



TMMOB ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI

BİLGİ BELGE MERKEZİ(BBM)

Döküman Bilgileri

EMO BBM Yayın Kodu	: 8
Makalenin Adı	: Harmonik Kirlenme Problemi ve Çözümleri Toplantısı
Makalenin Yayın Tarihi	: 01/01/2004
Yayın Dili	: Türkçe
Makalenin Konusu	: Harmonik kirlenme konulu toplantı tutanağı
Makalenin Kaynağı	: 3E Electrotech Dergisi, sayı 116, Ocak 2004
Anahtar Kelimeler	: Harmonikler, harmonik kirlenme
Yazar 1	: 3E Electrotech Dergisi

Açıklama

Bu doküman Elektrik Mühendisleri Odası tarafından açık arşiv niteliğinde olarak bilginin paylaşımı ve aktarımı amacı ile eklenmiştir.

Odamız üyeleri kendilerine ait her türlü çalışmayı EMOP/Üye alanında bulunan veri giriş formu aracılığı ile bilgi belge merkezinde yer almasını sağlayabileceklerdir. Ayrıca diğer kişiler çalışmalarını e-posta (bbm@emo.org.tr) yolu ile göndererek de bu işlemin gerçekleşmesini sağlayabileceklerdir. Herhangi bir dergide yayınlanmış akademik çalışmaların dergideki formatı ile aynen yer almaması koşulu ile telif hakları ihlali söz konusu değildir.

Elektrik Mühendisleri Odası Bilgi Belge Merkezi'nde yer alan tüm bilgilerden kaynağı gösterilerek yararlanılabilir.

Bilgi Belge Merkezi'nde bulunan çalışmalardan yararlanıldığında, kullanan kişinin kaynak göstermesi etik açısından gerekli ve zorunludur. Kaynak gösterilmesinde kullanılan çalışmanın adı ve yazarıyla birlikte belgenin URL adresi (http://bbm.emo.org.tr/genel/katalog_detay.php?katalog=2&kayit=8) verilmelidir.

Harmonik Kirlenme Problemi ve Çözümleri Toplantısı

Sektörümüzün önemli ve güncel konularından biri olan Harmonik Kirlenme toplantısını hoşgeldiniz diyerek açıyor ve göstermiş olduğunuz ilgi nedeniyle hepinize teşekkür ediyorum. Sözü de hemen sizlere devrediyorum. Buyrun efendim.

Haluk Tekin (ABB): Harmonik, elektrik sektöründe son 10 senenin ilgi çeken konusu olup sadece bu işin uzmanlarının değil geniş kullanıcı kitlelerinin de ilgi alanına girmiştir. Günümüzde ticari ve endüstriyel bütün işletmelerde elektronik sistemlerin yaygınlaşması sonucu harmonik

bozulmalar da artmaya başlamıştır. Kullanıcıların cihazlarda ve kablolarda aşırı ısınma, şalterlerde anlamsız açmalar, motor problemleri, elektronik kart arızaları, yüksek nötr akımları ve kondansatör problemleri olarak karşılaştıkları arızalar aslında sistemlerindeki harmonik akım ve



Haluk Tekin, Cem Şirin, Kazım Topaloglu, Ahmet Güvenman, Çiler Ortaç, Ömer Özmen, Korban Öztürk, Ahmet Engin, Murat Uçar, Halefşan Sümen, Ipek Portakal

gerilimlerin varlığını gösteren belirtilerdir. Kullanıcıların yaşadığı bu problemlerin temel kaynakları da yine kendi tesisatları olmaktadır. Yani işletmelerinde kullandıkları AC/DC hız kontrol cihazları, kaynak ve ark makineleri, UPS'ler, floresant aydınlatmalar, bilgisayar sistemleri, IGBT teknolojisini kullanan tüm non-lineer cihazlar sağladıkları kolaylıkların yanı sıra harmonik problemlerinin de kaynakları olmaktadır. Ancak bu sorunun geniş kitlelerce tanınması, aslında pasif bir eleman olan kompanzasyon kondansatörlerinin yapılarındaki kapasitif yükü nedeniyle üzerlerinde daha fazla gerilim düşümü olması sonucu zarar görmeye başlamalarıyla olmuştur. Bu şekilde kondansatörlerinde sorun yaşayan ve reaktif enerji bedeli üzerinden ceza ödemek zorunda kalan kullanıcılar, bunun sebeplerini araştırmaya başlayınca harmonik kavramı ile tanıştılar. Böylece kullanıcılarda "Harmoniği nasıl çözeriz?" arayışları başladı. Bu arayışlarla birlikte çözüm önerileri öncelikli olarak yurtdışında partnerleri bulunan uluslararası firmalardan gelmeye başladı. Çözüm önerilerini kısaca pasif filtreler, izolasyon transformatörleri ve aktif filtreler olarak 3 gruba ayırabiliriz. Bu öneriler, firmaların uluslararası veya lokal olmalarına bağlı olarak değişmekle birlikte temelde aynı amaca hizmet etmektedir. Burada önemli olan, müşteri yerinde yapılacak detaylı ölçüm sonuçlarının, doğru çalışan bir tasarım programı ve uygun ekipmanları kullanan tecrübeli firmalar tarafından op-



Haluk Tekin (ABB)

timum çözüm olarak müşteriye iletilmesidir. Müşterilerin bize sıkça sorduğu sorular; "Değerlendirmemizi yaparken neye göre yapacağız? Bu konuda herhangi yasal düzenleme var mı? Bu yasal düzenlemeler nasıl uygulanmalı? Firmalar bu konuyu kullanıcıya nasıl belirtmeli ve sunmalı?" şeklinde. Bu toplantının amacı bu belirsizliği bir nebze olsun aşabilmek. Herkesin değişik çözüm yolları olsa da asıl amaç müşterinin sorununu halletmektir.

Burada önemli olan nokta, müşteri yerinde yapılacak detaylı ölçüm sonuçlarının, doğru çalışan bir tasarım programıyla ve uygun ekipmanları kullanan tecrübeli firmalar tarafından optimum çözüm olarak müşteriye iletilmesidir.

Önce sorunu doğru teşhis etmek gerek. Bunun bile sorun olduğunu düşünüyorum.

Haluk Tekin (ABB): Evet. Çünkü önerilerin değerlendirilmesi konusunda müşterilerin büyük sıkıntıları bulunuyor. Gerçekten ihtiyacı olan bir sistemin mi önerildiği yoksa önerilen sistemin sadece o firmanın ürünü olduğu için mi kendilerine sunulduğu konusunda genel bir sıkıntı var. Bu toplantıda okurlara ayrıntılı bilgi verebileceğimize inanıyorum.

Cem Bey, siz ABB'nin şebeke kalite sorumlusunuz. Harmonikler enerji kalitesini ne şekilde etkiliyor? Yarattığı sorunlar nelerdir?

Cem Şirin (ABB): Gelişen teknolojinin paralelinde elektronik cihazların sebep olduğu harmoniklerin sisteme etkileri her geçen gün artmaktadır. Harmonik üretim seviyesi tesisteki yükün içeriği ile doğrudan ilişkilidir. Lineer olmayan gerilim / akım karakteristikli bu yükler bağlandığı noktadan sinüs eğrisi bozulmuş akımlar çekmektedir. Oluşan bu harmonikli akımlar dağıtım sisteminin alt kademelerinde gerilim harmoniği olarak yayılmaktadır. Bunun için tüketicilerin kendi tesisatlarındaki harmonik akımlarına önlem olarak, harmonik filtreleme sistemleri kurmaları gerekmektedir. Uygulanan metodları genel olarak sıralarsak; Detune Filtreler, Tune Filtreler, Özel Trafolar ve Aktif Filtreler. Bunlardan Aktif Filtre'nin 10-15 yıl öncesinde pek ismi duyulma-

mişti. Fakat ihtiyaçlar ve gelişen teknoloji, aktif filtre, tristörlü kontrol gibi teknolojileri beraberinde getirmiştir. Belirtilen yöntemlerden ilgili tesise hangisinin uygulanacağı tesiste yapılan ölçüm ile belirlenmektedir. Müşterinin enerji dağıtım tesisindeki harmonik bozulma seviyesini ölçerek hangi uygulamayı tercih etmemiz gerektiğine karar veriyoruz.

Ölçümler anlık mı, geniş zaman dilimlerini mi kapsıyor?

Cem Şirin (ABB) : Harmonik ile ilgili ölçümün nasıl gerçekleştirileceği IEC 1000-4-7 standardında detaylı olarak belirtilmiştir. Anlık ölçüm ve uzun süreli ölçüm yaparak bunları kayda alıyoruz. Alınan değerleri de simülasyon programımızda değerlendirerek sistemde uygulanacak çözüme bu şekilde karar veriyoruz. Harmonik akım bozulmalarının % 30-40'larda ve harmonik gerilim bozulmalarının takribi % 10'lardan sonra basit bir detune filtre olayına indirgeyerek çözmek zorlaşmaktadır. Bu durumlarda aktif filtrelerle geçmek gerekiyor. Detune filtrede de gerilimdeki harmonik bozulmalara göre % 8'e kadar belirli tipte reaktör kullanıyoruz. %12'lere kadar da farklı tipte reaktör kullanıyoruz. Burada amacımız; standartların tavsiye ettiği gerilimdeki harmonik bozulmalarında % 4 mertebelerine yaklaşmak şeklindedir.

Pratikte bunu tamamen yok etmek olanaksız tabii...

Cem Şirin (ABB): Pratikte tam



Cem Şirin (ABB)

sıfır yapmak mümkün değil fakat buraya yaklaştırmak mümkündür. Burada ideali yakalamak için maliyetin yükselmesine razı olmak durumundasınız. İhtiyaca göre dizayn yapmak, harmonikleri standartların tavsiye ettiği seviyelerde tutmak, tesis için ekonomik bir çözüm olmaktadır. Yüklerin değişken olmadığı yerde harmonik mevcut ise, bunları ayarlı filtre diye tabir ettiğimiz, belirli harmonik frekanslara hitap eden yöntem uygulanıyor. Bunun da dezavantajları

Bizim aktif filtrelerle yönelmemizin sebebi AC ve DC sürücülere olan talebin artmasıdır. Son zamanlarda daha çok AC sürücülere olan talep artmaktadır; fakat bunlar da bağlı oldukları dağıtım sisteminde harmoniklerin kümülatif olarak artmasına neden olmaktadır.

var. Yükün ihtiyaç duyduğu harmonik akımlar süreklilik arz etmelidir. Yükteki ani değişikliklere cevap vermez. Kısacası yükün değişken olması gerekir. En iyi çözüm harmoniği yüksek olan yerlerde aktif filtredir. Bunlar harmonik akımların belirli frekanslarına tune edilebilir ve elektrik sisteminde rezonans oluşturmaz. Bizim bu gibi aktif filtrelerle yönelmemizin sebebi AC ve DC sürücülere olan talebin artmasıdır. Son zamanlarda daha çok AC sürücülere olan talep artmaktadır; fakat bunlar da bağlı oldukları dağıtım sisteminde harmoniklerin kümülatif olarak artmasına neden olmaktadır. Harmoniklerinin enerji tesislerine olan etkilerine değinecek olursak.

