

Elektromanyetik Harmonik Filtreler

Ayhan Bulut

Elektrik Mühendisi

ESD Elektrik Sistemleri Dizayn

www.esdelektrik.com

ESD Elektrik, Türkiye Genel Distribütörü olduğu Mirus firmasının ürettiği Lineator harmonik filtrelerle sanayideki üç fazlı çözümlere ilave olarak, Eliminatör harmonik filtrelerle de pek çok bilgisayar ve elektronik aydınlatma armatürleri gibi tek fazlı yükün bulunduğu çok katlı binalarda çözümler sunuyor.

Eliminatör Serileri

Nötr Akımı Eliminatörü (NCE)

3 ve 3'ün katı harmonik akımları nötr iletkeninden başka yöne çeviren paralel bağlı, 3fazlı, 4telli pasif elektromanyetik cihazdır.

Kombine Nötr Akım Eliminatörü (CNCE)

NCE'nin 3'ün katı harmonik fil-

treleme özelliğiyle, 3'e ilave olarak üst taraftaki 5. ve 7. harmonik akımların akışını engellemek için faz kaydırma özelliğini birleştiren, seri bağlı, 3fazlı, 4telli pasif elektromanyetik cihazdır.

5-7,5-13 ve 11-13 Eliminatörleri

Seri bağlı, 3faz, 3telli, 5. ve 7. veya 11. ve 13. harmonikleri (nötr iletkeni olmayan) 3telli devrelerde kontrolü için tasarlanmış faz kaydırmalı oto-transformatördür. Çoklu değişken hız sürücülerinin ürettiği 3fazlı doğrultucu harmoniklerin bastırılması için idealdir.

Harmonikleri bastırma ihtiyacı

Bilgisayarlar, monitörler, lazer yazıcılar, hız sürücüler, KGK sistemleri ve diğer elektronik ekipmanlar gibi lineer olmayan yük-



NCE™

CNCE™

5-7 Eliminator™

5-13 Eliminator™

11-13 Eliminator™

Özellikler ve Faydaları:

- Harmonik akımları nötrden ve besleme transformatöründen başka yöne çevirir
- Harmonik akımlarının sebep olduğu gerilim bozulmasını azaltır
- Yüksek nötr akımını ve nötr toprak gerilimini azaltır
- Saha empedansı ayarlama opsiyonu mevcuttur
- Sürücü harmonik akımlarının zararlı etkilerini azaltır
- Çoklu 6 paslı sürücülerle 12,18 ve 24 palslı devreler oluşturur

Eliminatör serisi ürünler harmoniğin 5 temel belirtisini iyileştirir.

1. Nötr iletkeninin yükünü azaltır
2. Dağıtım transformatörlerindeki kayıpları ve çalışma sıcaklığını azaltır
3. Gerilim bozulmasını azaltır
4. Nötr-toprak gerilimini azaltır
5. Güç faktörünü iyileştirir

Eliminatör ürünlerini nerede kullanabiliriz

- Yoğunluğu yüksek lineer olmayan yükler (yani bilgisayar ve diğer elektronik ekipmanlar) bağlı mevcut dağıtım sistemlerinde
- Yeni sahipleri için onarılan eski binalar, özellikle fazdan daha düşük kesitli nötr iletkeni kullanılan yerler
- Radyo/TV ve haberleşme ekipmanlarının olduğu odalar
- Eğitim enstitülerinde ve ileri teknoloji işletmelerindeki bilgisayar laboratuvarları
- Uzun metrajlı kablolarla bağlı güç panellerinde
- Bina kaynaklarında ve bara kanallarında
- Çoklu 6 pals sürücü içeren uygulamalarda

temel belirtilerini iyileştirme kabiliyeti vardır.

Lineer olmayan yükler ve harmonikler

Lineer olmayan yükler sinüsoidal olmayan veya şekli bozulmuş akımlar çekerler. Çünkü bir AC güç saykılı boyunca uygulanan gerilim değişirken empedansları da değişir. Bozulmuş akımın en yaygın şekli darbeli dalgaformudur. Lineer ve lineer olmayan yük akımı dalgaformuna ait örnekler aşağıda gösterilmektedir.

Dalgaformu bozulması frekans domeninde Fourier Analizi olarak bilinen matematik tekniğini uygulanarak ölçülebilir.

