

# ENDÜSTRİYEL BİR TESİSTE AKTİF FİLTRE UYGULAMASI

Özgür GENCER

Semra ÖZTÜRK

Tarık ERFİDAN

Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi,  
Elektrik Mühendisliği Bölümü, Kocaeli

San-el Mühendislik Elektrik Taahüt Ltd. Şti.  
ABB Harmonik Filtre Sistem Entegratörü

ogencer@san-el.com, semra@kocaeli.edu.tr, terfidan@kocaeli.edu.tr

## ÖZET

Güç elektroniği tabanlı cihazların yaygın olarak kullanılması, güç kalitesi sorununu da beraberinde getirmiştir. Güç kalitesi problemleri üretim, iletim, dağıtım birimlerinde çeşitli biçimlerde meydana gelebilmektedir. Bunlardan en yaygını, özellikle son kullanıcıda en fazla etkili olan problem harmoniklerdir. Gerilim ve akım sinyalinin saf sinüs formunun bozulmasına neden olan harmoniklerin giderilmesine yönelik çalışmalar teknolojik ve ekonomik nedenlerden dolayı alçak gerilim sistemlerinde yapılmaktadır. Bu çalışmada, bir endüstri tesisinde harmonikler nedeniyle oluşan bozucu etkileri gidermek için aktif filtre uygulaması yapılmıştır. Çalışmanın amacı, aktif filtrenin boyutlandırılması, uygulama yerinin belirlenmesi ve uygulama sonrasında elde edilen sonuçların gösterilmesidir.

## ANAHTAR KELİMELER

Harmonik, aktif filtre, faz dengeleme, reaktif güç kompanzasyonu

## GİRİŞ

Harmonikler 1940'lerden itibaren üzerinde çalışılan, nedenleri, etkileri ve yok etme yöntemleri üzerinde çok sayıda çalışma yapılan bir konudur. Önceleri, transformatörler ve ark kaynaklarının neden olduğu harmonikler, güç elektroniği tabanlı cihazların yaygın olarak kullanılmasıyla günümüzde en çok karşılaşılan güç kalitesi problemi olmuştur [1-4].

Harmonik problemlerine neden olan güç elektroniği kontrollü motorlar, aynı zamanda oluşan gerilim ve akım harmoniklerinden en fazla etkilenen yüklerdir. Harmoniklerin güç elektroniği kontrollü cihazlarda, koruyucu cihazların açması nedeniyle üretim

kayıpları, nötr-toprak gerilimleri, görüntü sistemlerinde titreşim, reaktif güç katsayısının düşmesi, aşırı ısınma ve kayıpların artması gibi etkileri olmaktadır [4].

Bu çalışmada, harmoniklerin yukarıda bahsedilen etkilerini ortadan kaldırmak için yapılan bir aktif filtre uygulaması sonrasında elde edilen sonuçlar gösterilmiştir. Aktif filtrenin boyutlandırılması, aktif filtre devrede iken ve devre dışı iken sistemden alınan sonuçların karşılaştırılması yapılmıştır.

## AKTİF FİLTRELER

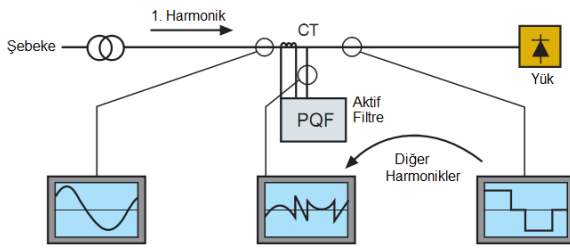
Güç sistemlerinde, uygulanan sinüs formundaki gerilime karşılık, sinüs formundan farklı şekillerde akım çeken ve lineer olmayan yük olarak adlandırılan tüketiciler harmonik kaynaklarıdır. Çekilen periyodik akım sinyalinin, farklı frekanstaki sinüs sinyallerinin toplamı şeklinde ifade edilmesi, yani Fourier analizi, harmonik bileşenlerin hesaplanmasında en yaygın ve basit yöntemdir. Bu sayede sistemde etkin olan harmonik bileşenler ve hangi harmonik bileşenlerin yok edilmesi gerektiği belirlenebilmektedir.

