



Harmoniklere Gelişmiş Farklı Çözümler

Ayhan BULUT / Enerji Kalitesi Bölümü
ESD Elektrik Sistemleri Dizayn Ltd.Şti.

Frekans konvertörlerinin endüstriyel ve ticari alanlarda kullanımındaki hızlı artış, harmonik problemlerin artmasına neden olmakta bu da harmonikleri azaltma ve iyileştirmede kullanılan cihazlara olan ihtiyacı artırmaktadır

Harmonik Problemler:

Mikroişlemci kontrollü güç elektroniği esaslı değişken hız sürücülerinin gelişimi son 20 sene içinde çok hızlanmıştır. Bu hızlı büyüme ile, lineer olmayan yüklerin ürettiği akım harmoniklerinin seviyesi kaygılanılan bir konu haline gelmiştir.

Harmonik akımlar kayıpları artırır, elektriksel ekipmanları aşırı ısıtır, dağıtım sistemi empedansı ile etkileşime (rezonansa) girer-

ler. Bu da sisteme bağlı tüm ekipmanlarda zararlı etkilere sahip olan, gerilim bozulmasına sebep olur.

3 Faz, 6 puls (darbeli) statik güç konvertörlerinin (AC, DC) girişindeki köprü diyod doğrultucuları, sinüzoidal olmayan şekilde akım çektiklerinden dolayı lineer olmayan yükler olarak düşünülebilirler.

Basit diyod köprülü doğrultucular aşağıdaki formülle hesaplanan harmonikleri üretirler.

$$h = n \cdot p \pm 1,$$

$$I_h = I / h$$

h = üretilen harmonik numarası
p = doğrultucu şemasında puls sayısı

n = sıra ile gelen herhangi bir tamsayı (1, 2, 3,)

I_h = harmonik akımın büyüklüğü

p = 6 olduğu zaman (yani 6

palslı bir frekans konvertöründe)

$h = 5, 7, 11, 13, 17, 19, \dots$ inci harmonikler üretilmektedir.

Üretilen bu harmoniklerin temel şebeke frekans akımına göre yüzdesel değerleri ise;

$\% = 100 / h$ formülü ile hesaplanabilir.

Örnek olarak ;

5. Harmonik yüzdesel değeri
 $\% = 100 / 5 = \% 20,0$

7. Harmonik yüzdesel değeri
 $\% = 100 / 7 = \% 14,3$

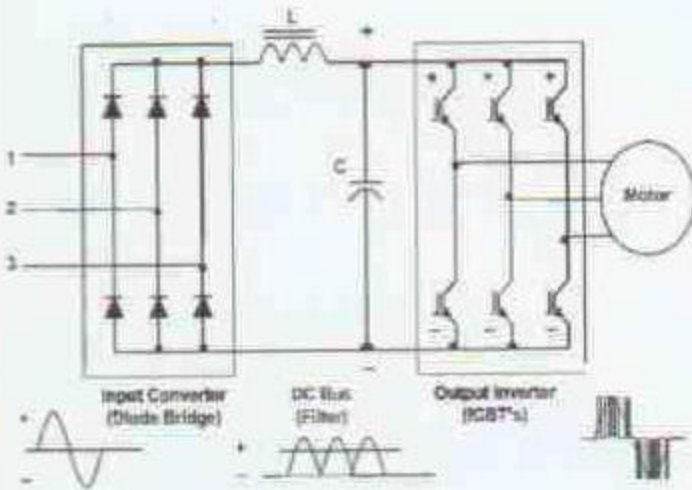
11. Harmonik yüzdesel değeri
 $\% = 100 / 11 = \% 9,1$

13. Harmonik yüzdesel değeri
 $\% = 100 / 13 = \% 7,7$

17. Harmonik yüzdesel değeri
 $\% = 100 / 17 = \% 5,9$

19. Harmonik yüzdesel değeri
 $\% = 100 / 19 = \% 5,3$

Basit 6 palslı doğrultuculu bir sistem için örnek şekilde gösterildiği üzere, harmonik düzeltme