Herhangi bir sinüsoidal olmayan dalga formunun, tümleşik çeşitli genlik, faz açısı ve temel frekansın belirli katlarındaki sinüsoidal dalgaformlarının toplamıyla temsil edilebileceğini Fourier kanıtladı. Bu tümleşik bileşenler harmonik olarak bilinirler.

Şekil 2 sinüsoidal bileşenlerinin (bu durumda temel, 3. ve 5. harmonik) toplamından oluşturul-

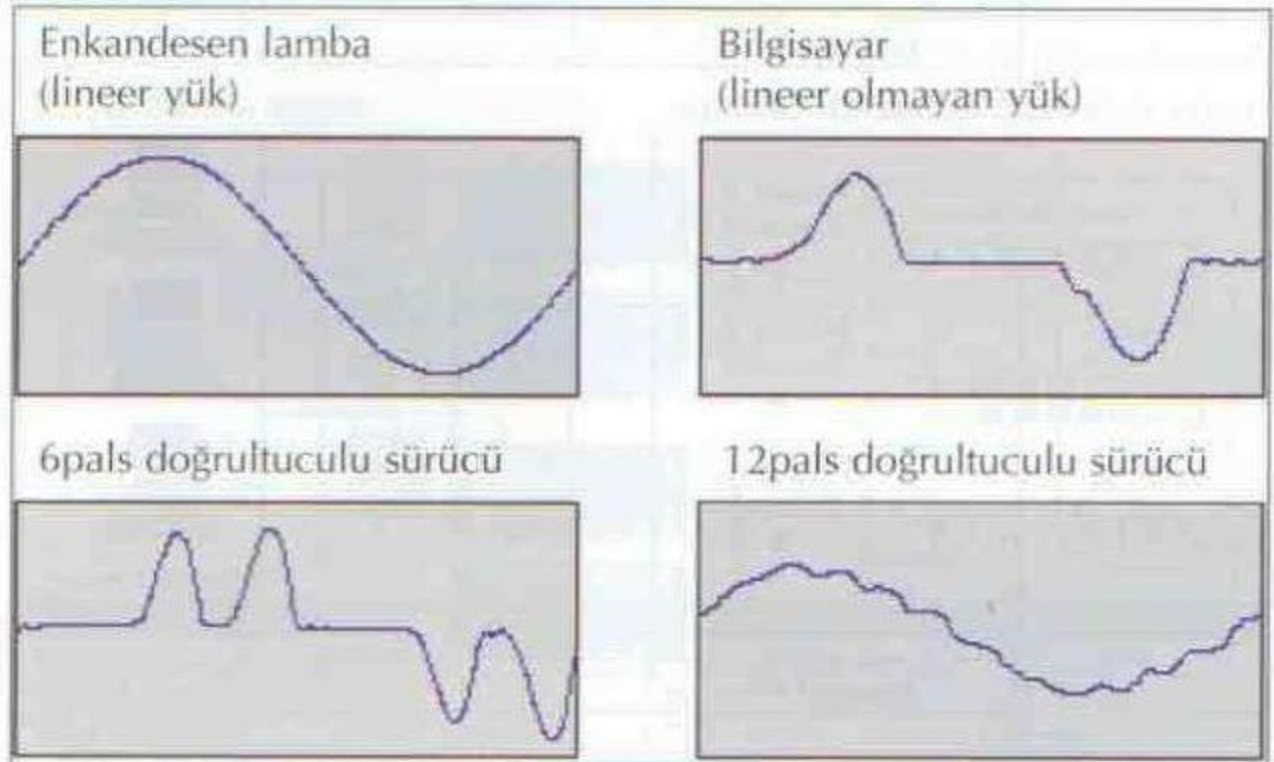
lerin çok fazlıca kullanılması günümüz elektrik endüstrisinde harmonikleri ana konulardan biri haline getirmiştir. Eski lineer tipte yükler için tasarlanmış ticari ve endüstriyel güç dağıtım sistemleri lineer olmayan, harmonikler üreten yükleri, özellikle yüksek yoğunlukta olduklarında, besleme-ye uygun değildir. Bazı yaygın güç sistemi problemleri şunlardır:

1. Nötr iletkeninin aşırı yüklenmesi
2. Dağıtım transformatörlerinin aşırı ısınması
3. Nötr-toprak geriliminin yüksek olması (Vn-G)
4. Güç faktörünün düşük olması
5. Bu tip yükleri besleyen gerilim dalga formunun bozulması