Lineer olmayan yüklerin çektikleri harmonikli akımlar, bağlı oldukları şebekenin gücü ve sisteme bağlı elemanların (transformatör, hat, kondansatör ve endüktif yükler) empedanslarına bağlı olarak bağlantı noktalarında gerilim harmonikleri ve dolayısıyla arızaların oluşmasına yol açarlar. Bu nedenle harmonik akımlarının süzülmesi gereklidir.

Akım harmoniklerinin süzülmesi için çeşitli yöntemler mevcuttur. Bunlar "Pasif Filtreleme" ve "Aktif Filtreleme" dir. Pasif harmonik filtreleme, akım harmonik bileşenlerinin pasif elemanlar (kondansatör ve endüktans) kullanarak süzülmesidir. Bu filtreleme yöntemi, güç sistemlerinde çoğunlukla kompanzasyon sistemlerine eklenen seri reaktörler yardımıyla yapılır. Ancak bu yöntem, sistemde paralel rezonans tehlikesi

yaratması, her bir filtrelenecek harmonik için ayrı filtre devreleri ve kurulumunda büyük yer gerektirmesi, filtrelemenin düşük olması, anahtarlama sırasında sistemde diğer güç kalitesi problemlerine sebep olmasından dolayı çok fazla tercih edilmemektedir.

Lineer olmayan yüklerin çektikleri akım harmoniklerini karşılayarak, şebekeden saf sinüs formunda akım çekilmesini sağlayan güç elektroniği tabanlı sistemler “Aktif Filtre Sistemi” olarak adlandırılmaktadır. Şekil 1’de şebekeye paralel bağlanan bir aktif filtre görülmektedir. Aktif filtre “kapalı çevrim çalışarak”, akım sinyalinin istenen noktada tamamen sinüs formuna dönmesini sağlamaktadır.



Şekil 1. Aktif Harmonik filtrenin çalışma prensibi

Günümüzde, farklı firmalarca üretilen aktif filtreler arasındaki temel farklar, gerilim seviyeleri, akım kapasiteleri, çalışma şekilleri (kapalı/açık çevrim), yük dengeleme ve reaktif güç kompanzasyonu yapabilmeleridir. Bu çalışmada ABB firmasının PQF modeli aktif filtresi kullanılmıştır. Kullanılan aktif filtre, 60A akım kapasiteli kapalı çevrim çalışmakta, yük dengeleme, kapasitif/endüktif reaktif güç kompanzasyonu yapabilmekte, tüm elektriksel büyüklüklerin ölçüm ve kayıt işlemlerini gerçekleştirebilmektedir.

## AKTİF FİLTRE BÜYÜKLÜĞÜNÜN BELİRLENMESİ

Aktif filtrelerin kapasitesi akım değeri ile ölçülür. Temel kullanım amacı harmonik bileşenli akımların yok edilmesi olduğu için bir güç analizörü yardımı ile sistemin bir çalışma periyodu boyunca akım bileşenlerinin yanında tüm elektriksel büyüklüklerinin ölçülmesi gereklidir.

Bu çalışma kapsamında, Ankara’da bulunan ve savunma sanayi ürünleri üreten endüstriyel bir tesiste kurulması düşünülen aktif filtre sistemi için öncelikle tesisteki sorunlar belirlenmiştir.

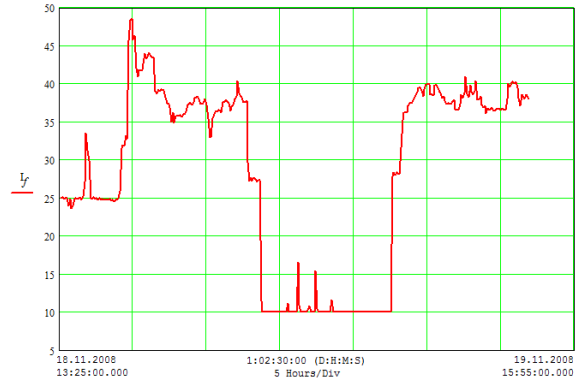
Gözlenen sorunlar, kullanılan kesintisiz güç kaynağının(KGK) sistemden yüksek oranda akım harmoniklerini çektiği, reaktif güç kompanzasyonu

için kullanılan kondansatörlerin patladığı, yüksek nötr-toprak gerilimleri nedeniyle bilişim cihazlarının arızalandığı ve KGK’nın özellikle düşük güçlerde kapasitif yüklenme durumu oluşturduğudur.