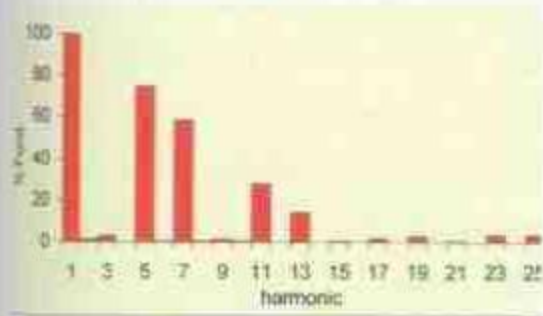


Şekil-1 A.C. Frekans Konvertörü
Tipik Devre Şeması

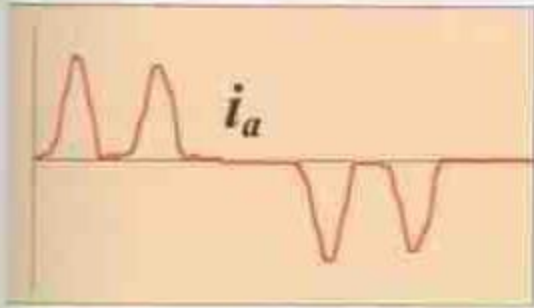


olmaksızın doğrultucularda akımın toplam harmonik distorsiyonu (THD) baskın 5. ve 7. harmonikler ile %100-%140 aralığında olmaktadır. 11, 13. ve diğer harmonikler de vardır ancak daha düşük daha seviyelerdedirler.

Akım spektrumu



Akım dalga formu



Şekil-2 Akım spektrumu ve dalga formu

Şekilden örnek vermek gerekirse 5. harmonik, 50 Hz'deki temel akımın yaklaşık %75'i civarında, 7. harmonik yaklaşık %60'i civarındadır. Bunun anlamı, doğrultucuların bu konfigürasyonunda, 50 Hz. akım 100 A çekerken, 5. harmonik akımı 75 A, 7. harmonik akımı 60 A olmaktadır.

Yüksek miktarda lineer olmayan yük bileşenleri taşıyan güç dağıtım sistemleri sık sık harmonik akımlardan kaynaklanan problemlerle karşılaşır. Bu problemlerin bir kısmı aşağıda detaylandırılmıştır;

- Aşırı yüklenmeden ve /veya sistem rezonansından dolayı

kondansatör arızaları.

- Ömrü azalan, aşırı ısınan kablolar, trafolar ve diğer dağıtım ekipmanları.
- Acil durum jeneratörleri gibi zayıf kaynaklardan beslendiği zaman özellikle gerilimde yüksek bozulmuş (tipik düzleşmiş tepe noktası)
- Şalterlerin yanlış açması.
- Motorlar, jeneratörler gibi dönen ekipmanlarda arızalar, hatalar
- PLCler, bilgisayarlar ve diğer hassas yüklerde hatalı çalışma, kart arızaları

Frekans Konvertörlerinden Kaynaklı Harmoniklerin İyileştirilmesi İçin Mevcut Metodlar

AC Hat Reaktörleri

AC hat reaktörleri (% 3 yada %5 lik empedanslı) çoğunlukla iyileştirme için kullanılır. Giriş reaktörleri düşük maliyetli olmakla birlikte harmonikleri bastırma da sadece bir dereceye kadar verimlidir. AC giriş reaktörlerinin yüksek empedansı kondansatör anahtarlama ve yükteki hızlı değişimlerin neden olduğu aşırı gerilim darbelerinden sürücüyü korumaya yardımcı eder fakat, doğrultucunun girişinde bir miktar gerilim düşmesi problemi de yaratırlar.

DC Hat Reaktörleri

DC hat reaktörleri frekans konvertörleri için AC hat reaktörlerine nazaran harmonikleri bastırma da biraz daha etkilidirler ve AC gerilim çökmelerine ne-

den olmazlar. Ancak bununla birlikte DC hat reaktörleri AC hat reaktörlerine göre girişteki aşırı gerilimlere karşı korumada daha az verimlidir.