- Enerji sistemindeki transformatör, kablo, elektrik makinaları gibi ekipmanların aşırı ısınmasına
 - Tesiste gerilim düşümünün artmasına
 - Malzemelerde izolasyon delinmesi ve erken yaşlanmaya
 - Koruma ve kontrol devrelerinde sinyal hatalarına
 - Mikroişlemcili devrelerin hatalı çalışmalarına
 - Şebekede istenmeyen rezonans olayların oluşmasına
 - Devre kesicilerinde istenmeyen açmalara sebep olmaktadır. Bunları yok etmek için uyguladığımız aktif filtre sistemi esnekliği nedeni ile gelecek vadede bir uygulamadır, temennimiz iletirye dönük aktif filtrelerin fiyatlarının düşmesidir.
- Gerçi donanım imalatçıları şok bobinleri kullanarak harmoniklerin etkisini bir miktar azaltma-

ya çalışmaktadır; fakat sürücü miktarının artması durumunda şok bobinlerinin yetersiz kaldığı durumlar oluyor. Yani akım harmoniklerinin yüksek olduğu yerlerde kesin çözüm aktif filtre oluyor.

Kazım Bey, aktif filtre ile Aktif Mühendislik isminin ilgisi var mı?

Kazım Topaloğlu (Aktif Mühendislik): Aktif Mühendisliğin sektörde hizmet vermeye başladığı yıllarda ülkemizde henüz Aktif Filtre çözümleri uygulanmadığı gibi, isim benzerliği de tamamen hoş bir tesadüftür. Ülkemizde ilk Aktif filtre uygulamaları bildiğim kadarı ile 1998 yılında başlamış olup, günümüzde de artan bir hızla devam etmektedir. Bu bağlamda Aktif Filtre ile Aktif Mühendislik arasında kurulabilecek bağ, harmonik çözümler konusunda Aktif Filtre'nin ülkemizdeki ilk uygulayıcılarından biri olması ve her geçen gün bu uygulamalarının sayısını başarıyla artırmasıdır. Aktif Mühendislik ise güç ve enerji sektöründe, elektriğin üretildiği ilk noktadan tüketildiği son noktaya kadar (AG, OG, YG) ölçüm, izleme, koruma, kontrol, enerji kalitesi ve Scada tabanlı otomasyon sistemleri konularında, can güvenliğini ve iş kalitesini esas alarak, 1996 yılından günümüze, bünyesinde yer alan 9 Elektrik Mühendisi, 1 Elektronik Mühendisi, 2 Fizik Mühendisi, 2 Bilgisayar Mühendisi ve 2 Elektrik Teknisyeni'nden oluşan 22 kişilik tecrübeli ve dinamik kadrosuyla hizmetini



Kazım Topaloğlu (Aktif Mühendislik)

sürdürmektedir.

Kurulu ve çalışan işletmelerde harmonik distorsiyon oranları, bilindiği gibi çeşitli yöntemlerle yapılan ölçümler ve analizler sonucunda belirlenebilmektedir. Yapılan ölçümlerin analizleri sonucunda da işletmeler için teknik ve ekonomik açıdan en optimum çözümler geliştirilebilmekte, uygulamaya geçilebilmektedir. Bu uygulamalar, pasif

Gerek projeci firmaların projeleri oluştururken sistemleri iyi analiz etmeleri, gerekse gelişen teknoloji ile elektronik cihazların oluşturdukları harmonik seviyelerinin daha düşük seviyelere çekilmesi sayesinde, harmonik kaynaklı problemler zaman içerisinde kendiliğinden çözülmeye başlayacaktır.

filtreli kompanzasyon, statik anahtarlama pasif filtreli kompanzasyon ve aktif filtre uygulamaları olabildiği gibi, işletmeden işletmeye fark gösterebilmekte, zaman zaman giriş bobinleri ve hat reaktörleri de makine ve cihaz girişlerinde lokal olarak uygulanabilmektedir. Her bir uygulama için, yapılan ölçümler ve işletmenin ayrıntılı analiz sonuçları göz önünde bulundurulmalı, işletmelerde, değişen elektriksel parametrelerden doğabilecek rezonans olayları irdelenmelidir. Aksi takdirde yapılacak uygulamalar can ve mal güvenliği açısından telafisi zor sonuçların oluşmasına neden olabilecektir. Şu ana kadar bahsettiğimiz ölçümler ve analizler için, sürekli olarak kurulu ve çalışmakta olan işletmelerin harmonik kaynaklı problemlerinin belirlenmesi ve çözümleri üzerinde durulmuş olmasına rağmen, aslında en doğru çözüm, kurulması planlanan ve proje aşamasında olan işletmelerin, henüz proje aşamasına geçilmeden, oluşabilecek harmonik kaynaklı problemlerinin belirlenmesi ve proje aşamasında gerekli filtrasyon yöntemlerinin geliştirilmesidir. Yani, işletmenin elektriksel projeleri oluşturulurken, sistemin harmonik distorsiyon oranları hesaplanmalı, uygun filtrasyon yöntemleri belirlenip projelere eklenmelidir. Bu sayede yatırım maliyetleri minimum seviyelere çekilebilecek, işletme devreye alındıktan sonra yaşanabilecek harmonik kaynaklı problemler daha proje aşamasındayken çözülmüş olacaktır. Tabi burada en önemli görev az önce bahsettiğimiz gibi

proje firmalara düşmektedir. Hala bir çok proje firma, çizdikleri projelerde, harmonik kaynağı olabilecek makine ve cihazların olup olmadığına, bunların sistemde yaratacağı toplam harmonik distorsiyonuna ve kurulacak kompanzasyon sistemlerinin bu harmonik distorsiyonları sebebi ile bir paralel rezonans devresi oluşturup oluşturmadığına dikkat etmemektedir. Durum böyle olunca da devreye alınıp çalışmaya başlayan bir çok yeni işletmede harmonik kaynaklı problemler etkilerini göstererek, hesaplanmayan bir çok ek maliyetler doğurmakta, çözüme gidildiğinde ise, yine ek yatırımlar söz konusu olmaktadır. Hatta bir çok kez, firmaların kurulum aşamasında milyarlar ödediği kompanzasyon sistemlerinin, komple iptal edilerek yerlerine filtreli kompanzasyon sistemlerinin kurulduğu da görülmektedir. Harmonik kaynaklı problemlerin, son 10-15 sene içerisinde gelişen teknoloji ile birlikte, işletmelerde elektronik sistemlerin ağırlık kazanması sonucu belirginleştiği doğrudur. Fakat gelişen teknolojinin ilk ürünleri olan bu cihazların da zaman içerisinde gelişmesi ve bu tip elektronik cihazların üretmiş oldukları harmonikleri ya kendi içlerinde filtrelemeleri ya da üretmiş oldukları harmonik akımlarının seviyelerinin minimum değerlere çekilebilmesi sayesinde, artık yeni nesil cihazların harmonik seviyeleri daha düşük değerlerdedir. Örnek verecek olursak, bundan birkaç sene evveline kadar ağırlıklı kullanılan UPS'ler 6 puls 'lı sistemler ihtiva ediyorlar-

Standartların vermiş olduğu gerilim ve akım değerleri var. Hepimizin yapmaya çalıştığı; bu gerilim ve akım değerlerine inmeye çalışmak. Aktif filtre uygulaması ile bunları sıfıra götürmek mümkün. Akımı sıfırlayabiliriz; ama gerilim empedansla ilgili olduğu için hiçbir zaman sıfıra çekme imkanına sahip olamayız.

dı. Bu durumda sistemde oluşan harmonik akımlarının ağırlıklı 5. ve 7. mertebelerden harmonik akımları olması son derece normaldi. Fakat günümüzde daha ileri teknoloji ürünü olan 12 puls 'lı UPS'lerin yaygınlaşması ile birlikte bu sorun da ortadan kalkma eğilimi göstermektedir. 12 puls 'lı UPS lerin üretmiş oldukları harmoniklerin etkinlik değerleri düşük 11.-13. mertebelerden harmonikler olması ve 5.-7. mertebelerden üretilen harmonik akımlarının çok düşük seviyelerde kalması sebebi ile harmonik kaynaklı problemlerin yaşanma olasılığının oldukça düştüğü görülmektedir. Daha açık belirtmek gerekirse, gelişen teknoloji ile birlikte yaşamaya başladığımız harmonik kaynaklı problemler, yine gelişen teknolojinin sunacağı çözümler sayesinde zaman içerisinde ortadan kaldırılabilecektir. Bir sonuca bağlayacak olursak; gerek proje firmaların projeleri oluştururken sistemleri iyi analiz

etmeleri (özellikle harmonik konusunda çalışan firmalardan destek almaları), gerekse, gelişen teknoloji ile elektronik cihazların oluşturdukları harmonik seviyelerinin daha düşük seviyelere çekilmesi sayesinde, harmonik kaynaklı problemler zaman içerisinde kendiliğinden çözülmeye başlayacaktır. Ayrıca şu an için oldukça yüksek sayılabilecek fiyatları olan aktif filtre ve statik anahtarlamalı filtreli kompanzasyon sistemlerinin de zaman içerisinde fiyatlarının daha düşük seviyelere ineceğini göz önünde bulundurursak, ileride bu çözümlerin uygulamalarının daha da artacağını ve cazip hale geleceğini de söyleyebiliriz. Tabi bu çözümlerin de tamamen işletmenin ihtiyacına uygun olması ve ekonomik-tekniğin yönünden en optimum çözüm olması gerekliliği her zaman göz önünde bulundurulmalıdır.

Ahmet Güvenman (Aktif Mühendislik): Zaman içerisinde sistemler kendilerini teknoloji ile beraber yeniledikçe yaratmış olduğu problemler de giderek azalmaya başlayacak. Harmonikler de bunlardan bir tanesi. Hız kontrol cihazları, kesintisiz güç kaynakları, DC sürücüler v.b harmonik üreten cihazları üreten firmalar da en kaliteyi üretmek isterler. Ama kalite ve fiyat her zaman dengede olması gereken bir unsurdur. Teknoloji geliştikçe daha uygun fiyatlarla daha az problemlili ürünleri çıkartmak mümkün oluyor. Örneğin 12 puls'lı bir KGK bundan 5 yıl önce 6 puls'lı bir KGK'ya göre 5 misli fiyatta iken, bugünün tek-

nolojisinde bu fark 1,5-2 misli gibi bir orana düştü. Belki 10-15 yıl sonra aralarındaki fark eşit seviyelere yaklaşabilir veya aralarında yüzde 25 gibi bir fark olabilir. Ama bugünün teknolojisinde sadece bizim ülkemizde değil Avrupa ve Amerika da dahil olmak üzere hala harmonik problemi mevcut. Kazım Bey'e tek noktada katılmıyorum; bu olayın çözülmesi çok yakın zamanda mümkün olmayacaktır. Çünkü bir olayı bozmak çok kolay ancak yapmak uzun zaman alıyor. Teknolojinin gelişmesine bağlı olarak düşüncecek olursak ve ekonomik kaygıları da dikkate alırsak harmonikten arınmak çok uzun zaman gerektirebilir. Hız kontrol cihazlarının ve UPS'lerin Avrupa'da bizden çok daha önce kullanıldığını düşüncecek olursak ve aradan 35-40 yıl geçmesine rağmen halen Avrupa ve Amerika'da harmonik filtrasyon konusu veya enerji kalitesi konusu gündemde ve önemli konulardan bir tanesi ise hatta kompanzasyonun filtreli olarak uygulanması bazı Avrupa ülkelerinde zorunlu ise ve konu üzerine yeni buluşlar yapıyor ise, o zaman önümüzde en az bir 50 yıl daha var diye düşünmek gerekiyor. Diğer taraftan bu zaman içerisinde neleri geliştirebiliriz diye düşünmemiz söz konusu. Standartlar her zaman bizim baz almamız gereken nokta olmalıdır. Harmonik ile ilgili uygulama kavramlarına baktığımızda; hız kontrol cihazlarının girişlerinde kullanılan şok bobinleri tepe faktörünü düzeltmek üzere uygulanan bir yöntem. Bununla sadece pikleri yok edebiliyorsu-