Sistemin harmonik analizi için mevcut kompanzasyon devre dışı bırakılarak çeşitli yüklenme durumları oluşturulmuş ve enerji analizörü sistemin ana dağıtım noktasına bağlanarak harmonik akımlarının etkin değerleri bir gün boyunca beşer dakika aralıklarla ölçülmüştür. Bu ölçümler sonucunda elde edilen değerlerden

$$I_f = \sqrt{\sum_{h=2}^{50} I_h^2}$$

formülü yardımı ile harmonik akımı ve akım bozuma oranı en büyük olan faza ilişkin değerin, Şekil 2’den görüleceği gibi 48A olduğu belirlenmiştir. Buna göre sistemin iyileştirilmesi için bara gerilimi, yükseklik, ortam sıcaklığı gibi aktif filtrenin diğer seçim kriterleri de göz önünde tutularak ABB firmasına ait 3 fazlı, 4 iletkenli, 60A kapasiteli PQFS modeli aktif filtre seçilmiştir. [5].



Şekil 2. Harmonik akımların etkin değerinin değişimi

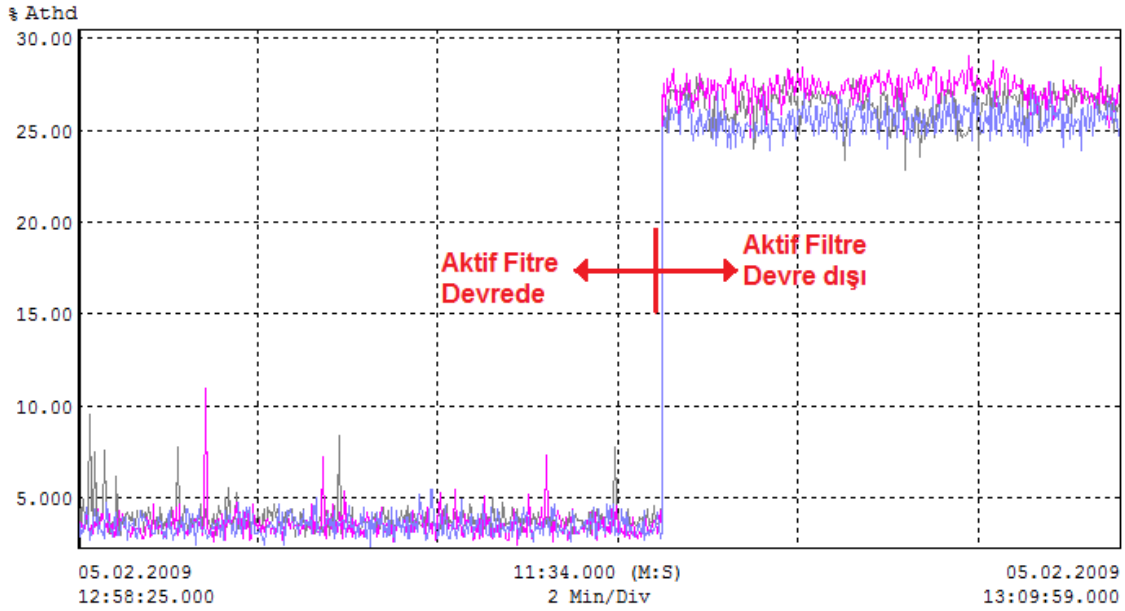
## AKTİF FİLTRE UYGULAMASI

Aktif filtre uygulaması, 630 kVA gücündeki transformatörden beslenen 60 kVA gücündeki KGK’nın girişinde yapılmıştır. Filtre devrede iken ve devre dışı iken şebeke tarafından ölçümler alınmıştır.