Odaklı LC Filtreler

Odaklanmış LC veya düşük geçişli filtreler olarak tanımlanırlar. İsimlerinden de anlaşıldığı üzere spesifik bir harmonik frekansına odaklanmayı gerektirirler. Genellikle, 6 palslı doğrultucu yükler için en baskın harmonik olan 5. harmoniğe ayarlanırlar. Fakat verimlilikleri sınırlıdır, bununla birlikte çoklu odaklanmış kademeler 7. ve daha üstü harmonikleri kaldırmak için ilave edilmelidir. Lineer olmayan diğer yüklerden gelen harmoniklerin bu bölgeye akması ve hedeflenen güç faktörünün sağlanamaması gibi istenmeyen problemlere katılmak zorundadır. Daha geniş spektrumlu harmoniklerin iyileştirilmesi ile düşük geçişli filtreler odaklanmış filtrelerden daha efektif olup fakat aynı zamanda daha pahalıdır. Düşük geçişli filtreler de problemsiz değildir. Özellikle geniş seride endüktörler ve gerilim düşümlerini kompanze etmek için büyük kapasitör bankaları kullanılır. Bu kondansatörler kapasitif güç faktörünü yaratır ki, bu uyartım kontrolüne ve jeneratörlerde gerilim dalgalanmasına neden olabilirler.

Çok Palslı Sistemler

Harmonik bastırılmasında bir yöntem de çok palslı (12-24 pals) doğrultucu devreler kullanmaktır. Çok palslı sistemlerde



MIRUS daki VFD
ile Test Alanından
Bir Bölüm



sürücü üreticileri harmonikleri azaltmak için doğrultucuların girişleri arasında faz kaydırırlar. Genelde 18 ve 24 palslı sistemlerde THID seviyesi %8' in altına ulaşabilir fakat bu sistemler geniş hacimlere ihtiyaç duyarlar ve maliyetleri oldukça yüksektir. Çoklu 6 palslı frekans konvertör sistemlerinin çalıştığı yerlerde harmonikleri azaltmak için diğer bir yöntemde faz kaymalı trafoların uygulaması olup bu yöntem maliyetleri çok daha düşürebilir. İkinci benzer frekans konvertörünün tersine faz kaymalı bir frekans konvertörü tarafından 5. ve 7. harmoniklerin yok edilmesi gibi 12 palslı bağlantıdaki bazı yollar kısmen yaratılabilir. 18 ve 24 palslı bağlantılar sırasıyla 3 ve 4 adet frekans konvertörüne ihtiyaç göstermektedir.

Aktif Filtreler

Aktif filtreler sistemde bulunan harmonik akımların seviyesini ve tipini ölçerek ve buna zıt polarite de sisteme akımlar enjekte ederek harmonikleri bastırır. İyi bir performansa ulaşılabilir fakat güvenilirlik bazı zamanlarda sorun yaratmakta ve yüksek maliyeti nedeni ile kullanımları sınırlı olmaktadır. Yakalamak ve te-

mizlemek ile ilgili dinamik karakteristiklerinden dolayı hızlı değişen şartlarda uygun adreslenememe gibi sorunlar oluşturabilmektedir.

LINEATOR Evrensel Harmonik Filtre

Harmonikleri bastırmanın mevcut metodları yukarıda sıralandığı üzere hat reaktörleri, çok pulslı(darbeli) sistemler, odaklı veya geniş bantlı pasif filtreler, aktif filtreler ve en gelişmiş sürücüler vb. olup genellikle çok büyük, güvenilmez, kısmen efektif, verimsiz veya çok pahalı olmaktadır.