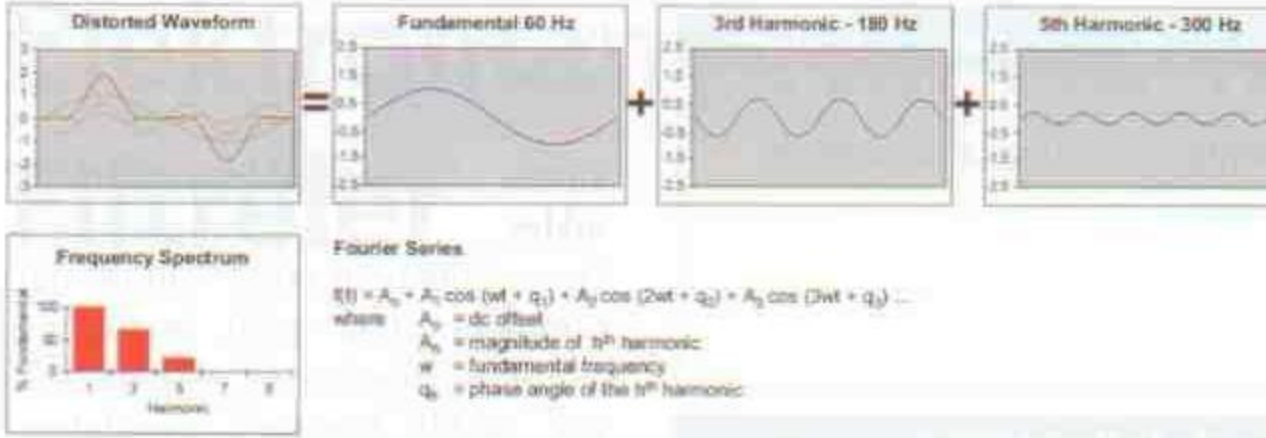
Enerji kalitesi problemleri, özellikle yüksek toplam harmonik gerilim bozulmasıyla (Vthd) ilgili olanlar, yanlış çalışma ve parça arızası nedeniyle ekipmanların duruşlarına sebep olduğu bilinirdi.

Harmonik problemlerine elektrik

endüstrisinin verdiği ilk cevap nötr iletkeninin kesidini iki katı yapmak ve dağıtım transformatörlerini K tipi modellerle değiştirmek oldu. Bu kabaca yapılmış metodlar aşırı ısınma durumuna karşı dayanmaya yardımcı olmasına rağmen, diğer enerji kalitesiyle ilgili problemlere hiçbir faydası yoktur. Mirus Eliminator serisi harmonik bastırma ürünleri, diğer taraftan, harmoniklerin 5adet