Ahmet Güvenman (Aktif Mühendislik)

nuz. Yani faydası olmakla birlikte, harmonik sorunu için gerçek anlamda bir çözüm sunması mümkün değil. Çözüm olarak pasif ve aktif olmak üzere iki temel uygulama söz konusu olabilir. Pasif filtre sistemleri hem Alçak Gerilim hem de Orta gerilim uygulamalarına imkan verirler ve her iki gerilim seviyesinde de uygulama metodunu ikiye ayırmamız mümkün. Bunlardan biri sistemdeki etkin harmonikten daha düşük bir değere ayarlanmış uygulamalar, diğeri ise etkin harmoniğin merkezine odaklanmış uygulamalar. Pasif uygulamalar empedansı sifıra eşitleme prensibine dayalı olarak çalışır. Düşük ayarlı pasif filtre uygulamaları uygulandığı frekansa göre kondansatörün paralel rezonans etkisini tamamen ortadan kaldırıp uygulandığı frekansa göre de ek iyileştirme sağlarlar ve bir çok tesis için en optimum yöntemdir. Ayarlı pasif filtreler ise daha çok demir çelik uygulamaları için ve genellikle orta geri-

limde uyguladığımız yöntemlerden biridir. Yükün hızlı değiştiği durumlarda ise Pasif filtre uygulamaları hem alçak gerilimde hem de orta gerilimde Statik kontaktörler üzerinden sürülerek 60 milisaniye gibi kısa bir zamanda sistemi kompanze edebilirler. Aktif filtreler ise empedanstan tamamen bağımsız, üretilen harmonik akımının tersinin üretilerek harmonik akımlarının söndürülmesi ve dolayısıyla gerilim harmoniğinin de düzeltilmesi prensibiyle çalışırlar ve Alçak gerilim uygulamalarında ayarlı pasif filtre uygulamalarının ve 3. harmonik izole trafolarının yerini aldığını söyleyebiliriz. Bu uygulamaların herbiri bir çözüm veya hiçbiri bir çözüm olmayabilir. İhtiyaç, tesisin yapısı ve empedansla ilgili olarak belirlenecektir. Yani bir çözüm bir tesis için çok uygun olabilir ama başka bir tesis için uygulanması çok büyük sakıncalara neden olabilir. Çünkü her biri için uygulanması mümkün olmayan durumlar da söz konusu. Harmonik çözümü dendiğinde bizim için en önemli konulardan biri empedans, diğeri ise yapılan ölçüm ve uygulamaların tesis yapısına ve standartlara uygunluğu. Standartlarda ölçüm ve uygulamalar 1000 Volt'un altı ve üstü için farklı tanımlamalar mevcuttur. Ölçümlemeden Şönt kapasitör banklarına, filtrasyon sistemlerinden statik uygulamalara kadar tüm konular standartlarda açıkça ele alınmış ve nasıl uygulanması gerektiği detaylandırılmıştır. İlgilenen meslektaşlarımıza bu bilgileri daima aktarıyoruz. Tüm bu standartlara ait

çalışmalar hem IEC hem de IEEE komisyonlarınca titizce yapılmış. Örneğin standartlarda ölçümün sürekliliği, minimum ne kadar zaman olması gerektiği açıkça yazılı. Standartların vermiş olduğu gerilim ve akım değerleri var. Hepimizin yapmaya çalıştığı; bu gerilim ve akım değerlerine inmeye çalışmak. Aktif filtre uygulaması ile bunları sıfıra götürmek mümkün. Akım sıfırlanabilir; ama gerilim empedansla ilgili olduğu için hiçbir zaman sıfıra çekme imkanına sahip olamayız. Diğer taraftan filtreli kompanzasyon uygulamaları ile de gerilimi düşük noktalara çekebiliriz ama akımı hiçbir zaman sıfıra çekme şansına sahip olamayız. Hem aktif hem de pasif filtre uygulamasını yaptığımız zaman da gerçekten çok büyük başarı sağlayabiliriz. Ama bu sefer de Cem Bey'in söylediği gibi ekonomik olarak işi optimumdan uzaklaştıracak noktalara gidebilir. Bazı durumlarda da uygulanması zorunluluk olabilir. Bence özetle tüketicinin bilinçlendirilmesinde fayda var. Gerçeklere uygun bir çözüm ve standartlara uygunluk söz konusu olduğunda hem bizim sektörün gelişmesi hem de bu sistemi kullanan firmanın memnuniyeti anlamında bir fayda sağlayacaktır.

"Hap şeklinde bir çözüm yok. Her kurum için özel çözümleri üretmek gerekir. Bunları yaparken de mutlaka standartları referans alarak hareket etme zorunluluğu vardır" diyorsunuz.

Ahmet Güvenman (Aktif Mühendislik): Bugün Avrupa'nın



Çiler Ortaç (Schneider Electric)

yapmış olduğu gibi, bir kompanzasyon uygulamasında, standart bir kompanzasyon yapılacağına, 189 Hertz'e ayarlanmış filtreli bir kompanzasyon uygulaması yapılmakta olup, bunu uygulayan tesis için hap çözüm gibi düşünülebilir. Bunun bir sorun olarak geri dönme ihtimali çok düşük bir ihtimaldir ve yeni yönetmeliğe göre de sorun yaşamak için kompanzasyon yerine

DR reaktörler harmonikleri filtre etmiyor. Sadece kondansatörün yarattığı amplifiye etkisini sıfırlıyor. Kondansatör önüne DR reaktör dediğimiz detuned reaktör konursa yani kondansatörlerin harmoniklere etkisi sıfırlanırsa harmonikleri standart değerlerin altına düşürmek pratikte %80-90 arasında mümkün oluyor.

her tesiste Avrupa'da olduğu gibi ülkemizde de bu sistemin uygulanması gerekir. Bu sistemler son kullanıcı için bugün lüks gibi gözükse de aslında hem çok kısa bir sürede kendini geri ödediğini hem de sorun çıktığında zaten bu yatırımı yapmak zorunda olduğunu düşünürsek tüketici için de bu bir avantaj haline dönüşüyor. Üstelik harmoniklerden kaynaklı muhtemel arıza ve duruşların kullanıcıya getireceği üretim kayıplarının da önüne geçilmiş olacaktır.

Çiler Ortaç (Schneider Electric): Ahmet Bey standartlardan bahsetti ama bununla ilgili denetim olmaması da büyük bir sorun. Kabul edilen standartlar var ama denetim yok.

Hap şeklinde çözüm yok ancak basit bir oran ile bir çözüm önermemiz mümkün.

Bu, harmonik generatörlerinin toplam gücünün trafonun toplam gücüne oranı şeklinde.

Bu oran % 15 düşükse kondansatörü standart tip kullanabilirsiniz. %15-25 arasında ise güçlendirilmiş tip kullanmalısınız. % 25 üzerinde ise DR (detuned reaktör) reaktör kullanmalısınız diyebiliriz.

% 60 üzeri için ise harmonik çalışmalarının yapılarak uygun çözümün bulunmasını öneriyoruz; ki bu filtre çözümü olabilir.

Bunun dışında, Schneider'ın içinde bulunan teknik destek vermeye yönelik birimimiz Prescription kanalı simülasyon programımız Harena üzerinden simülasyon gerçekleştirip müşteriye çözüm önerebiliyor.

Servisler departmanımız ölçüm

yapıp hangi tip çözümün uygun olacağına dair çözüm önerisi sunabiliyor.

Kısacası Schneider sadece ürün satma odaklı hizmet vermiyor, çözüm de üretiyor.

DR reaktörü filtre olarak tanımlamıyoruz; DR reaktörü anlayabilmek için kondansatörlerin harmoniklerle ilginç ilişkisine değinmek gerekiyor.

Kondansatörler harmonik yaratmıyor. Kondansatörler sadece C yükünden dolayı harmoniklerin genliğini oldukça yüksek oranlarda artırıyorlar. Esas olarak harmonikleri yaratan tristör kontrollü güç elektroniki devreleri kullanan ürünler.

DR reaktörler harmonikleri filtre etmiyor. Sadece kondansatörün yarattığı amplifiye etkisini sıfırlıyor. Kondansatör önüne DR reaktör dediğimiz detuned reaktör konursa yani kondansatörlerin harmoniklere etkisi sıfırlanırsa harmonikleri standart değerlerin altına düşürmek pratikte %80-90 arasında mümkün oluyor. Kısacası piyasadaki % 80-90 çözüm de bu şekilde gerçekleşiyor.

DR reaktörlerimiz bayilerimiz üzerinden satılabilir.

Harmonikler kondansatörün etkisinin sıfırlanmasına rağmen belli değerin altına düşürülemediğinde ve kompanzasyonsuz durumda bile $\cos Q$ nin yüksek olduğu durumlar gibi hız kontrol cihazlarının özelliklerinden kaynaklanan özel durumlarda aktif, pasif ve hibrit filtre çözümleri ortaya çıkıyor. Aktif filtre harmonikleri ölçerek ters harmonik yaratarak yok etme tekniğine dayanan bir teknoloji. Pasif filtrede ise harmoniklerin or-



Ömer Özmen (Schneider Electric)

taya çıktığı 5. 7. 11. ... gibi harmoniklerde (150Hz, 250Hz, 350Hz...vb) Z değerini sıfıra düşürerek tam olduğu değerde sıfırlama yapılıyor. Hibrit filtre Aktif ve Pasif filtrenin birleşiminden oluşuyor.

Hibrit filtre ile sadece fiyatın istenen seviyelere çekilmesi hedefleniyor.

Harmoniklerin önemini belirtmek için harmoniklerin etkilerine tekrar değinmek gerektiğini düşünüyorum.

Harmonikler iletkenler üzerinde efektif akım değerinin artmasına ve kablolarda ısınmaya yol açıyor. Bu da 3. harmonikte nötr iletkeninde kesit problemini doğuruyor.

Trafo üzerindeki sargılarda ısınma, demir kayıplarından artış, güç azalması yaratıyor. Çünkü üzerine ekstra bir yük bindiriyor.

Elektrik makinalarının üzerinde verim düşmesi, salınım, sargıların ısınması ve manyetik kayıplara yol açıyor.

En büyük etkiyi kondansatörler üzerinde yaratıyor. Kondansatörlerin çalışma ömrünü kısaltıyor. Kontrol devrelerinde hassas cihazlarda bozulmalar yaratıyor. Koruma cihazlarında gereksiz açmalar yaşanabiliyor. Aydınlatma sistemlerinde monitörlerde gidip gelmeler yaşanabiliyor. Telekomünikasyon sistemlerini de etkiliyor.

