

## Değerli Danfoss Dostları ,

Bildiğiniz üzere, Danfoss Drives motor hız kontrol cihazlarının yanı sıra, soft-starterler, pozisyonlama-hareket kontrolörleri, çeşitli sinüs - dv/dt filtreleri ve harici harmonik filtreleri de üretip dünya pazarına sunmaktadır.

Büyüyen hacmimiz , müşterilerimizin ve sizlerin de istekleri doğrultusunda , sürücü harici ürünlerin de satış ve servislerine 2009 yılı itibarı ile odaklanmaya başladık.

Ayrıca tarafımızca bu ürünler ile ilgili eğitimler de verilmeye başlanmıştır. Özellikle, Güç opsiyonları olarak adlandırdığımız filtre uygulamaları teorik ve pratik alanda uzmanlık gerektirmektedir.

Danfoss Drives 2010 yılı içerisinde LHD (Low Harmonic Drive-Düşük harmonikli sürücü ) opsiyonunu pazara sürecektir. Buradaki amaç; sürücü çalışmasının doğal bir sonucu olarak oluşan harmonik bozulmanın minimuma indirgenmesidir.

Bunun yanı sıra AHF005/010 (Advance Harmonic Filter-Gelişmiş Harmonik Filtre) ve AAF004 (Active Harmonic Filter-Aktif Harmonik Filtre ) ürünlerinin satış adetlerini arttırmayı planlamaktadır.

Dolayısı ile elimizde harmonik bastırmaya yönelik ürünlerin , müşteriye bir çözüm olarak sunulabilmesi için öncelikle harmonik konusunun temellerinin bilinmesi gerektiğine inanıyoruz.

Bu konudaki bilgilerimizin pekişmesi adına hazırlamış olduğum “ **Harmonik nedir ?** ” çalışmamı bilgilerinize sunuyorum.

Bu çalışma; harmonikler, etkileri ve çözümleri hakkında ,herkesçe anlaşılabilir temel bilgiler içermektedir. Arzu eden teknik arkadaşlarımıza ,daha detaylı bilgiler de gönderebilirim.

“**Harmonik nedir ?** ” çalışmasının tüm Danfoss Dostları için faydalı olmasını diler, işlerinizde başarılar dilerim.



**Taner Eren**  
**B.Sc.E.E. (İ.T.Ü. 1990)**  
**Satış Direktörü**  
**Danfoss Drives Türkiye**

## HARMONİK NEDİR ?

### 1. Harmonik Nedir ?

Bir elektrik sistemindeki ,doğrusal olmayan (non-linear ) yüklerin sayesinde, temel frekansın (Türkiye’de 50Hz ) katları olan frekanslarda oluşan , sinüs dalga formunu bozan akım ve gerilimlerdir. Harmonikler aynı zamanda doğrusal olmayan yüklerin ürettiği düşük frekanslı bozucu etkiler olarak da bilinir.

### 2. Doğrusal olmayan (non-linear ) yükler nelerdir?

Elektrik sistemlerinde rezistif, endüktif ve kapasitif öğelerin ve bunların oluşturduğu doğrusal devrelerin cevabı sinüs formatında olmaktadır.Oysa girişlerinde diyot ,tristör gibi belli koşullar altında ilettime geçen yarı iletkenlerin oluşturduğu doğrusal olmayan ( non-linear ) devrelerin cevabı ise , farklı faz ve genlikte olan sinüs formlarının toplamından oluşan ,orijinal şekli bozulmuş sinüs formatında olur.

Aşağıda doğrusal olmayan yüklerden bazıları belirtilmiştir.

- Kesintisiz güç kaynakları
- Yoğun bilgi işlem yükleri
- AC/DC motor hız kontrol cihazları
- Doğrultucular
- Tristör kontrollü devreler
- Ark ocakları
- Kaynak Makinaları
- Satürasyon (Doyma ) bölgesinde çalışan transformatörler
- Aşırı yükte çalıştırılan transformatörler

### 3. Sistemimizde harmonik olup olmadığını nasıl anlarız ?

Eğer elektrik sistemimizde 2. maddede belirtilen yüklerden var ise , mutlaka harmonikler vardır. Harmonik tespitinin doğru yolu , uygun ölçüm cihazları, yetişmiş personel ve uygun şekilde ölçüm yapılarak harmoniklerin tespit edilmesidir.

Ölçümler esas olarak PCC (Point of Common Coupling –ortak ikili nokta ) denilen Transformatörün sekonder/ AG ucunun bağlandığı barada yapılmalıdır.

Ancak ölçüm sonuçları tek başına bir şey ifade etmez. Ölçüm sonuçlarının, tesis, güç, yükler ve diğer elektriksel koşulların da göz önüne alınarak yorumlanması ve harmonik kaynaklarının net bir şekilde belirlenmesi gerekir.