Evrensel Harmonik Filtre olan LINEATOR pasif harmonik düzeltimi alanında devrimci bir gelişmedir. Bu gün pazardaki hiçbir filtre IEEE-519 standardının sınırları dahilinde Lineatörle eşdeğer verim, boyut ve maliyete ulaşamamıştır. Uygulamada gerçekten düşük maliyetli harmonik çözüm isteniyorsa, LINEATOR en mantıklı seçimlerden biri olacaktır. LINEATOR harmonik konusunda zor mühendislik problemlerine standart çözümler üretmek için geliştirilmiştir.

LINEATOR 3 faz diyod veya tristör köprü doğrultucusu tarafından üretilen tüm harmoniklerin bastırılması için "geniş

spektrumlu harmonik filtre" olarak da adlandırabilir.

Diğer taraftan LINEATOR frekans konvertörleri için en çok enerji verimliliği sağlayan çözümdür. Düşük kapasitif reaktans sayesinde jeneratör beslemelerine uygunluk sağlar. Ayrıca kara ve denizde frekans konvertörü uygulamalarında belirlenen limitlere de uyumluluğa sahiptir. Standart 6 pals (darbeli) frekans konvertörlerinden 18 puls(darbeli) performansı elde edebilirsiniz. Bununla birlikte, 18 puls çözümlerine göre %3'e kadar daha fazla enerji verimliliğine sahiptir.

IEEE 519 da belirlenen hem akım hem de gerilim bozulması için standartlara uygunluk sağlanmaktadır. Denizcilik ile ilgili uygulamalar için ise ABS (American Bureau Shipping) tip onayına sahiptir.

Teknolojinin ulaştığı son noktadaki en mükemmel çözümlerden biri olan LINEATOR Harmonikleri azaltma kapasitesine ek olarak, kondansatör anahtarlamasının ve yükteki hızlı değişimlerin neden olduğu aşırı gerilim geçişlerinden frekans kon-





vertörlerini korumaya yardımcı eder. Frekans konvertörlerinin veya 3 fazlı 6 puls yüklerdeki köprü diyod doğrultucu kullanılan hemen hemen tüm uygulamalarda kullanılabilir. Geniş spektrumlu harmonik filtre frekans konvertörleri veya diğer 3 fazlı doğrultucu yükler tarafından üretilen tüm ana harmonikleri bastırarak sistem güç faktörünü iyileştirir. Frekans konvertörü tarafından çekilen harmonik akımları azaltır.

- Lineator şebeke tarafında hem akım, hem de gerilim harmonik oranları için IEEE 519 da belirtilen standartların sınırlarına uymayı garanti eder.
- Akım harmonikleri nedeniyle oluşan gerilim bozulmasını/distorsiyonunu azaltır.
- 4-2800 kW güç aralığında standart üretim.
- 1 faz veya 3 faz, 690 V' a kadar gerilim seviyesi, 50 Hz/ 60 Hz
- Her 10 dakikada 60 sn. %150 aşırı yüklenebilme olanağı sağlar.
- Çalışma verimi %99dan bü-