Aktif filtre boyutlandırma aşamasında, yapılan ölçümlere göre, 2.harmonikten 21.harmoniğe kadar tüm harmonik derecelerinin yok etmesi için programlanmıştır. Ayrıca faz akımlarındaki dengesizliği giderme ve reaktif güç kompanzasyonu yapma komutları da verilmiştir.

Şekil 3'de aktif filtre devre dışı iken ve devrede iken faz akımlarında ölçülen harmonik bozulmalarının değişimi görülmektedir. Buna göre filtre devre dışı iken faz akımlarında ortalama %27 bozulma varken,

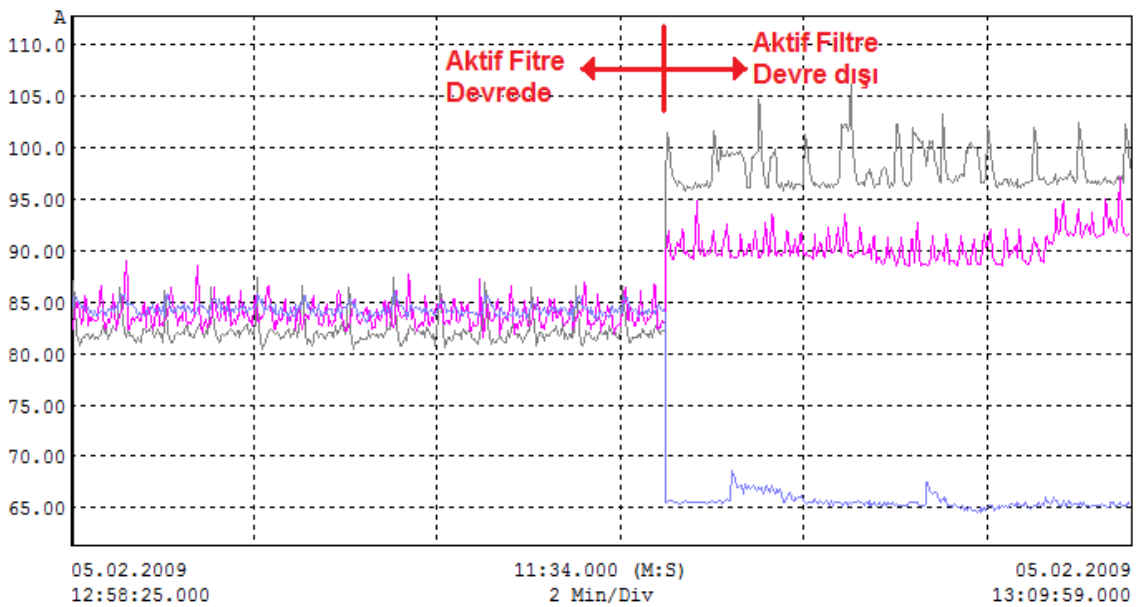
filtre devreye girdiğinde bu oranın %3.9'a indiği görülmektedir.



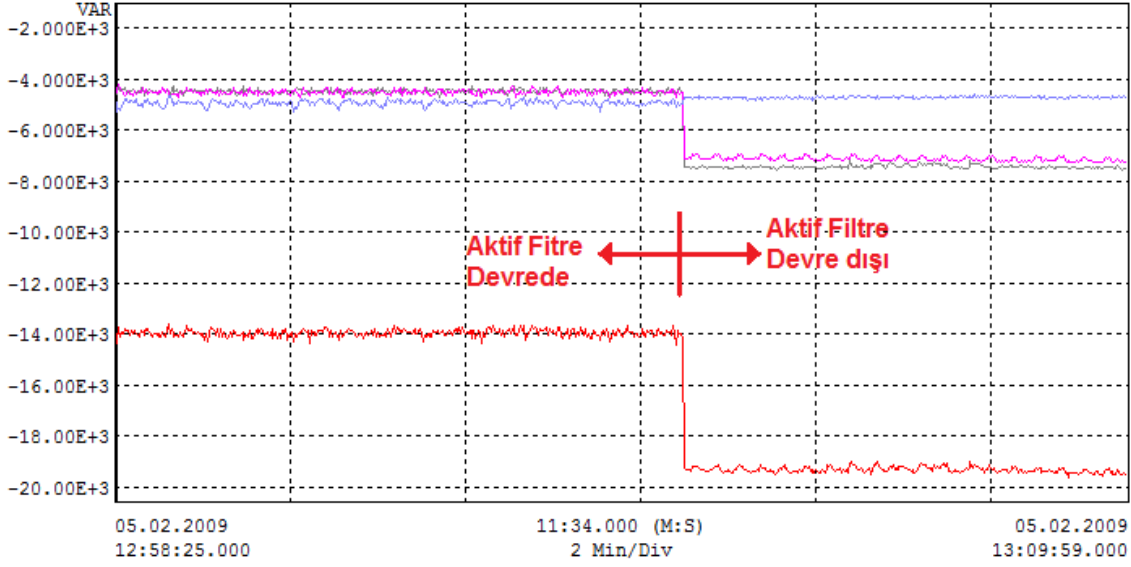
Şekil 3. Faz akımlarındaki harmonik bozulmaların değişimi