Şekil 2: Tipik lineer ve lineer olmayan akım dalga formları



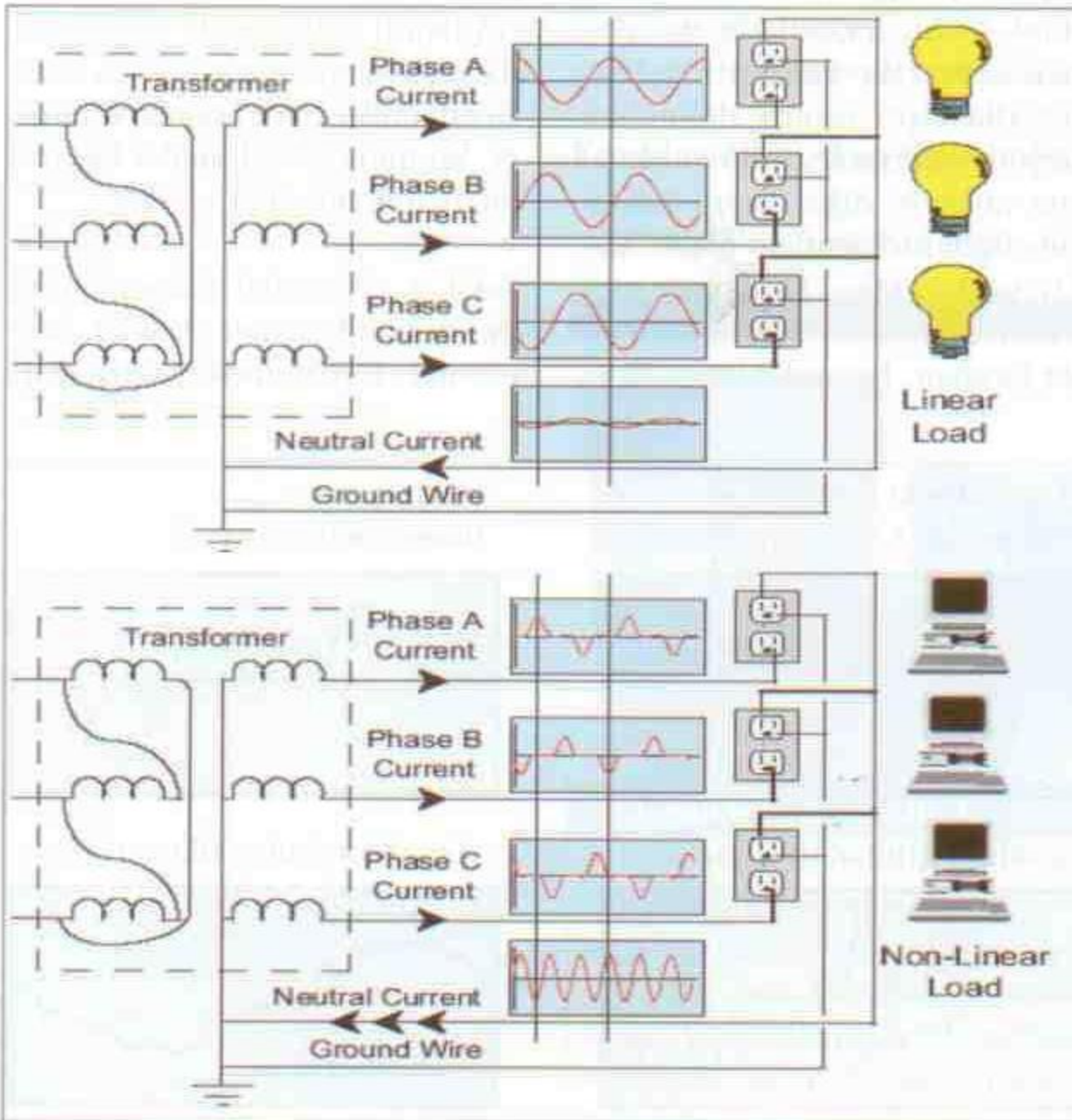
Şekil 2: Bozulmuş dalgaformunun harmonik bileşenleri

muş, bozulmuş bir dalgaformunu göstermektedir.

Dalga formunu temel bileşene indirgemenin bu metodu ve daha yüksek frekanslar genlikleri ve frekansları gösteren (ve harmonik spektrumu olarak bilinen) çubuk grafik spektrumu şeklinde temsil edilebilir.

Akım harmonikleri temel frekan-

sın çeşitli katlarında olarak sistemde akan akımlardır. Benzer olarak gerilim harmonikleri, temel frekansın katlarında olan sistemde mevcut gerilimlerdir. Örneğin şayet 50Hzlik sistemde 150Hz de gerilim ölçersek, 3.harmonikte gerilim vardır (3x50Hz=150Hz) Bozulmuş akımların güç sistemine etkileri, her bir harmonik devresini bireysel olarak ayrı analiz edip ve daha sonra sonuçları top-



Şekil 3: Lineer olmayan akımların nötrde nasıl eklendiğini gösteriyor

layarak belirlenebilir. Temel ve tüm harmonik dalgaformlarının birleşimi bozulmuş veya sinüsoidal olmayan dalgaformunun eşdeğer bir temsilidir.