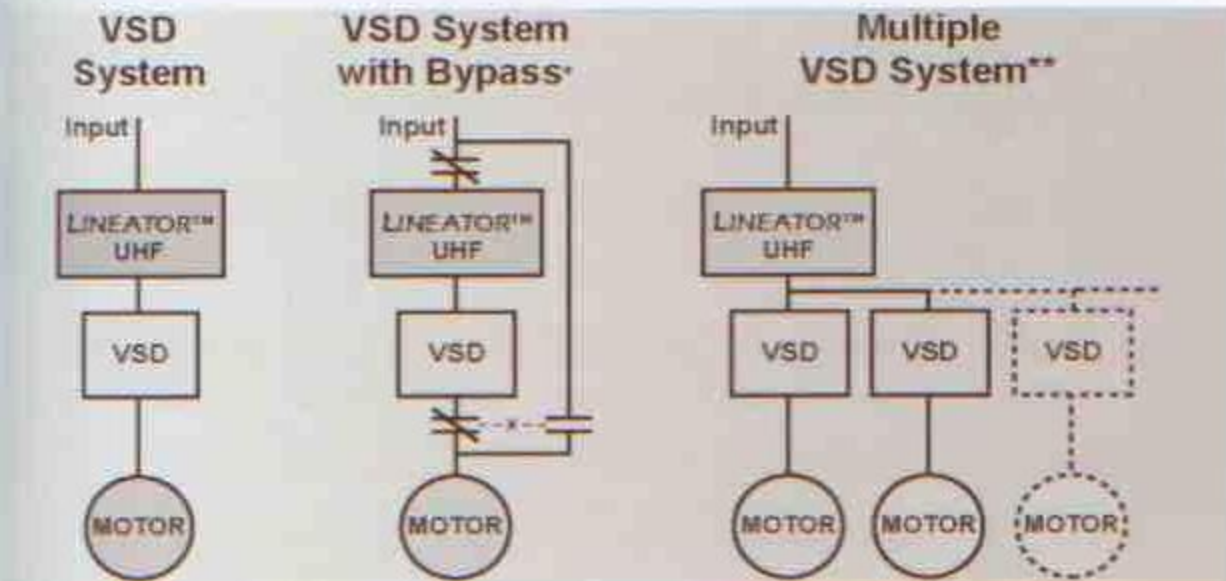
	Giriş Akımı			Güç Faktörü
	DağaŞekli	Spektrum	THID	
6-Pulsli Doğrultucu, Frekans Konv.			72.9%	.79 end.
3% AC hat reaktörü ile			35.6%	.90 end.
12-Pulsli Frekans Konvertör			9.3%	.98 end.
MIRUS Lineator			5.8%	.99 end.

Şekil-3 Lineator ve Diğer uygulamalar arasında karşılaştırma tablosu

- yüküdür, besleme tarafındaki harmonik kayıpları düşürerek enerji tasarrufu sağlar.
- Güç faktörünü iyileştirir. Güç faktörünü %40-%100 yük aralığında 0,95-0,98 endüktif aralığında tutar.
- Frekans konvertöründen RFI yayılımını azaltmaya yardımcı eder.
- Boşta dahi kapasitif reaktansı çok düşük olduğu için jeneratörlerle problemsiz çalışır.
- Kondansatör anahtarlamaından ve hızlı değişen yükler nedeni ile oluşan aşırı gerilim geçişlerini bastırır.
- Frekans konvertörlerine doğ-

- rudan bağlanabilir veya paralel beslenen frekans konvertörlerine ortak uygulama yapılabilir.
- Gerçek yük altında Fabrika Testi yapılarak sevk edilirler.

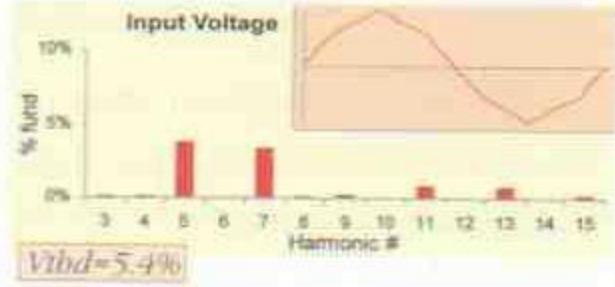
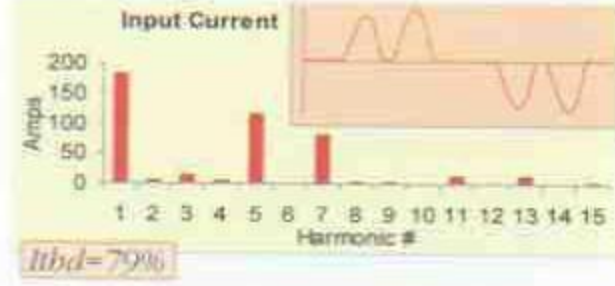
LINEATOR 3 faz, 6 puls doğrultucu diyod köprüsünün girişine seri bağlanan tamamen pasif bir cihazdır. Son derece güçlü bir şekilde konvertörün giriş harmonik akımlarını azaltır. Lineator devrimci dizaynı doğrultucu tarafından üretilen bütün ana harmonik akımlarının yok edilmesini sağlar ki, THID nin %8 altına düşmesine ve genelde %5 e kadar azalmasıyla sonuçlanır. LINEATOR u tek yapan özelliği, bir ortak magnetik çekirdek üzerine çoklu sargılar içeren 3 fazlı reaktör dizaynidir. Bu reaktör beklenmeyen gerilim düşüşleri veya filtre performansından bağımsız olarak çok daha düşük kondansatör blokları kullanımına olanak sağlar. Kapasitif reaktif güç, tipik olarak odaklı filtrelerden 3-4 kat daha düşüktür. Büyük değerli kondansatör