Tüm bunların getirdiği maliyetler hatırı sayılır değerlere ulaşmıyor.

Ömer Özmen (Schneider Electric):

Ben de kısaca şebekelerimizdeki harmoniklerin neden Türkiye'de bugün bu kadar gündemde olduğundan bahsetmek istiyorum. Bildiğiniz gibi TEDAŞ 2000 yılında tüketicilerinden, sistemlerindeki reaktif enerjinin aktif enerjiye oranı yükseltilmesini ve böylece sistemlerde gereken reaktif enerjinin şebekeden gelmesi yerine kondansatör tesisleriyle tüketicilere en yakın noktadan sisteme bağlanmasını istedi. Böylece reaktif enerji hatlardan gelmeyecek; reaktif akımlar dolayısıyla hatlarda oluşan kayıplar azalacaktı. Kısaca 17 Şubat 2000 tarihinde resmi gazetede yayımlanan tebliğ ile $\cos \phi$ değerini Mart 2001 tarihinden itibaren, endüktifte 0.95'e, kapasitifte de 0.98 arasındaki bölgede tutma zorunluluğu getirildi. Bu da çok açık olarak tüketici tarafında daha fazla kapasitenin devreye sokulması anlamını taşımaktaydı. Daha fazla kondansatör bataryasının devreye sokulması ile harmoniklerin etkisi sistemlerimizde artmaya başladı. Birçok tüke-

tici de harmoniklerin zararlı etkisini sistemlerinde görmeye başladı. Kondansatör bataryaları harmonik etkileri hem artıran hem de zararlarından ilk etkilenen şebeke elemanıydı diyebiliriz. Bu dönemde harmoniklere gerekli önlemleri almayan bazı müşterilerimizin kompanzasyon sistemlerinde yangın bile çıktığına şahit olduk.

Bu noktada şunu da vurgulamak gerektiğini sanıyorum: Harmonikler sistemlerimizde yüksek frekanslı akımlar dolaşmasına sebep olmaktadır. Deri etkisi dediğimiz olayla bu akımlar iletkenin tüm kesitini değil daha çok dış kılıfa yakın ve daha az bir kesiti kullanmakta. Böylece daha büyük bir iletken direnci ile karşılaşarak, trafo, kablo, bara, kondansatör iletken levhaların normalden daha fazla ısınmalarına neden olmaktadır.

Schneider Elektrik Servisler Bölümü olarak müşterilerimize en uygun kompanzasyon sisteminin ne olması gerektiği konusunda uzman bir elemanımız ile sahada bir test ve ölçüm faaliyeti gerçekleştirerek yardımcı olmaya çalışıyoruz. Müşterimizin sistemlerindeki harmonik değerlerinin ne olduğunu ve nereden kaynaklandığını ölçümlüyoruz. Daha sonra da nasıl bir filtrasyon kullanılması gerekiyorsa özel çözümleri üreterek kendilerine bir rapor olarak sunmaktayız.

Özel çözüm üretme konusu, şirketlerin yaşayan organizmalar olduğu dikkate alındığında bir kerelik bir iş değil. Şirket içinde kullanılan ekip-

17 Şubat 2000 tarihinde resmi gazetede yayımlanan tebliğ ile Cosφ değerini Mart 2001 tarihinden itibaren, endüktifte 0.95'e, kapasitifte de 0.98 arasındaki bölgede tutma zorunluluğu getirildi. Bu da çok açık olarak tüketici tarafında daha fazla kapasitenin devreye sokulması anlamını taşımaktaydı.

manların yapısı değiştikçe bu çalışmayı güncellemek gerekiyor.

Ömer Özmen (Schneider Electric): Çok haklısınız. Sistemlerde harmonik kaynağı cihazları dediğimiz cihazların kullanımının artması, sistemin daha fazla kompanzasyon gerektirmesi sebebi ile tesisler aniden harmonikler açısından tehlikeli düzeylere gelebiliyor. Bu sebeple periyodik ölçümler yapmakta veya bir güç analizörü üzerinden harmonik seviyeleri sürekli izlemekte büyük fayda olduğunu düşünüyorum. Bunun yanında özel durumlar da olabiliyor. Her yerde standart kontaktörlü kondansatörle bir kompanzasyon sistemi uygun olmayabilir. Müşterinin çok hızlı değişen yükleri olabilir ve bu tür sistemlerde bu hızlı değişimi yakalayacak kompanzasyon sistemini de düşünmek gerekiyor. Kısaca anlatmaya çalıştığım gibi harmonik problemini kompanzasyon sistemi ve ihtiyacı ile paralel ola-

rak düşünmemiz gerekiyor. Doğru kompanzasyon sistemi nedir? Bu kompanzasyon sistemi mevcut harmonikleri artırır mı, tehlikeli seviyeye getirir mi? Eğer getirirse ne tür bir filtrasyonla ya da uygulamayla devreye girmesi konusunda detay bir çalışma yapmak gerekiyor? Bu konuda Schneider Servisler Bölümü olarak hem ölçüm faaliyetinde, hem de ölçüm sonucundaki bilgileri, HARENA simülasyonu ile değerlendirilip uygun kompanzasyon ve filtrasyon sisteminin geliştirilmesi konusunda müşterilerimize yardımcı olmaya çalışıyoruz.

Korban Bey, bu işin şirketlere verdiği zararlar ne boyuttadır? Şirketler harmonik kirlenmeyi önlemek için bütçelerinden ne kadar pay ayırmalılar?

Korhan Öztürk (Panel Endüstriyel): Özellikle endüstriyel tesislerde veya enerji tüketiminin çok yoğun olduğu ticari binalarda ilk kurulumda enerjinin izlenmesine yönelik sistemler mevcut olursa bu konuların tespiti ve çözümü için karar vermek daha kolay oluyor. Enerji izleme sistemlerinin maliyetleri de artık iyice aşağıya çekildi. Endüstriyel tesisler ve büyük ticari binalar, bu tür sistemleri enerji kalitesinin izlenmesi ve yan ürün olarak tüketimlerinin takibi için düşünmeliler. Bu sistemler kurulduğunda harmonik oranları da, cihazların konulduğu noktalarda uzun süre takip edilip raporlanabiliyor. Ömer Bey'in de bahsettiği gibi özellikle 2000 se-

nesinde yönetmeliğin değişmesi ile reaktif oranların aşağıya çekilmesi, tesislerin kompanzasyonlarına kondansatör ilave etmelerine yol açtı. Bu da fazla sürecü barındıran endüstriyel tesislerde harmonik rezonans şartlarının oluşması ihtimalini artırmaya başladı. Buradaki sıkıntı, harmonik için özellikle ilk alarmı verdiğini söyleyebileceğimiz kondansatörlerde yaşıyor: Patlamalar veya kapasitelerinin çok hızlı kaybı. Kondansatörler harmonik akımları üstüne çektiği için ve harmonik akımlara karşı zayıf davrandıkları için arızalanıyorlar.

Diğer ekipmanların da ömürleri kısalıyor değil mi?

Korhan Öztürk (Panel Endüstriyel): Yüksek harmonik seviyeleri trafodan başlayarak, kablolar, motorlar, drive'lar, elektronikte özellikle enerji kalitesine hassas entegreler ve kartların ömür erezyonuna veya arızalanmalarına yol açıyor. Harmoniğin trafodan başlayarak tüm yüklerde verimsiz çalışmanın yol açtığı kilowatt kayıpları kaydadeğer kayıplardır. Amerika'da bu konuyu sadece enerjinin kalitesi açısından değil enerji tasarrufu ile birlikte ele alan firmalar var. Yüksek harmonik seviyelerinin aşağıya çekilmesi sonucu kazanılacak enerji tasarrufunu hesaplayıp bunu taahhüt ediyorlar. Dolayısıyla Türkiye gibi enerji maliyetlerinin çok yüksek olduğu bir ülkede bu konuya sadece enerji kalitesi problemi olarak değil % 5-10'ları bulan enerji kayıpları açısından da



Korhan Öztürk (Panel Endüstriyel)

bakmak lazım. Çünkü trafonun kayıpları artıyor. Hatlarda, motorlarda kayıplar artıyor, drive'lar verimsiz çalışıyor. Tüm bunların toplamı kayda değer enerji kayıplarına yol açıyor. Özellikle hassas elektronik kartların sık sık arızalanması gibi durumlarla karşılaşabiliyor. Tüm bunlar çok büyük maliyetler yaratabiliyor. Önemli bir konuya daha değinmek istiyorum. Buradaki çözüm aslında basit bir çö-

Türkiye gibi enerji maliyetlerinin çok yüksek olduğu bir ülkede bu konuya sadece enerji kalitesi problemi olarak değil % 5-10'ları bulan enerji kayıpları açısından da bakmak lazım. Çünkü trafonun kayıpları artıyor. Hatlarda, motorlarda kayıplar artıyor, drive'lar verimsiz çalışıyor.

züm gibi görülebilir; özellikle kompanzasyondan kaynaklanan rezonanslardan filtre kullanımı ve oradaki kondansatörlerin yüksek voltlarda seçimi. Ancak burada bazı riskler söz konusu. Örneğin 50 kVAR'lık bir filtreye 25 kVAR'lık bir kondansatör bağlandığı vakit o kademe rezonansa gireceğinden yanma tehlikesi vardır. Dolayısıyla çözümün uzman firmalar tarafından yapılması gerekir. Aksi takdirde yüksek harmonikler filtre edilmek istenirken kompanzasyon panelinin kül olduğu bir durumla karşılaşma riski ortaya çıkar. Özellikle okuyucular ve tüketiciler açısından dikkat edilmesi gereken nokta bu. Harmonik filtrasyon konusunda tüketiciler, uzman ve çok sayıda referansı olan firmaları tercih etmeli.

"Önemli detaylar var, bunlar kaçırılırsa çok büyük zararlar oluşur" diyorsunuz.