Tüm bunların haricinde , elektrik sisteminizde meydana gelen ve sebebi tam olarak belli olmayan bazı olumsuz olaylar da sisteminizde harmonik olduğunun habercisi olabilir.

Eğer;

- Sıklıkla kompanzasyon kondansatörleriniz arızalanıyorsa
- Güç şalterlerinizde nominal yüklerde çalışırken sebepsiz açmalar (rezonans )oluyorsa
- Elektronik kart arızası sıklığı artıyorsa
- Nominal yüklerde çalışırken trafonuzda ve kablolarda aşırı ısınma oluyorsa
- Nötr akımlarınız normalden yüksek seviyelerde ise

Sisteminizde harmonik var demektir.

#### 4. Harmonikler ile yaşayabilir miyim ?

Belli koşullar altında EVET !

Eğer bir sanayi tesisi iseniz Toplam gerilim harmoniğiniz (THD<sub>v</sub>) %5 değerini aşmadığı sürece ve rezonans riskiniz düşük ise ,

Eğer hastane, havaalanı veya hassas üretim yapan bir tesis iseniz Toplam gerilim harmoniğiniz (THD<sub>v</sub>) %3 değerini aşmadığı sürece ve rezonans riskiniz düşük ise ,

**kayıplarınıza katlanmak** şartı ile harmonikleriniz ile yaşayabilirsiniz !

#### 5. Benim cihazlarımda filtre vardı ! peki neden harmonik var ?

Sürücü ve benzeri cihazlarda genelde RFI ( Radyo frekansı girişimi, EMC ) filtreleri denen, cihazdan yayılan YÜKSEK frekanslı bozucu etkileri filtre eden düzenekler vardır. Bu filtreler düşük frekanslı harmonik bozulumu filtre etmez. Danfoss ve bazı diğer marka sürücülerde DC barada veya cihaz girişinde şok bobinleri vardır. Bu bobinler harmonik akımlarını baskırlar ancak "sıfır" a da indiremezler. Dolayısı ile harmonik filtreli cihazlar kullansanız dahi sisteminizde az da olsa bir miktar harmonik olacaktır.

#### 6. Harmoniklerin zararları nelerdir ?

Harmoniklerin üç temel zararı vardır

- Harmonikler Elektriksel kayıpların artmasına yol açarlar. Başka bir deyiş ile harmonikler , sistemde iş yapmayan ancak parasını ,enerji bedeli olarak idareye ödediğimiz bir kambur yük oluşturur.
- Sebebi belirlenemeyen elektronik kart arızalarına sebep olurlar. Eğer bu kartlar tesis bünyesinde tamir edilebiliyor ise çoğu zaman sebep aranmadığı için harmoniğin farkına varılmaz. Eğer kartlar dışarıda , yüksek bedeller ile tamir ediliyor ise daha çabuk bir şekilde fark edilebilir.
- Nominal (anma ) gücünde veya altına çalışan şalterlerde , yükten bağımsız açmalar (rezonans ) oluşabilir. Bu, özellikle sürekli proseslerde istenmeyen bir olaydır ve böyle bir açmadan oluşan duruş maliyeti birkaç bin dolardan başlar ve artar.

Bunlardan ayrı olarak , harmonikler artan frekansla birlikte düşük empedans gösteren Kondansatör (kapasite ) yüklerini çok severler ve o noktalarda yoğunlaşıp ,ilave harmonik akımlar ile kondansatörü yorup iş göremez hale getirirler.

Eğer bu durum takip edilmez ise enerji satın alınan elektrik idaresine reaktif güç bedeli ödemeye kadar gidebilir.

Harmonikler elektrik sistemimizdeki en sinsi bozuculardır. Eğer sistemde harmonik varlığını tespit edebilecek özel cihazlar ve yetişmiş personel yok ise, uzun yıllar harmonikler ile yaşayıp yüklü miktarlarda para kaybetmek olasıdır.

#### 7. Akım harmoniği ? Gerilim harmoniği ?

Akım harmoniği ;

cihazların çektikleri sinüzoidal olmayan akımlar dolayısı ile ,cihaz girişlerinden şebekeye ve diğer cihazlara doğru yayılan harmoniklerdir. Madde 2 de belirtilen cihazlar birer akım harmoniği kaynağıdır.

Gerilim harmoniği ;

Sistemin içinde bulundurduğu tüm omik ,endüktif ve kapasitif elemanların sayesinde oluşan sistem empedansının , akım harmoniğine cevabıdır.