3. ve katı harmonik akımları nötrde nasıl bileşiyor

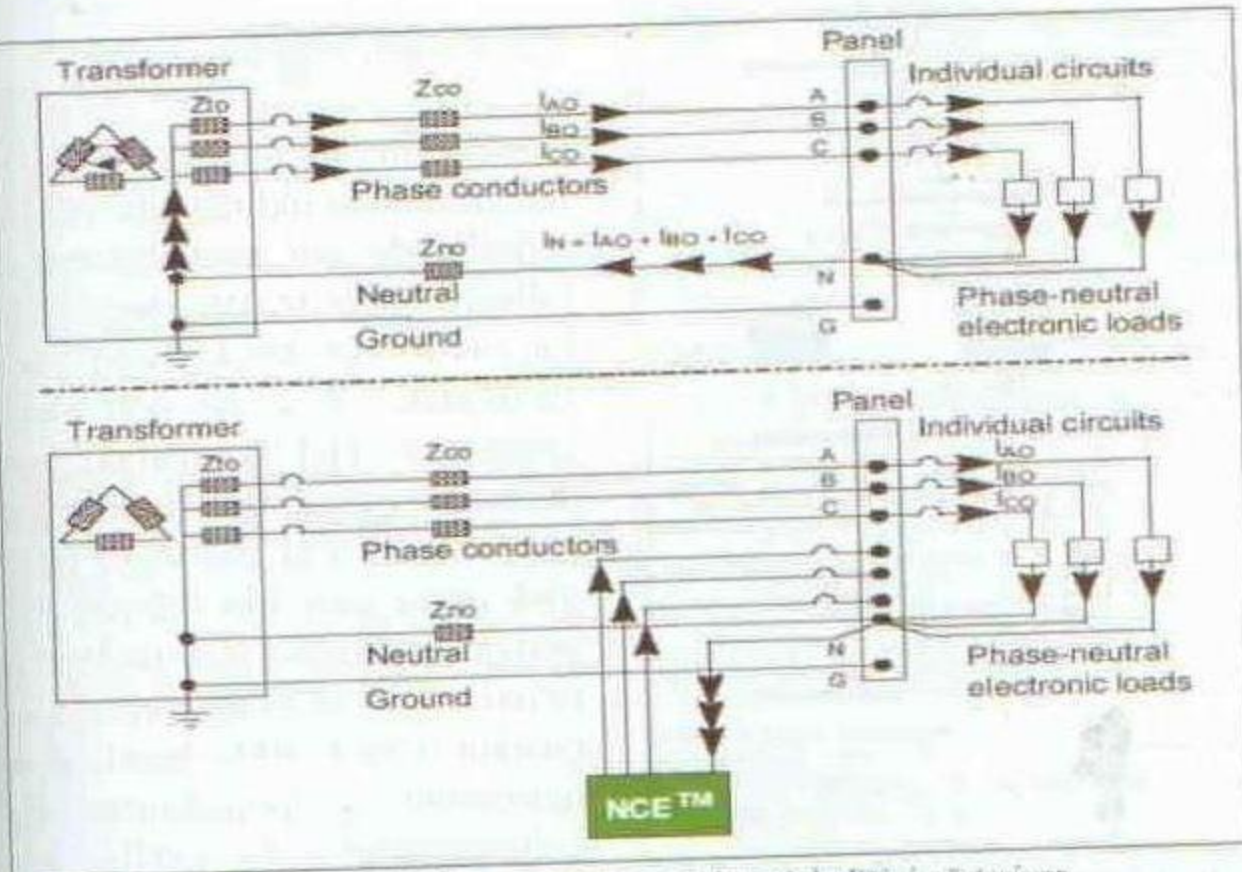
Bir 3 fazlı, 4 telli sistemdeki fazlardaki akımların nötr iletkeninde nasıl geri döndüğü Şekil 3'de gösterilmektedir. Lineer yük akımları arasındaki 120 derecelik faz farkı, dengeli kısımlarda anında nötrde ortadan kalkacaktır. Lineer yüklerde, nötr faz iletkeniyle aynı boyutta olabilir, çünkü nötr akımı en büyük faz akımından daha büyük olamaz hatta yük tamamıyla dengesiz olsa bile.

Ancak yük lineer değilse, bir fazdaki akım darbesi birbirini götürecektir. Bu akım darbeleri, herhangi bir faz iletkeni akımından daha büyük nötr akımına sebep olan, birbirine ilaveli biçimindedir. Bu nötr akımının frekansı öncelikle 150Hz (3. harmonik) olacaktır. Bu durum Şekil 3'deki dalga formunda açıkça görülmektedir çünkü aynı zaman aralığında lineer akım 2 sayıklı tamamlarken lineer olmayan nötr akımı 6 sayıklı veya temel frekansın 3 katı zamanı tamamlamaktadır.

Lineer olmayan yüklerle, RMS akım dengeli olsa bile nötr akımı genelde en büyük faz akımını geçer.

