntüsü
EMC notu	IEC 61800-3'e göre ön uygunluk veya sistem değerlendirmesi
Etiket kontrolü	Akım, gerilim, L, C, kesme frekansı, izolasyon sınıfı, bağlantı, PE