Ahmet Engin (Panel Endüstriyel): Ömer Bey konuya çok iyi değindi. 2000 yılından önce harmonik problemi yok muydu; mutlaka o zaman da vardı. Ancak TEDAŞ'ın aktif reaktif oranları 50'den 33'e çekmesi harmonik işi yapan firmaların işlerini çok yüksek oranda artırdı ve tabii ki bu problemleri de günyüzüne çıkartmaya başladı. Harmonik problemi olduğunu düşündüğümüz bir tesiste inceleme yaparken ilk etapta bu konuda deneyiminiz varsa, trafonun sesinden bile o tesiste harmonik olup olmadığını anlayabilirsiniz. Burada kompanzasyonun çok büyük etkisi var. Arkadaşlar har-

moniğin ne olduğunu ve zararlarını anlattılar; bu konulara girmeyeceğim. Ancak harmonik lineer olmayan yüklerin oluşturduğu bir etki. Fakat kompanzasyon tesisi de bunu azdıran bir faktör. Biz trafolarda ölçüm yaparken şöyle bir yöntem izliyoruz: Hem tesis komple çalışırken bir ölçüm alıyoruz; hem de kompanzasyon tesisini kapatarak bir ölçüm alıyoruz. Böylece kondansatörlerin etkisini görmüş oluyorsunuz. Sistemde yük, reaktans sabit. Girip çıkan ve reaktansı değiştiren kompanzasyon tesisi. Bu yüzden iki ölçüm alıyoruz. Aktif ve pasif filtrelerle bu işin çözümü var. Harmonikler kondansatörlerde aşırı yüklenmeye sebep oluyor. Yani nominal akımı 140 Amper olan 100 kVAr'lık bir kondansatör bataryası harmonikli bir ortamda çalışıyorsa bunun nominal akımı yaklaşık 200-250 Amperlere çıkabiliyor. Siz harmonikli bir tesiste çalışan bir kondansatörü açıp içine bakarsanız, içindeki bütün malzemenin özelliğini kaybettiğini görürsünüz. Bizim çarpıcı ölçümlerimiz oluyor. Örneğin sabit bir yükü besleyen bir trafonun ölçümünü yaptıktan sonra oluşturduğumuz grafiği inceleyip çok önemli şeyler bulduk. Tesiste filtre eliminasyonu yapmadan önce % 70'ler mertebesinde akım harmonikleri, % 17'ler mertebesinde de gerilim harmonikleri vardı. Bu değerler çok yüksek rakamlar. Daha sonra işletmede kompanzasyonu kapatarak ölçümümüze devam ettik. Burada yaklaşık % 10'lar mertebesine varan bir enerji kaybını gördük. Kompanzasyon



Abmet Engin (Panel Endüstriyel)

kapatıldığı zaman % 17 olan gerilim harmoniklerini % 7'lere, % 70'ler mertebesindeki akım harmoniklerinin % 20'ye indiğini gördük. Elektrik tüketiminin de % 10 azaldığını tespit ettik. Bir işletmede % 10 gibi bir enerji tasarrufu çok yüksek bir maliyet. Tesise yapılan yatırım sadece enerji tüketimi açısından 5-6 ay gibi kısa bir süre zarfında kendisini amorti ediyor. Daha sonra bahsettiğimiz bu işletmede filtrasyon işlemi yaptık. Gerilim harmoniklerini % 5 mertebeleri-

Biz trafolarda ölçüm yaparken şöyle bir yöntem izliyoruz: Hem tesis komple çalışırken bir ölçüm alıyoruz; hem de kompanzasyon tesisini kapatarak bir ölçüm alıyoruz. Böylece kondansatörlerin etkisini görmüş oluyoruz.

ne, akım harmoniklerini de % 20'lere indirdiğimizi gördük. % 75'lerden % 20'lere pasif filtre çözümü ile getirdik. Gerilim analizi yaptığımız zaman şebeke geriliminin yaklaşık yük başında 440-450 Volt'lara çıktığını gözlemledik. Kartların yanması, sistemde hafıza kayıplarının oluşması tamamen bundan kaynaklanıyor. Harmonik eliminasyonunun sistemi korumak açısından büyük faydaları olmasına rağmen, geri dönüşümü olduğunu eklemek istiyoruz. Bu geri dönüşüm yaptığımız yaklaşık hesaplarla % 3 ila % 10 mertebelerine ulaşan geri dönüşümler yaratmakta. Bu konunun da tüketicilere aksettirilmesi ve bu yönde tedbirlerin alınması için öneriler sunulması gerektiğini vurguluyoruz. Fakat bazı firmalarda olayın tamamen kompanzasyon ve kondansatör olayı olduğu, enerji tasarrufuna yönelik bir etkisinin olmadığına yönelik birtakım düşünceler de var. Bu konuda bir fikir birliğinin oluşmasında yarar var.

Özel know-how'a sahip olmayan uygulamacılar iyi niyetle de olsa zarar verirler.

Murat Uçar (Siemens): Harmonikler enerji kalitesiyle ilgili birçok etkenden sadece bir tanesi. Harmonikler ve harmonik filtreleme konusu Siemens için çok yeni bir konu değil. Hem dünyada hem Türkiye'de uzun yıllardır pek çok uygulamamız bulunmaktadır. Türkiye'de özellikle 2000 yılında Enerji Bakanlığı'nın "reaktif enerji sınırları" ile ilgili olarak çıkarmış olduğu yeni yö-

netmelik ile sisteme yeni kondansatörler eklenmesi, sistemlerde zaten mevcut olan harmoniklerin etkilerinin daha fazla hissedilmesine sebep oldu. Birçok yerde sistemlerin rezonans frekanslarının değişmesine, mevcut harmoniklerin, harmonik kaynakları ile beslenen sistemlerde rezonans olaylarının yaşanmasına neden olmaya başladı. Dolayısıyla harmoniklerin bu etkileri daha önce hissedilmeyen veya etkileri önemsenmeyen harmonikler ve harmonik filtreleme daha çok gündeme gelmeye başladı.

Ülkemizde harmonik filtreli kompanzasyon sistemi uygulamalarının toplam kompanzasyon sistemine oranı % 10'lar seviyesinde. Ancak Avrupa'da bu oran % 90'lar seviyesinde. Dolayısıyla Türkiye'de bu uygulamanın kısa sürede bitmesi gerçekten mümkün gözüküyor. Aksine hala birçok tüketici uzman bir firmaya danışana kadar, yaşadığı sorunun harmonikten kaynaklandığını farkına varmayabiliyor.

Harmonik filtreleme sisteminin seçimi, tasarlanması uzmanlık gerektiren bir konu. Bizim bu konuya yaklaşımımız, öncelikle eğer çalışan bir sistem ise yerinde ölçüm ve inceleme yapmak, bu ölçümlerden sonra rapor hazırlamak ve sistem için gereken en doğru teknik çözümü önermek. Sistemin tasarlanması için sadece bu ölçümlere bakıp harmoniklerin seviyesini tespit etmek yeterli olmayıp, ölçümlerden sonra eğer kondansatör ilavesi söz konusu ise yeni kondansatör ilavesi ile sistemin yeni



Murat Uçar (Siemens)

çalışma koşullarında nasıl davranacağı da tespit edilip belirlenmesi, değerlendirilmesi ve ona göre de önlem alınması gereklidir.

Aktif filtreler de paralel ve seri aktif filtreler olmak üzere iki farklı tiptedir. Seri aktif filtreler enerji besleme sistemine seri olarak bağlanan, büyük yatırımlar gerektiren ve şebekeden kaynaklanan gerilim çökmelerini giderebilecek sistemlerdir. Seri ak-

Aktif filtreler paralel ve seri aktif filtreler olmak üzere iki farklı tiptedir. Seri aktif filtreler enerji besleme sistemine seri olarak bağlanan, büyük yatırımlar gerektiren ve şebekeden kaynaklanan gerilim çökmelerini giderebilecek sistemlerdir ancak milyon dolarlar mertebesinde yatırım gerektirirler.

tif filtreler milyon dolarlar mertebesinde yatırımlar. Bu yatırım ciddi ön çalışma gerektiren, dünyada birkaç firmanın yapabildiği bir sistem. Paralel aktif filtreler ise, sistemdeki harmonikleri gidermek veya flikler kompanzasyonu için kullanılabilecek güç elektroniği teknolojisine dayanan özellikle pasif harmonik filtrelerle giderilemeyecek, değişken ve yüksek harmonikleri azaltmak, güç katsayısının yüksek olduğu ancak harmonik probleminin yaşandığı sistemlerde kullanılabilecek çözümlerdir. Ancak bununla birlikte "pasif filtreler eski çözümlerdi; artık aktif filtreler geldi; eski çözümler değerini yitirdi" düşüncesinin de doğru bir düşünce olmadığını belirtmek isterim. Soruna mühendis bakış açısıyla yaklaştığımızda sistemin gereksinimi doğru belirleyip, teknik olarak % 100 doğru ekonomiklik yönünden optimum çözümün belirlenmesi gerektiği gözükcektir. Özetle aktif filtrelerin de, pasif filtrelerin de, tristörlü kompanzasyon sistemlerinin de farklı uygulama alanları olduğunun bilincinde olmak yanılığara düşülmesini önleyecektir. Çok özel uygulamaların dışında, endüstriyel sistemlerde pasif filtrelerle sonuca ulaşmak mümkündür. Ancak pasif filtrelerle çözülemeyen durumlarda, örneğin güç katsayısının çok yüksek olduğu, Cosφ'nin 1'e çok yakın ama harmoniklerin çok yüksek olduğu durumlarda, baralar ve kablolar da aşırı ısınmalar meydana gelebilecektir. Bu sorunu pasif filtre ile çözmeye çalıştığınız zaman aşırı kompanzasyon yapılmış

olacak, sistem kapasitif çalışmaya başlayacaktır. Bu tür bir uygulamada aktif filtre kullanmak zorunludur. Öte yandan pasif filtre çözümleri ile, filtreleme frekansını doğru ayarlayarak sistemdeki harmonikleri uluslararası standartların altına indirebiliyorsanız; sistemde herhangi bir rezonans riski kalmayacak duruma getirebiliyorsanız, bu tür bir uygulamada aktif filtre kullanılması gerekmeyecek, pasif filtreler, daha ekonomik bir çözüm olacaktır. Ancak ne yazık ki, kimi zaman çeşitli müşterilerden kontaktörlü sistem ile çözülebilecek sistemler için bile, aktif filtreler veya tristörlü kompanzasyon sistemlerinin kullanılmasının zorunlu olduğu şeklinde çözüm önerilerinin sunulduğunu öğreniyoruz. Sadece ticari amaçlarla, rekabet üstünlüğü yaratmak amacıyla gerekmediği halde, özel çözüm önerileri sunmak bence piyasadaki en büyük sorunlardan biri. Tristörlü sistemlerin uygulama alanı çekilen akımların çok hızlı değiştiği, reaktif güç ihtiyacının çok hızlı olduğu sistemlerde kontaktörlerin anahtarlama hızının bu değişim hızına yetişemeyeceği durumlarıdır. Bu gibi uygulamalarda tabii ki tristörlü devreler kullanılması gerekiyor ancak gerekmeden uygulamalarda bu çözümlerin kullanılması sonucu başka teknik sorunlarla karşılaşılabilir. Yüksek hızda anahtarlama yapan tristör elemanlarının sebep olduğu yüksek ısının dışarı atılması bir sorun olarak ortaya çıkabilir veya kontrol devresinde meydana gelecek bir arıza sonucu bütün kompanzasyon sistemi

uzun bir süre kullanılamaz duruma gelebilir. Ayrıca bir arıza sonucu yedek tristör ve kontrol devrelerine ulaşmak da bir kontaktöre ulaşmak kadar kolay ve ekonomik olmayacaktır.

Ülkemizde harmonikler ile ilgili standartlar konusunda, EPDK'nın dağıtım yönetmeliği ile ilgili yeni çıkardığı standartlarda, harmoniklerin toplam ölçüm süresinin % 95'i kadar bir sürede, Toplam Harmonik Distorsiyonunun % 8'in altında kalması gerektiği belirtiliyor. Bu yönetmelikle dağıtım şirketleri enerji kalitesini ölçmeye ve birtakım yükümlülükler altına girmeye başlayacak.

Biz ABB olarak bu konuyu bir bütün halinde ele aldık. Teknolojiyi Belçika'da geliştirdik ve dünya ile aynı anda Türkiye'ye de ulaştırmaya çalıştık. Bu da bize şöyle bir avantaj getirdi: Ar-Ge'yi tek bir noktada yaptığınız zaman genel maliyetlerde büyük düşüş sağlıyorsunuz.