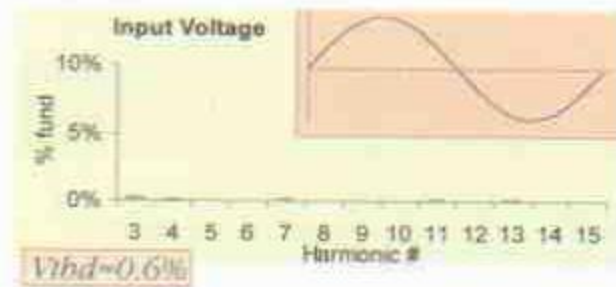
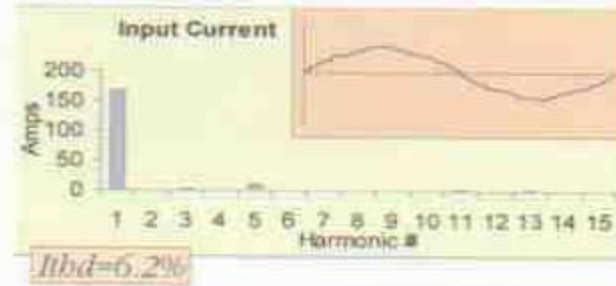
Şekil-4 LINEATOR Örnek uygulama şekilleri



Lineator yok



Lineator ile



Load	Akım Harmonikleri (Amper)																	
	RMS		5th		7th		11th		13th		Ithd		Itd		K-factor		PF	
	w/o	With	w/o	With	w/o	With	w/o	With	w/o	With	w/o	With	w/o	With	w/o	With	w/o	With
Full	233	168	118	9.0	8.0	0.6	12	2.2	12	1.5	7.9%	6.2%	7.9%	6.2%	15	1.5	-0.75	1.00
75%	187	130	96	7.7	7.0	0.6	13	1.5	7	1.4	8.6%	7.0%	6.5%	5.3%	17	1.6	-0.73	+0.99
50%	134	89	69	6.9	5.4	0.3	17	1.2	5	1.0	9.5%	8.0%	4.8%	4.5%	20	2.0	-0.69	+0.95
25%	87	46	33	4.2	2.9	0.2	14	0.6	9	1.0	12.0%	1.1%	3.0%	2.8%	25	2.5	-0.58	+0.83

Şekil-5 110 kW Frekans Konvertörü ile Lineator™'ün Performansı

bankları hem odaklanmış hem de düşük geçişli filtrelerde, özellikle düşük yükler altında sisteme kapasitif reaktans olarak girerler. Bu, düşük kaymış güç faktörünü düzeltmek için kompanzasyon reaktansı gerektiren endüktif yüklerin olduğu yerlerde faydalı bir özelliktir. Fakat çoğu frekans konvertörü uygulamalarında, kaymış güç faktörü 1'e yakın olup hatta genel güç faktörü akımdaki harmonik bileşenlerden dolayı düşük olabilir. Bu yükler için kompanzasyon genellikle gerekli olmayıp ve gerçekte özellikle yedek acil jeneratör tarafından beslendiği zaman problemlere neden olabilir. Bu konuya yönelik, bazı filtre üreticileri düşük yük altında kondansatör anahtarlama için özel bir devre teklif ederler fakat

bu hem maliyeti artırır hem de sistemi karmaşıklaştırır. Buna karşın yük altında olmayan şartlarda bile LINEATOR kapasitif reaktansı son derece düşük olup kondansatörlerin anahtarlanması gerekli değildir. Odaklanmış filtrelerle ilgili bir diğer konu da besleme kaynağı ile