NCE nötr iletkeni yükünü azaltır

Nötr akımı eliminatörü veya NCE; 3. ve 9. harmonik akımlarıyla beraber diğer sıfır bileşen akımları (I₀) nötr iletkeninden temizleyen, paralel bağlı, elektromanyetik, sıfır bileşen filtresidir.



Şekil 4: NCE'nin 3. harmonik akımını nötrden nasıl temizlediğini gösteriyor

NCE nötr akımının faza dönüşü için çok düşük empedanslı alternatif bir yol sunmaktadır; çünkü NCE sargıları, yolu değiştirilmiş nötr akımının oluşturduğu net akıyı ortadan kaldırmak üzere düzenlenmiştir. Nötr akımı, nötr toprak gerilimi, gerilim bozulması ve besleme transformatörü kayıpları azaltılmıştır. Çünkü sadece artık miktarda 3. harmonik ve diğer sıfır bileşen akımları transformatörün nötründe ve NCE bağlantı noktaları arasındaki faz iletkenlerinde bulunmaktadır. Sonuç olarak, iki katı akım kapasitesine sahip nötr iletkenini besleme trafosuyla NCE bağlantı noktası arasına çekmeye gerek yoktur.

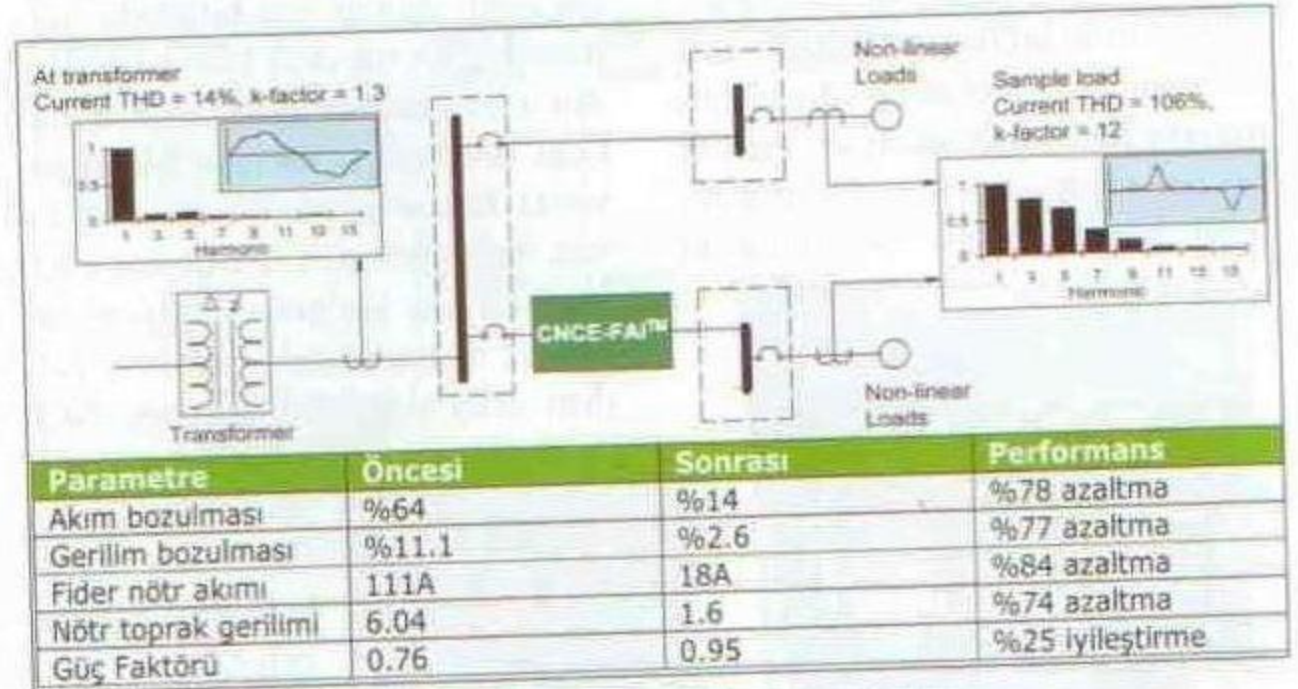
CNCE 5. ve 7. ile birlikte 3. ve 9. harmonikleri bastırma özelliğini birleştirmektedir

Bir sürü harmonik bastırma uygulamasında, gerilim bozulmasında ve trafo kayıplarında en fazla azaltmayı başarmak için 3. ve 9. lara ilave olarak 5. ve 7. harmonik akımlarını bastırmak avantajlıdır. Bizim patentli CNCE, seri bağlı, NCE'nin nötr akım filtreleme işiyle 30 derece faz farkını gi-

riş ve çıkışlarında oluşturmayı birleştirebilen, 4 telli oto transformatördür.