Son olarak da harmonik filtreleme ve kompanzasyona, enerji tasarrufu konusundan da bakmanın çok doğru olduğunu düşünüyorum. Bu çözümler sonucu bir enerji tasarrufu yapıyor ama bu çözümlerin asıl amacına hizmet etmelerinin, sorunsuz çalışmalarının çok daha önemli olduğuna dikkat edilmesinin gerektiğini düşünüyorum. Doğru bir harmonik filtre sistemi

tasarlanmaması durumunda, bu sistemler ömrünü çok kısa sürede tamamlayacak veya sistemde rezonans riskini ortadan kaldıramaması durumunda üretime ara verilmesi durumunda uğranılacak kayıplar yapılacak enerji tasarrufu ile kıyaslanamayacak büyüklüktedir. Bir fabrikada böyle bir arıza sonucunda oluşacak bir üretim kaybı ile enerji tasarrufunu karşılaştırırsanız, firmanın belki verdiğiniz sistemin birkaç katı kadar zarara uğrayacağını görürsünüz. Öncelikle bu sistemler sorunsuz çalışmayı sağlayacak şekilde uzman kişiler tarafından yapılmalıdır.

Açıklamalarımıza teşekkür ediyoruz. İkinci tura tekrar Haluk Bey ile başlıyoruz.

Haluk Tekin (ABB): Birinci turda şunu gördük; temelde bu konuda pazarda yeralan belli başlı firmalarda bir bilinç oluşmuş durumda. Doğru ölçüm, doğru dizayn, gerçek ihtiyaçlara uygun seçim ve doğru uygulama sağladığımız zaman, müşterinizin ihtiyaçları kısa süreli değişmiyorsa sorunu kontrol altına alabiliyorsunuz. Bu işte en önemli olgu ticari kaygılarla hareket etmemek, mühendisliğin gerektirdiği doğru çözümlere ulaşmaktır. Bunun için de bu sektörde yeralan firmalarda, yerleşik enerji kalitesi benliğinin etik kurallarla zenginleştirilmiş olması lazımdır. 1995 senesinde ABB'ye girdim ve o seneden beri çalıştığım departman Alçak Gerilimde Enerji Kalitesi Bölümü içinde yer almaktadır. Biz ABB olarak bu konuyu bir bütün halinde ele aldık. Tek-

nolojiyi Belçika'da geliştirdik ve dünya ile aynı anda Türkiye'ye de ulaştırmaya çalıştık. Bu da bize şöyle bir avantaj getirdi: Ar-Ge'yi tek bir noktada yaptığınız zaman genel maliyetlerde büyük düşüş sağlıyorsunuz. Elde edilen tüm yenilikleri aynı anda tüm dünyadaki birimlerinize aktarabiliyorsunuz. Teknik olarak denenmiş ve doğruluğu kanıtlanmış harmonik çözümlere ulaşmış oluyorsunuz. Önemli olan standartlara uygun bir ölçüm yapabilmek. Yapılan ölçümleri daha sonra iyi bir simülasyon programında değerlendirmeniz gerekir. ABB'de NetQ (Network Quality) dediğimiz bir programımız var. NetQ 1992 senesinden beri üzerinde çalışılan ve sürekli geliştirilen bir program. NetQ , tipik bir endüstriyel tesisin harmonik distorsiyonunu nümerik ve grafik olarak gösteren, istenen güç faktörüne ulaşabilmek için gereken reaktif gücü, oluşan harmonik akım ve gerilim değerlerini, sistem empedansının şeklini alçak gerilim ve yüksek gerilim baralarından ayrı ayrı gördüğü şekilde verebilen, bu sayede paralel ve seri rezonans riskinin olduğu frekansları gösteren komple bir dizayn programıdır. Bu programla, müşterinin mevcut olan harmonik problemi ve ileriki aşamalarda uygun filtre yöntemi ile iyileştirme yapıldıktan sonraki ideal durumu hakkında eldeki verilere göre bir değerlendirme ve simülasyon yapılmaktadır. Bir diğer önemli konu da sistemin kurulduktan sonra sorunsuz işletilmesi amacıyla, müşteriye gerek duyduğu anda servis imkanı sağlayabil-



meniz. Biz ABB olarak bu konuda da müşterilerimize destek oluyoruz. Ayrıca en son teknolojik gelişmeleri takip ederek müşterilerimize aktarmak ve ürünümüzün arkasında durmak ana görevimizdir. Teknolojinin sürekli gelişmesi, bu konunun farklı boyutlarda karşımıza gelebileceğini gösteriyor. Bizlerin görevi bu sektörü sürekli izlemek, değerlendirmesini yapmak, değerlendirmeye göre de Türkiye'de kullanıcılara gerçekten ihtiyaçları olan sistemleri sağlamak.

Bu size sorumluluk yüklüyor. Çünkü müşteri gerçek gereksinimini anlayamıyor.

Haluk Tekin (ABB): Doğru. Gerçekten bu konuda Ahmet Bey'in bahsettiği gibi etik kurulu gibi bir kurul oluşturulabilir. Firmaların değişik tecrübeleri var. Bunların bir şekilde ETMD, EMO

gibi kuruluşlar aracılığı ile kanuni kesime iletilmesi gerekir.

Cem Şirin (ABB): Sonuç olarak enerji kalitesi ile ilgili olarak TEDAŞ'ın bir yaptırım yetkisi olup bunu kullanmadığını belirtiriz. Bunun yanında harmonik olayı tüketici için de fenomen olduğundan hakkını arayamamaktadır. Örneğin harmonik değerleri yüksek olan bir firma seri rezonans olayında farketmeden komşu firmayı etkileyebilmektedir. Bunu toplumsal olay gibi yorumlamak gerekir çünkü bu durum doğrudan çevreyle ilgili. Enerji kayıpları, firma tüketimine oranla düşük dahi olsa çevreyi doğrudan etkilemektedir.

Enerji üretmenin çevreyi kirlettiğini unutmamalıyız.

Cem Şirin (ABB): Aktif filtreye geri dönüş yapmak istiyorum. Bizim aktif filtrelerimiz diğer

filtrelerle uyumlu çalışacak yapıdadır. Merkezi Harmonik Filtre panelimizin olduğu durumda alt kısmında aktif filtre uygulaması var ise sistem etkilenmemektedir. Bu şekilde çözümlerimiz olmaktadır. 70 Amper'den 1700 Amper'e kadar filtremiz bulunuyor. Burada Ahmet Bey'in de değindiği gibi tesisin empedansı önemli. Aktif filtreler empedans-tan etkilenmemektedir. Tesisin empedansı bozuk da olsa tune veya detune filtreler gibi bunlara bağımlılıkları yoktur. Bu nedenle aktif filtre çok daha önem kazanmaktadır. Bunun yanı sıra daha önce de söylediğimiz gibi AC sürücülerin tercih edilmesi artmaktadır. Bu sürücüler Cosφ faktörünü yükseltiyor. Burada çözüm aktif filtre oluyor. Bizim tristörlü çözümlerimizde yaptığımız uygulamada müşterinin ihtiyacının yanında beklentisine cevap vermesine dikkat ediyoruz. Uygulamanın düşük maliyetli ve sağlam bir uygulama olmasına dikkat ediyoruz. İlk aktif filtrelerde uygulamalarımız Türkiye'de 1996 / 1998'de yapılmıştır. Gerilim titreşimlerinin, ark ocaklarının olduğu yerlerde, aktif filtrenin farklı bir uygulaması olan çözümleri tercih ediyoruz. Buna ilave olarak kaynak makinelerinin sebep olduğu gerilim düşümlerinde de tristörlü veya aktif filtre çözümleri gibi uygulamalarımız olmaktadır. Son olarak da bu konuda yapılan bir çalışmaya da değinmek istiyorum. Türkiye'de bakır sektöründen bir kaç firmanın organize ettiği ve Avrupa Bakır Enstitüsü liderliğinde yürütülen Leonardo Elektrik Enerjisinde Kali-

İlk aktif filtrelerde uygulamalarımız Türkiye'de 1996 / 1998'de yapılmıştır. Gerilim titreşimlerinin, ark ocaklarının olduğu yerlerde, aktif filtrenin farklı bir uygulaması olan çözümleri tercih ediyoruz. Buna ilave olarak kaynak makinelerinin sebep olduğu gerilim düşümlerinde de tristörlü veya aktif filtre çözümleri gibi uygulamalarımız olmaktadır.

te Girişimi (LPQI, Leonardo Power Quality Initiative) isimli bir çalışma bulunuyor. Bu çalışmanın amacı toplam kalite felsefesi çerçevesinde Enerji Kalitesi hususunda yayınlar yaparak katkıda bulunmaktır. Bu tür çalışmaların artması gerektiğine inanıyorum. Bu imkanı bize verdiğiniz için de teşekkür ediyoruz

Sağolun. Bu tür çalışmalar yayıncıların temel görevidir.

Kazım Topaloğlu (Aktif Mühendislik): Pasif Filtreli kompanzasyon sistemlerinin, paralel rezonansı önlemek ve bu sayede sistemdeki akım ve gerilim distorsiyonlarının yükselmesini engellemek amacı ile uygulanabileceğine değindik. Yani pasif filtreli kompanzasyon sistemlerini ele alırken sadece harmonik filtrasyon amacını göz önünde bulundurduk. Fakat harmonik filtreli kompanzasyon sistemle-

rinde, kondansatörlerin önüne şebeke tarafından seri olarak takılan reaktörler, kondansatörlerin devreye girip çıkmasında oluşan yük harmoniklerini ve yine kondansatörlerin ilk devreye girmeleri anında oluşan ani darbe akımlarını (inrush current) sınırlarlar. Bu açıdan bakıldığında, kompanzasyon sistemlerinin uzun ömürlü olması bakımından, filtreli kompanzasyon sistemleri normal kompanzasyon sistemlerine göre belirgin bir avantaj sağlamaktadır. Bu durumda filtreli kompanzasyon sistemlerinin avantajlarını sayarken sadece harmonikler açısından yaklaşılmalı, sistemde sağlanacağı diğer artıları da göz önünde bulundurulmalıdır. Biraz da Aktif Filtre uygulamalarına değinecek olursak, öncelikle aktif filtrelerin üç faz üç tel ve üç faz dört tel uygulamaları olabildiğine değinmemiz doğru olacaktır. Dört telli uygulamalarda, nötr iletkenine bağlanan dördüncü tel, nötr iletkeninden akan olan üç ve üçün katı olan harmonik akımlarını temizleyecektir. Bu sayede, nötr barasından akan akımların oluşturduğu gerilim düşümü sebebiyle nötr ile toprak arasında artan potansiyel fark (gerilim) azalacaktır. Bu sayede elektronik cihazların nötr-toprak arası gerilim farkından dolayı arızalanması ve/veya 'off ' konumuna geçmesi engellenmiş olunur. Üç faz üç tel uygulamalar ise genelde harmonik kaynağı olan makine girişlerinde, makinenin sisteme basacağı harmonikleri kaynağında filtrelemek ve diğer cihazlara zarar vermesini engellemek amacı ile

kullanılabilmektedir. Bunun haricinde üç faz üç tel aktif filtreler trafo çıkışlarında da kullanılabilmektedir. Aktif filtreler harmonik akımlarının filtrelenmesinin yanında kompanzasyon amaçlı da kullanılabilmekte, uygulamanın gerekliliğine bağlı olarak, çalışma modu ayarlanabilmektedir.