Konunun iyice anlaşılması için , önce harmonik üreten cihazlar sayesinde akım harmoniği oluşur, gerilim harmoniği ise sistemin empedans değerine bağlı olarak , ohm kanunu çerçevesinde oluşur.

Ölçülen Akım harmoniği değerleri genelde yüksek değerlerdir. (%10-%80-%110 ) gibi. Buna karşın toplam gerilim harmoniği değerleri daha düşük (%5-%10 vb. ) değerlerdir. Burada verilen örnek değerler ,sistemin harmoniğe rağmen hayatına devam ettiği değerlerdir.

Akım harmoniklerinin sebebi doğrusal olmayan cihazlar, toplam gerilim harmoniğinin sebebi ise sistemin toplam akım harmoniğine cevabıdır.

## 8. Jeneratör alana kadar harmonik sorununun yoktu , jeneratör harmonik üretir mi ?

Hayır, jeneratörler harmonik üretmez, ancak o ana kadar farkında olmadığınız harmoniklerin genliğini arttırarak problem çıkarır.Çözüm , ya jeneratörü doğrusal olmayan yüklerin, kW cinsinden toplamının en az 2,5 katı kadar seçmek, ya da harmonik kaynaklarının girişlerinde lokal harmonik filtre (AHF005/010 , AAF004 ) uygulamaktır.

## 9. Harmoniğin üstesinden nasıl gelebilirim ?

Filtre kullanarak , evet harmoniklerin üstesinden ,sisteminize uygun seçilmiş filtreler ile gelebilirsiniz.Aşağıda harmonik baskılamak için hangi tür filtrelerin kullanılabileceği belirtilmiştir.

- Cihaz üzerindeki pasif filtreler (Şok bobinleri,DC bara bobinleri vs. )
- Proje safhasında düşük harmonikli cihazlar seçerek (örn. LHD , Low Harmonic Drives )
- Cihaz girişlerine bağlanan ve belli frekansları süzen gelişmiş filtre düzenekleri ile (AHF005/010)
- Cihaz girişlerinde çok fazlı trafo ve doğrultucu sistemleri (12 pulse,18 pulse )
- Kompanzasyon tesisinde harmonik tuzağı prensibi ile çalışan reaktörler ile modifiye edilmiş kompanzasyon tesisleri.
- Cihaz girişlerinde kontrollü doğrultucular (AFE ,Active Front End )
- Cihaz ya da pano girişlerine bağlanan ve bozuk sinyali düzeltici sinyal enjekte edebilen aktif filtreler (AAF004 )
- Trafo gücünün büyütülmesi

Yukarıda sayılan tüm çözümler uygun koşullar altında harmonik probleminizin çözümü olabilir. Ancak daha önce de belirttiğim üzere öncelikle sağlıklı bir ölçüm ile düzgün bir etüdün yapılması gerekmektedir.

Diğer bir açıdan baktığımızda ise harmonik baskılama tekniklerinde hem merkezi çözümler (Modifiye edilmiş kompanzasyon tesisleri vs. ) hem de lokal (cihaz girişinde ) çözümler iki ana çözüm gibi gözükülebilir. Hangi çözümün uygun olduğu , ölçüm sonuçları ve sisteminizin gerçekleri tarafından belirlenecektir.

## 10. Harmonikleri ne kadar filtreleyebilirim ?

Tüm filtrasyon sistemlerinde olduğu gibi Harmonik filtrelemede de " sıfır" harmoniğe ulaşmak mümkün değildir. Ancak %1 ler civarında THD<sub>v</sub> (Gerilimdeki toplam harmonik distorsiyon ) seviyelerine ulaşılabilir. Buradaki asıl nokta işletmenizin ihtiyacı olan minimum harmonik seviyesine ulaşmak ve rezonans riskinin düşürülmesidir.

Ayrıca ,çok iyi filtrasyon sağlayan AFE (kontrollü doğrultucu ) , LHD (Düşük harmonikli sürücü ) ve Aktif Harmonik filtre gibi çözümlerin maliyetlerinin düşük olmadığı göz önünde bulundurulmalıdır.

Örnek vermek gerekir ise , sisteminizdeki harmonikleri geleneksel yöntemler ile %5 (THD<sub>v</sub>) seviyelerine düşürmek için 10.000 TL ödediyseniz, %3 seviyelerine ulaşmak için en az bir o kadar daha ödemeniz gerekecektir.

Yüksek performanslı filtre hesapları yapılırken ,total sahip olma maliyetinin 5-10 yıl gibi bir süre için yapılması uygun olacaktır.

Kaynaklar;

1. IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems-Second printing 15 June 2004
2. Danfoss Drives A/S "Advance Harmonic Web Training " notes 05 March 2009
3. Power Electronics –Cyril W. Lander