Gerilimdeki bu faz farkı CNCE'nin girişindeki 5. ve 7. harmonik akımlarının, CNCE'den beslenmeyip doğrudan bağlı olan lineer olmayan yüklerin oluşturduğu akımlarla 180 derece faz farklı olmasına sebep olur.

Aşağıdaki örnekte, CNCE 4 temel harmonik akımını (3, 5, 7 ve 9.) bastırıldığı için, akım bozulmasında, nötr toprak geriliminde ve güç faktöründe çok yüksek oranda iyileştirme yapar.



Şekil 5: CNCE kullanarak tipik akım bozulma iyileştirme oranları

Tipik bir uygulamada harmonik akımlarının akışı

Şekil 6 günümüz lineer olmayan yükler tarafından üretilen en yaygın harmoniklerin (3, 5, 7. ve 9.) tipik 3 fazlı, 4 telli elektrik dağıtım sisteminde nasıl aktığını göstermektedir. Yalnızca yük akımı daha büyük olduğu için besleme trafosuna yakınında harmonik akımları daha büyüktür. Transformatörde, 5. ve 7. harmonikler transformatörü geçerek yukarıya doğru akmaya devam ederken 3. ve 9. harmonikler primer sargısında dolaşacaktır.

Not: Harmonik analizinde, lineer olmayan yükleri harmonik akımları şebekeye gönderen akım kaynakları olarak düşünmek uygundur.

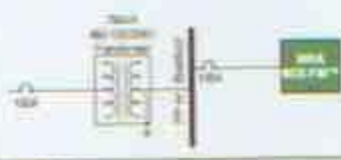


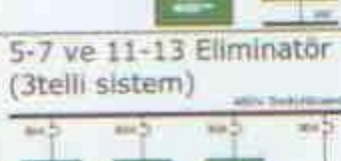
MIRUS NCE, 3'ün katı harmonikleri ve diğer sıfır bileşen akımları (50Hz dengesiz gibi) bu akımların nötrden doğrudan üretildikleri yüke geri akış yolunu değiştirerek, temizlemek için tasarlanmıştır. Harmonik üreten yükler (güç panosuna) yakın bağlandığında, NCE bu akımlara yukarıdaki transformatöre olan yoldan daha düşük empedanslı yol sunarak, onları çekecektir. Bu nötr iletkeninin ve transformatörün yükünü azaltacaktır. Böylece onlar aşırı ısınmayacak bir şekilde çalışacak ve nötr iletkenini iki katına çıkar-