Ayrıca son olarak, EPDK tarafından harmonik bozulma ile ilgili yayımlanmış olan genelgenin 52. maddesini sizlere aktarmak istiyorum: "Dağıtım şirketi ve kullanıcı ilgili standartlarda belirtilen harmonik sınır değerlerine uymakla yükümlüdür. Dağıtım şirketinin harmonik bozulmaya ilişkin performansları harmonik bozulma göstergeleri aracılığı ile ölçülür. Harmonik bozulmaya neden olan kullanıcıya dağıtım şirketi tarafından durumun düzeltilmesi için 30 iş gününden az olmamak üzere süre tanınır. Bu süre içinde kullanıcı tarafından kusurlu durumun ortadan kaldırılmaması durumunda, iki gün öncesinden ihbar edilmek kaydı ile kullanıcının bağlantısı kesilir. Toplam harmonik bozulmaya ilişkin hizmet kalitesinin sağlanabilmesi için, ölçülen toplam harmonik bozulmanın, ölçüm süresinin % 5'inden daha uzun bir süre içinde % 8'den daha yüksek olmaması gerekir. Harmonik bozulmaya ilişkin bu şartın ihlal edilmesi durumunda, dağıtım şirketi hakeimda kanunun 11. maddesi hükümleri çerçevesinde işlem yapılır". Yani şuan EPDK'nın yayımlamış olduğu genelge kapsamında Elektrik Dağıtım Şirketi'nin bu konuda çalışmaları olmakla beraber



henüz yaygın değildir ve tam olarak bilinmemektedir.

Cem Şirin (ABB): Benim belirtmek istediğim şeydu: Yurtdışın-

da enerji satan firma ile alıcı arasında karşılıklı anlaşma yapılmaktadır. Enerji dağıtımını yapan şirket kaliteli enerji satacağını taahhüt etmektedir. Tüketici de sistemin enerji kalitesini bozmamak için gerekli çalışmaları yapmaktadır.

Kompanzasyon sistemlerinin uzun ömürlü olması bakımından, filtreli kompanzasyon sistemleri normal kompanzasyon sistemlerine göre belirgin bir avantaj sağlamaktadır. Bu durumda filtreli kompanzasyon sistemlerinin avantajlarını sayarken sadece harmonikler açısından yaklaşılmalı, sistemde sağlayacağı diğer artıları da göz önünde bulundurulmalıdır.

Ahmet Güvenman (Aktif Mühendislik): Yeni yönetmelik enerji kirliliğine karşı atılan çok ciddi bir adım olup, elbette eksikleri var. Bugüne kadar böyle bir yönetmelik dahi yoktu ve eksikleri olması çok doğal. Zaman içerisinde bunun daha iyiye gideceğinden eminim. Haluk Bey ETMD ve EMO'nun birşeyler yapması gerektiğini söyledi ama bizim de yapmamız gereken şeyler var. Bizim hem şahsen hem de Aktif Mühendislik olarak Enerji kalitesi ile ilgili standartların geliştirilmesi, yaygınlaştırılması ve bunun ile ilgili yönetme-

liklerin çıkartılması konusunda ciddi bir çabamız var. Yapılan anlaşmaya göre Avrupa Birliği'nin tüm normlarını kabul etmek zorundayız. Dolayısıyla bu normları ülkemizde kullanmak zorundayız. Bu normlar IEC ve EN normlarıdır. EN normlarında bunlar mevcut. Fakat bizim sektörümüz bu konuda henüz yeterince bilinçlenmediğinden Türkiye'de böyle bir standart olmadığı düşünülüyor. Aslında Avrupa'daki standart bizim için de standart kabul edilmiştir. Biz Türkiye Cumhuriyeti olarak anlaşma imzalamış ve IEC normlarını kabul etmiş durumdayız. Dolayısıyla biz mühendisler de Avrupa normlarını kabul etmek ve faaliyetlerimizi bu standartlara uygun olarak sürdürmek, yaptığımız uygulamalarda da standartlara sadık kalmak zorundayız. Avrupa normlarının Türkçeleşmesi ve Türkiye'de yayılması konusunda çalışma yapabiliriz. Bu konuda çalışmak isteyen arkadaşlar olursa memnuniyetle öncülük ederim ve bu konunun yayılması için elimden geleni yaparım.

Bu ETMD içindeki bir çalışma mı, yoksa Aktif Mühendislik'in özel çalışması mı?

Ahmet Güvenman (Aktif Mühendislik): Ülkemizce çeşitli kurum ve kuruluşlarca çalışmalar yapılıyor; biz de bu çalışmalara destek veriyoruz. Öte yandan bununla ilgili yönetmelik 8-9 ay önce EPDK tarafından yayınlandı. Ama bu yönetmelik tam olarak uygulanıyor mu? Bundan 10 yıl önce Elektrik Da-

Biz Türkiye Cumhuriyeti olarak anlaşma imzalamış ve IEC normlarını kabul etmiş durumdayız. Dolayısıyla biz mühendislerde Avrupa normlarını kabul etmek ve faaliyetlerimizi bu standartlara uygun olarak sürdürmek, yaptığımız uygulamalarda da standartlara sadık kalmak zorundayız. Avrupa normlarının Türkçeleşmesi ve Türkiye'de yayılması konusunda çalışma yapabiliriz.

ğıtım Şirketi'nin yapmış olduğu bir çalışma var. Bu çalışmada hangi harmoniklerin problem olduğu, hangi harmoniklerin baz alınması gerektiği, maksimum ne kadar olduğu net olarak belli. Bugün bunlar bir yaptırım haline gelebilir durumda. Ancak yönetmeliğin çıkarıldığı kurum TEDAŞ değil. TEDAŞ'ın bunu uygulamaya alması biraz zaman alacak. TEDAŞ yaptırım hakkına sahip ve bunu da uygulamaya başladı. Yaklaşık 10-12 yıldır Elektrik Dağıtım Şirketleri'nin elinde bu sistemleri ölçen cihazlar mevcut. Fakat önceden yaptırım güçleri yoktu. Bugün bu yaptırım güçlerine kavuşmuş olduk ama bu yönetmeliğin uygulaması zaman içinde daha çok netleşecektir. Öte yandan Elektrik Dağıtım Şirketi zaman içerisinde enerji kalitesi çözümlerinin uygulanmasını daha fazla is-

temeye başlayacaktır. Kayseri ve Civarı Elektrik Dağıtım Şirketi'nden bugüne kadar Türkiye'de ilk defa uygulanacak olan elektrik dağıtım şebekesinde uzaktan sayaç okuma ve Enerji kalitesi izleme işini aldık. Bu sistem sayesinde Kayseri'nin yaklaşık güç tüketiminin %70'ine karşılık gelen dağıtım sisteminin harmoniklerinden, 72 mikrosaniye hassasiyetle flicker ve transienlerine kadar enerji kalitesini ölçüp kayıt altına alıyor ve tüketicilere otomatik olarak faturalama yapıyoruz. Zaman içerisinde diğer elektrik dağıtım şirketlerinin de bu tip uygulamalara geçeceklerinden eminiz. Bir diğer konuya geçecek olursak Enerji kalitesi konusunda bizim de kendi geliştirdiğimiz AQM (Active Quality Management) adlı bir programımız var. Bu program sayesinde sistemi simüle ederek, analizini yapıyor ve uygulama çözümlerini ve sonrasını tespit edebiliyoruz. Şimdi biraz da çözümlerimize göz atalım. Ürün bandımızdaki ürünleri inceleyecek olursak, alçak gerilimde biz bugüne kadar hiç ayarlanmış filtre uygulaması yapmadık. Alçak gerilimde gördük ki ayarlı filtre uygulaması çok nadir yerler için söz konusu. Bugünün teknolojisinde bunu artık aktif filtre ile çözebiliyoruz. Dolayısıyla pasif filtreye o anlamda çok gerek duymuyoruz. Filtreli kompanzasyon uygulamasına baktığınız zaman sistemin ihtiyacına göre 189 Hertz'den 235 Hertz'e kadar çalışan uygulamalarımız var. Statik veya tristör tetiklemeli kompanzasyon uygulamaları bizim uygulamalarımız içerisinde yer alı-

yor. Ayrıca bu problemlerin tespitine yönelik ürün satışlarımız var. Aynı şekilde bu ürünleri bayilerimiz aracılığıyla malzeme olarak satıp malzeme olarak bayilerimizin uygulamasına yönelik çalışmalarımız da var. Biz kendi yaptığımız uygulamalarda 3 yıl garanti verirken malzeme ile satış yapılan ve başkası tarafından uygulanan sistemlerde 2 yıl garantiyi öngörüyoruz. Bunun nedeni, uygulanacak olan kompanzasyon sisteminin belirli standartlara uygun olarak yapılması gerekliliği. Kondansatörleri, reaktörleri ve diğer teçhizatı alıp panonun içerisine yerleştirmek ve bir harmonik filtre kompanzasyonu olarak bunu değerlendirmek kısa süreli çözüm için çok rahat uygulanabilir. Ama biz böyle bir sistem yapıyorsak, en az 15 yıl boyunca hiçbir problem olmadan ve müşteriyi mağdur bırakmadan çalışmalıdır. Bizim 2-3 yılda değiştirecek veya sorun yaşayacak bir sistemi ne satma, ne kullanma, ne de uygulama lüksümüz yok diye düşünüyorum. Daha önce de belirttiğim gibi bizlerin en önemli görevlerinden biri; sektörün doğru bir şekilde bilinçlenmesini sağlamak ve sadece müşteriye değil aynı zamanda elektrik dağıtım şirketlerine de gerekli olan bilgileri aktarmak olmalı.

"Uzun vadeli ve karlı çözümler oluşturmak bizim için önemli" diyorsunuz ve tutarlı bir firma olduğunuzu kendi yaptığınız çözümlere 3 yıl, başkalarının yaptığı çözümlere 2 yıl ürün garantisi verecek kanıtlıyorsunuz. Know-

Türkiye'de nötr iletkenini faz iletkenin yarısı seçmek gibi bir alışkanlık var. Oysa harmonik etkiler nedeniyle 3. harmoniğin olduğu tesislerde nötr üzerinden maximum 1.7 katı kadar akım geçiyor. Normalde 1,7 yaklaşık iki katı seçilmesi gerekirken firmalar yarısını seçme hatasına düşüyor. Bu da çok tehlikeli bir durum.

how sabibi olduğunuzu ve buna saygı duyulması gerektiğini de vurgulamış oluyorsunuz.

Çiler Ortaç (Schneider Electric): DR reaktörler ile çözüm piyasanın % 80-90'ı şeklinde olduğu düşünülecek olursa, kullanıcıların dikkat etmesi gereken faktörler de ortaya çıkıyor. Öncelikle reaktörleri pano içerisinde ayrı bir bölmeye ya da farklı bir panoya koymak gerekiyor. Çünkü ısınma çok büyük problem yaratıyor. Havalandırmanın nasıl olması gerektiğine dair ayrıntılı bilgi internet üzerindeki "Alçak Gerilim Kompanzasyon Sistemlerinde Tasarım ve Ekipman Seçimi" kataloğumuzdan da edinilebilir.