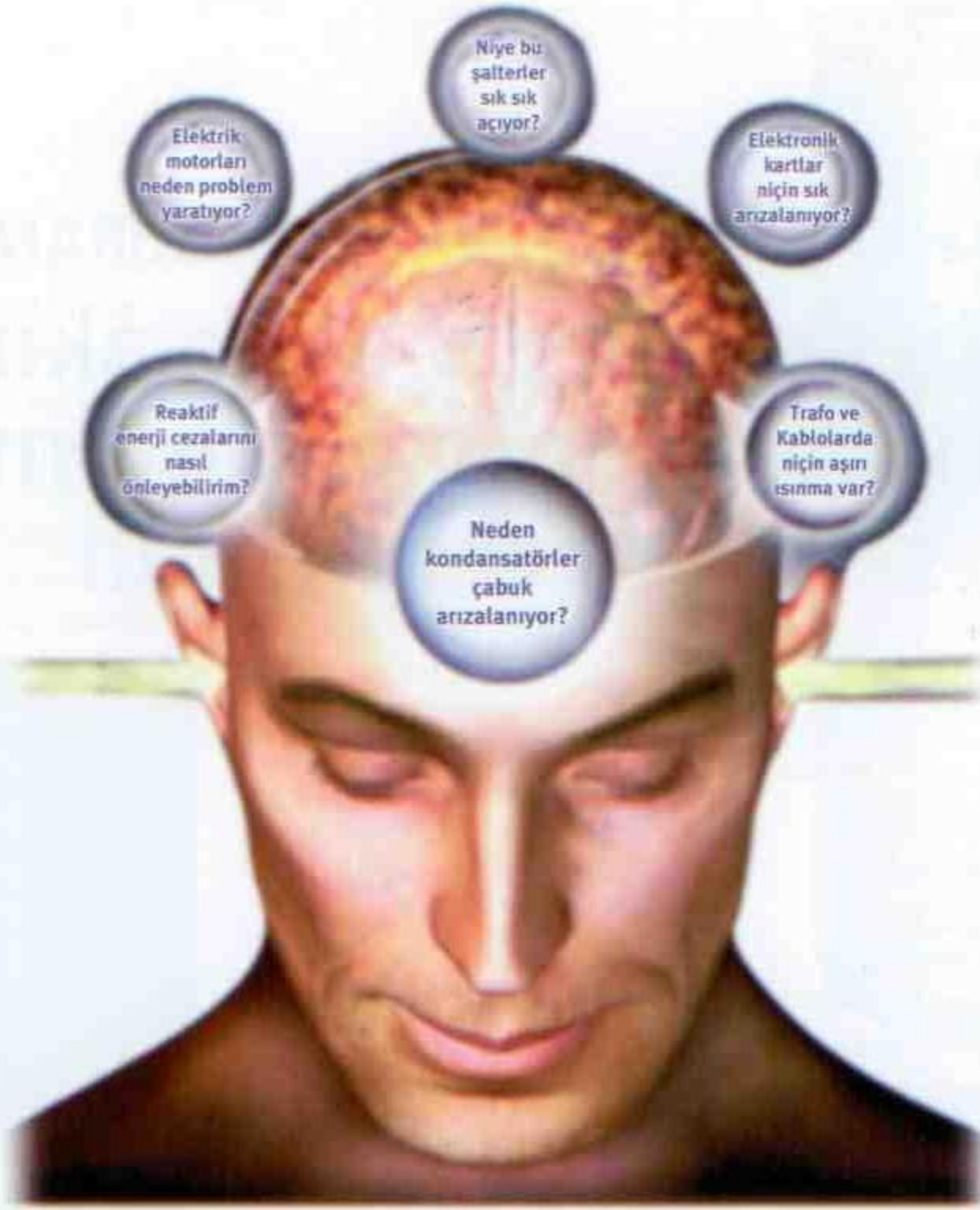
seri, odaklanmamış reaktörü kapsamaksızın, kaynaktan akan aşırı harmoniklerin etkileşimiyle (rezonans) kolaylıkla aşırı yüklenbilir. Odaklanmamış reaktör, frekans konvertörüne yük uygulandığı zaman DC barada gerilim çökmeleriyle karşılaşacaktır. LINEATOR çoklu sargı konfigürasyonu, frekans konvertörlerinde yük artışıyla oluşan aşırı gerilim çökmeleriyle karşılaşmaksızın akan aşırı harmoniklerin kaynaklardan çekimini önler.