Eliminatör Serisi Ürünler

Eliminatör ürünü	Uygulama Açıklaması
Nötr Akım Eliminatoryü (NCE) Temizlenen harmonikler:3 .9. ve 15.	<ul style="list-style-type: none"> • 3'ün katı (3.9. ve 15.) harmonik akımların akışını nötr iletkeninden ve üst taraftaki transformatörden başka yöne çevirmek için 3 fazlı, 4 telli sistemlere paralel bağlanır. • Lineer olmayan yüklerin olduğu sistemlerde kullanılır • En iyi sonuca harmonik üreten yüklerin hemen yanındaki (3 kutuplu hat şalterinden beslenen) güç panosuna bağlandığı zaman ulaşılır. • NCE tarafından geri döndürülen faz akımı çekilen nötr akımının 1/3'üne eşit olacaktır ve NCE'nin koruması buna uygun yapılmalıdır. Örneğin 3 kutuplu 100A'lik şalter 300A'lik NCE'yi korumak için kullanılacaktır. • Nötr akımının NCE'nin üst tarafından çekildiği yerlerdeki (yani çeşitli alt panolar) veya alt taraftaki yüklerin büyümesi beklenen yerlerdeki kurulumlarda Saha Ayarlanabilir Empedansı opsiyonu seçilmelidir.
Kombine Nötr Akım Eliminatoryü (CNCE) Temizlenen Harmonikler: 3.5.7.9.15.17. ve 19.	<ul style="list-style-type: none"> • Aynı zamanda 3'ün katı (3.9.ve15.) harmonik akımların akışını nötr iletkeninden ve üst taraftaki transformatörden başka yöne çevirirken, 5.ve 7. harmonikleri faz kaydırarak temizlemek için 3 fazlı 4 telli sistemlere seri bağlanır. • CNCE normalde dağıtım sistemindeki güç panosunun yaklaşık yarısını, yüksek miktarda 3.5. ve 7. harmonikleri olan, lineer olmayan,monofaze yüklerin bağlı olduğu baraları besler. • Üst taraf korumasını boyutlandırmak için Standart trafo tasarım alışkanlıkları kullanılabilir. • CNCE'nin üst tarafındaki 3'ün katı harmonikleri çekmeye, şayet istenirse, Saha Ayarlanabilir Empedans opsiyonu (FAI) yardımcı olur.
NCE ve CNCE'nin kombine kullanımı Temizlenen harmonikler: 3.5.7.9.15.17. ve 19.	<ul style="list-style-type: none"> • NCE ve CNCE'nin kombinasyonu en iyi harmonik bastırma performansını verecektir. • CNCE'ler, geri dönen nötr akımının yolunu değiştirerek ve diğer lineer olmayan yüklerin fazları kaydırılmamış 5. ve 7.harmonik akımlarıyla temizlenir diye 5. ve 7.harmonik akımlarının fazlarını kaydırarak, yükün yaklaşık yarısını besler. • NCE'ler diğer güç panolarındaki 3ün katı harmonikleri temizlemek için kullanılır
Temizlenen harmonikler: 5.7.11.13.17. ve 19.	<ul style="list-style-type: none"> • 3fazlı,3telli sürücüler gibi 6palslı doğrultuculu yüklerin karakteristik harmoniklerini temizlemek için kullanılır • 5-7Eliminatörle beslenen bir sürücü doğrudan beslenen sürücüyle eşleştirildiğinde, 12pals diyagramı çözümü (yani 5.7.17. ve 19. harmoniklerin temizlenmesi) oluşacaktır. • 3adet (veya katları) 6pals sürücülerin harmoniklerinin temizlenmesi gerektirdiğinde, kısmi18 pals çözümü oluşturmak için 5-13 Eliminatoryü kullanılabilir. 2 grup 3 adet sürücüye 5-13 Eliminatoryü uygulayarak, 5.7.11. ve 13. harmonikler ortak besleme barasında temizlenirler. • Bir adet 5-7 Eliminatoryüle 2 adet 1113 Eliminatoryüle kombine etmek, 23'ün altındaki tüm karakteristik harmonikleri temizleyen kısmi 24 pals çözümü oluşturur.

Not: NCE ve CNCE gibi düşük sıfır bileşen empedanslı ürünlerin kullanımıyla monofaze hata seviyesi yükselecektir.

2yükün her birinde 5-13 eliminatoryü kullanmak 18pals diyagram üretecektir(yani 5.7.11. ve 13. harmonikler ortadan kalkacaktır) En uygun harmonik temizleme için, 5-7eliminatoryüle 11-13 eliminatoryünün kombinasyonu, 4adet 6pals doğrultuculu yüklerin çeşitlerine, 24pals işletimi oluşturmak üzere servis vermek için kullanılabilir. Çoğu durumda, bu tip konfigürasyon, IEEE std519-1992 de belirlendiği gibi çok sıkı harmonik akım ve gerilim limitlerine uyacaktır. Sürücü uygulamalarındaki harmonik bastırma çözümlerine alternatif bir metod için Mirus Lineatör Evrensel Harmonik Filtre uygulamalarına bakınız.

Uygulama Örneği	Tipik performans				
	Gerilim bozulumu	Akım bozulumu	Nötr akımı	Nötr-toprak gerilimi	Güç faktörü
NCE 	%40-60 azaltım	%40-60 azaltım	%60-80 azaltım	2Volttan az	%90ın üstünde
CNCE 	%65-80 azaltım	%65-90 azaltım	%65-90 azaltım	2Volttan az	%90ın üstünde
NCE ve CMCE 	%70-90 azaltım	%70-90 azaltım	%75-95 azaltım	2Volttan az	%95in üstünde
5-7 ve 11-13 Eliminatoryü (3telli sistem) 	%40-60 azaltım	%40-60 azaltım	Uygulanamaz (3telli sistem)	Uygulanamaz (3telli sistem)	%95in üstünde