Türkiye'de nötr iletkenini faz iletkenin yarısı seçmek gibi bir alışkanlık var. Oysa harmonik etkiler nedeniyle 3. harmoniğin olduğu tesislerde nötr üzerinden maximum 1.7 katı kadar akım geçiyor. Normalde 1,7 yaklaşık

iki katı seçilmesi gerekirken firmalar yarısını seçme hatasına düşüyor. Bu da çok tehlikeli bir durum.

Öte yandan reaktörler uç gerilimini yükselttiklerinden reaktörlerle kullanılacak olan kondansatörlerin de güçlendirilmiş tip olması gerekli. 3. harmonikte en az 135 Hz.'te 470 V güçlendirilmiş kondansatör kullanılmasına dikkat edilmeli. Yani kondansatörün kesinlikle standart yani 400 V'ta seçilmemesi gerekiyor. Üretici firmalar bu konuda kullanıcıları bilinçlendirmeli. Proje firmaları da bu konuda uyarılmalı.

Özellikle kuruluş kısmında bilinçli davranarak doğru seçimler yaparak ileride yapılacak büyük masraflardan da kaçınılabiliyor. Harmonik problemi düşünülmeden, harmoniksiz bir sisteme göre düzenlenmiş bir kompanzasyon sistemi kurulması, daha sonra harmonik problemi yaşandığında, yaşanan problemin boyutuna göre panonun büyük bir kısmında değişikliğe neden olabiliyor. Kondansatörler değişiyor, güçlendirilmiş tip oluyor. Ayrıca reaktör ilave olursa panonun boyutu değişiyor.

Ayrıca harmoniklerin izlenmesi konusuna da ekleme yapmak istiyorum. PM 500 enerji analizörü ve Masterpact devre kesicilerimizin Micrologic H tipi kontrol üniteleri içinde harmonik ölçümü yapmayı mümkün kılıyor. Üretici firmalara bilinçlendirilmenin sağlanması için çok büyük görevler düşüyor. Bunun bir kolu standartlar bazında iken, diğer kolu da son kullanıcının proje bürolarının bilinçlendiril-

mesi ile ilgili. Schneider olarak, teknik destek veren kanalımıza bu konuyla ilgili eğitimler verdik. Bu servisimiz ilgili firmaları, proje kanallarını, son kullanıcıyı ziyaret ediyor ve kullanıcıları bilinçlendirilmesi üzerinde çalışıyorlar. Bu konuda yaptığımız seminerler ve yayınlar vasıtasıyla son kullanıcı ve proje firmalarını bilgilendiriliyoruz. Bu açıdan yayınladığımız yazı için ve bu konuda çalışan firmaları böyle bir platformda buluşturduğunuz için size ve derginize teşekkür ediyoruz.

Ömer Özmen (Schneider Electric): Son kullanıcıyı bilinçlendirme açısından Schneider Electric'in Eğitim Merkezi'nin düzenlemiş olduğu bir eğitim programı var. Eğitime katılan müşterilerimiz, harmonik probleminin ne olduğu, nerelerden kaynaklandığı, bu problemle nasıl mücadele edildiği konusunda bilgi ediniyorlar. Servis bölümümüz ise, 5 yılı aşkın bir süredir enerji kalitesi ve harmonikler konusunda hem sahada ölçüm, hem de HARENA adını verdiğimiz özel simülasyon programı kullanılarak çözümler üreten elemanları bünyesinde bulundurmaktadır. Diğer firmaların da değindiği gibi harmonik özel bir konu. Biz bu konunun uzman kişiler tarafından incelenmesi ve duruma özel uygun çözümlerin yapılandırılması gerektiğini düşünüyoruz. Zira çözüm detuned, pasif, aktif veya hibrit filtre çözümlerinden biri olabilmekte, Orta Gerilim veya Alçak Gerilim tesislerinde kullanılabilen,

Son kullanıcıyı bilinçlendirme açısından Schneider Electric'in Eğitim Merkezi'nin düzenlemiş olduğu bir eğitim programı var. Eğitime katılan müşterilerimiz, harmonik probleminin ne olduğu, nerelerden kaynaklandığı, bu problemle nasıl mücadele edildiği konusunda bilgi ediniyorlar.

hatta bazen dağıtım sisteminde yapılması gerekebilecek bir takım değişiklikleri de içerebilmektedir. Fiyat ve performans açısından optimum çözüm ancak bir uzmanın detaylı olarak çalışması sonucunda bulunabilir.

Korhan Öztürk (Panel Endüstriyel): Harmonik çözümleri konusunda burada bulunan

Aktif filtrenin sadece çözüm olabileceği yerler var; aktif filtrenin gerekli olmadığı pasif filtrenin çözebileceği yerler var. Tabi tersi de mümkün. Aynı şekilde kompanzasyonun kontaktörle yapılabileceği yerler var, hızlı reaktif güç tüketimi söz konusu ise sadece tristörlü modüller ile kompanzasyonun mümkün olabileceği yerler var.

firmaların sunduğu çeşitli imkanlar var. Kısaca firmamızın harmonik çözümlerinden bahsetmek istiyorum. Biz de pasif filtre ve aktif filtre çözümleri sunuyoruz. Ayrıca hızlı değişken karakterli reaktif güç talebi olan tesisler için kondansatörlerin tristörlü güç modülleri ile anaharlandığı harmonik filtrelili kompanzasyon çözümlerimiz de mevcut. Firmamız 10 yılı aşkın süredir özellikle endüstriyel elektrik piyasasında bulunmasının yanında, son 3 senedir harmonik filtre çözümleri de sunmaktadır. Bu süre içerisinde çok sayıda işletmede harmonik filtre çözümleri gerçekleştirme imkanı bulduk.

Tesislerin harmonik sorunlarının tespiti açısından burada da vurgulandığı gibi enerji izleme sistemlerinin önemli bir yeri var. Firmamız enerji izleme ve otomasyon sistemlerinde de uzman bir firma. 2002 senesinde Arçelik'in bir tesisine kurduğumuz enerji otomasyon izleme sistemi, Enerji Bakanlığı tarafından dereceye girerek ödüllendirildi. Burada önemli nokta, firmaların çözüm sunarken gerekli yere gerekli çözümleri önermeleri. Aktif filtrenin sadece çözüm olabileceği yerler var; aktif filtrenin gerekli olmadığı pasif filtrenin çözebileceği yerler var. Tabi tersi de mümkün.

Aynı şekilde kompanzasyonun kontaktörle yapılabileceği yerler var, hızlı reaktif güç tüketimi söz konusu ise sadece tristörlü modüller ile kompanzasyonun mümkün olabileceği yerler var. Doğru yere doğru çözümler sunmak önemli. Tüketici de bu ko-

nuda bilinçlendirilmeli. 3e Electrotech dergisi olarak "harmonik çözümleri" konusunda üzerinize düşeni çok iyi bir şekilde yaptığınızı düşünüyorum. Ve size teşekkür ederek konuşmamı noktalıyorum.

Biz de size teşekkür ederiz. Bu önemli bir konu. Ancak hep birlikte bilinçlendirme sağlayabiliriz.

Ahmet Engin (Panel Endüstriyel): Bu turda çok fazla ilave edeceğim şey yok. İş dönüp doluşup bizlere geliyor. En iyi çözümlü en ucuz üreten insana "mühendis" diyorum. Burada bizim müşteriyi doğru ve bilinçli yönlendirmemiz ve iyi seçim yapmamız önemli.

Önemli olan müşterinin kazancı. Bizim kazancımız mutlaka önemli ama ilk etapta müşterinin ticari kazancı çok önemli. Piyasada çeşitli ihalelerde karşılaşıyoruz. Mesela ticari kaygılardan dolayı değişken yükü olmayan işletmelere daha pahalı olan tristörlü kompanzasyon çözümlerinin önerildiği durumlar zaman zaman karşımıza çıkabiliyor. Tabi bunlar zamanla firmalara olan güvenin azalması olarak piyasaya geri dönüyor. Firmaların kalıcı olması tüketicilerin güvenliğini kaybetmemelerine bağlı.

Müşteri ile "kazan-kazandır" ilişkisini kurmak önemli. Optimum çözümü bu şekilde bulacağız.

Murat Uçar (Siemens): Öncelikle kompanzasyon ve har-

OG ve AG kompanzasyon ve harmonik filtre sistemlerine ait paneller ülkemizde üretiliyor. Kartal'daki fabrikamızın orta gerilim hücre kapasitesi 1600, alçak gerilim pano kapasitesi de 3500 adet civarındadır. Şu anda Siemens'in Avrupa'da 3 büyük pano ve hücre üreticisinden birisi konumdayız.

monik filtre sistemine ait ürünlerimizden bahsetmek istiyorum. Bu sistemlerin en önemli elemanları kondansatörler, reaktörler, anahtar elemanlar, ve panolardır. Orta gerilimdeki tristörlü reaktör sistemlerinden alçak gerilimdeki tristör kontrolü ve normal kompanzasyon sistemlerine kadar geniş bir ürün yelpazesine sahibiz.

Bugün üzerinde fazla durulmayan, orta gerilim kompanzasyon ve harmonik filtreleme konusunda uzmanlık gerektiren, daha fazla dikkat edilmesi gereken konular var. Orta gerilimde hata kabul etmeyen tasarımlar yapılması, doğru eleman seçimi, doğru tasarım ve hatta cihazların yerleşimi çok önemli sonuçlara sahiptir.

Orta gerilim ve alçak gerilim kompanzasyon ve harmonik filtre sistemlerine ait paneller ülkemizde üretiliyor. Kartal'daki fabrikamızın orta gerilim hücre kapasitesi 1600, alçak gerilim pano

kapasitesi de 3500 adet civarındadır. Şu anda Siemens'in Avrupa'da 3 büyük pano ve hücre üreticisinden birisi konumundayız. Üretilen panolar Kuzey Avrupa, Arap ülkeleri, Uzak Doğu ve Kafkas ülkeleri gibi dünyanın dört bir yanına doğrudan ihracat yapılmaktadır. Dolayısıyla kompanzasyon ve harmonik filtre sistemlerinde kullanılan hücre ve panolarımız uluslararası standartlara uygun olarak üretilmektedir.

Alçak gerilim panolarında da yapılan uygulamalar bazen standart uygulamalar (standart kondansatörler ve standart reaktörler) şeklinde bazen ise özel uygulamalar şeklinde olabiliyor. Aşırı sıcaklıkların olduğu (Güneydoğu Bölgemizde ve Arap ülkelerinde) yerlerde aşırı ısınmalara karşı daha dayanıklı kondansatörler veya özel havalandırma koşulları sağlanmış şekilde yapılabilir. Tabi burada panonun bu ısıyı dışarı atacak şekilde tasarlanmış olması da gerekiyor.

Tasarlanan sistemlerin sorunsuz, güvenli çalışması, tüm sistem ve panoların uluslararası standartlara uygun tip testine sahip olması teknik olarak vazgeçilmez unsurlardır.

Siemens tekniğinin gerektirdiği en küçük ayrıntıları dikkate alan tecrübeli ve uzman kadrosuyla yıllardır teknik olarak en doğru çözüm ve sorunsuz sistemler öneren güvenilir bir çözüm ortağı olmuştur.

Toplantıya iştirak eden bütün katılımcılara tekrar çok teşekkür ediyoruz.