Odaklı filtrelerin filtreleme verimliliği ayarlanan frekanslarda artıklar olduğu gibi ayarlanmayan frekanslarda o andaki harmoniklerin miktarına bağlıdır. %15 THID den daha iyi performans elde etmek için genelde çoklu odaklanan devreler gerekir. Düşük geçişli filtreler < %12 THID ye ulaşabilirler fakat nispeten daha büyük kondansatör bankları gerekir. Eğer THID de daha fazla azaltma istenirse o zaman daha da büyük kondansatör bankları gerekecektir.

	Reaktör	Odaklı Filtre	Düşük Geçişli Filtre	Çok paslı	Faz Kaydırma	Akif Filtre	LINEATOR UHF
Akım Bozulumu	< 35%	< 15%	< 12%	< 12%	< 15%	< 5%	< 8%
Çoklu yükler olmaksızın verimlilik	Evet	Evet	Evet	Evet	Hayır	Evet	Evet
IEEE 519 uygunluk	Nadiren	Belki	Belki	Belki	Belki	Evet	Evet
Aşırı Harmoniklere yakaşanma	Hayır	Evet	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır
Generatörle Çalışabilme	Kısmen	Hayır	Hayır	Evet	Evet	Evet	Evet
Kısa Süreli Darbelerin Bastırılması	Evet	Hayır	Evet	Hayır	Hayır	Hayır	Evet
Verimlilik	Yüksek	Orta	Orta	Orta	Orta-Yüksek	Düşük	Yüksek
TIF Faktöründe azalma	Orta	Orta	Yüksek	Orta	Orta	Yüksek	Yüksek
Fiziksel Boyutlar	Küçük	Geniş	Geniş	Çok Geniş	Orta-Geniş	Çok geniş	Orta
Bağlantı Şekli	Seri	Paralel	Seri	Seri	Seri	Paralel	Seri
Fiyat Seviyesi	Düşük	Orta-Yüksek	Yüksek	Yüksek	Düşük-Orta	Çok yüksek	Orta

Şekil-6 Diğer Harmonik Çözümlere karşı Lineator

Başınızı ağrıtan problemlerinizi mi var?



Teknolojinin ulaştığı son noktadan mükemmel çözümler...

Hizmetlerimiz:

- Enerji kalitesi Ölçüm ve Raporlaması
- A.G. & O.G Kompanzasyon ve Harmonik Filtre Sistemlerinin Projelendirilmesi ve Uygulaması
- A.G. & O.G Kompanzasyon ve Harmonik Filtre Ürün ve Sistem Satışı

Yeni ürünümüz LINEATOR, 4-2800 kW güç aralığında, yüksek filtreleme performansı, düşük maliyeti, basit devreye alma özelliği ve dünyada 5000'in üzerinde uygulama referansı ile artık Türkiye pazarında...

Tesisinizdeki Harmonikler ve Enerji Kalitesiyle ilgili problemlerinizi de arayın birlikte çözelim.



SIEMENS

BELUK

MIRUS
International Inc.

ESD

Çözüm Ortağı

Türkiye Distribütörü

Türkiye Genel Distribütörü

ESD Elektrik Sistemleri Dizayn Ltd. Şti.
Tel: 0216 317 09 70-71 • Fax : 0216 317 09 39
www.esdelektrik.com • esd@esdelektrik.com