Şekil 4, faz akımlarındaki dengesizliği gidermede aktif filtrenin etkisini göstermektedir. Buna göre aktif filtre devrede değil iken faz akımları ortalama 96A, 90A ve 65A'dır. Bu durumda fazlar arası dengesizlik yaklaşık %26'dır. Aktif filtreyi devreye alıncığında ise faz akımları ortalama 84A, dengesizlik ise %3 olmuştur.

Şekil 5'de her bir fazın ve 3 fazın toplam reaktif güç değerleri görülmektedir. Filtre devre dışı iken üç fazın toplam reaktif gücünün 19,2kVAR (kap) olduğu görülmüştür. Buna karşın filtre devreye girdiğinde fazlardan çekilen güçler eşitlenmiş ve toplam reaktif güç 14kVAR (kap) değerine düşmüştür.



Şekil 4. Faz akımlarının değişimi



Şekil 5. Reaktif güç değişimi

Bu çalışmada, filtre parametreleri tanımlanırken öncelik sırası, harmonik akımlarının yok edilmesi, faz dengelemesi ve reaktif güç kompanzasyonuna verilmiştir. Kurulacak sistemin özelliğine göre reaktif güç kompanzasyonu daha kritik önemde ise öncelik sırası değiştirilerek reaktif güç kompanzasyonu temel alınarak filtre parametreleri seçilebilir.

AG sistemlerinde dengesizlik nedeniyle nötr barasından akan akımlar ile, üç ve üçün katları harmonik akımlar nötr- toprak gerilimlerine neden olurlar. 4 iletkenli aktif filtre uygulaması ile nötr-toprak gerilimleri, filtre devrede değil iken 2,4V iken filtre devreye girdiğinde 0,78V'a inmiştir.

## SONUÇLAR

Bu çalışmada akım harmoniklerini ve etkilerini yok etmek için kullanılan aktif harmonik filtrenin bir endüstriyel tesiste uygulaması yapılmıştır. Akım harmonik bozulma oranlarının, faz akımlarının ve reaktif gücün filtre devre dışı iken ve filtre devrede iken değişimleri incelenmiştir. Aktif filtrenin harmonik bozulma oranlarını düşürmesi, faz akımlarını dengelemesi yanında, kapasitif/endüktif reaktif güç kompanzasyonu sağladığı ve nötr-toprak gerilimini de düşürdüğü belirlenmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] A. Girgis "Measurement and characterization of harmonics and high frequency distortion for a large industrial load," IEEE Trans. Power Delivery, vol. PWRD-5, no.1 pp.427-434, Jan 1990
- [2] IEEE Std. 519-1992 "Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems"
- [3] IEEE Working Group on Power System Harmonics. Power System Harmonics: An Overview. IEEE Trans On Power Apparatus and Systems PAS 102: 2455-2459, 1983.
- [4] R Yacmini. Power System Harmonics Power Eng J 10(4): 185- 93, 1996.
- [5] ABB Press, "Power LV Active Filters, Installation, operation maintenance instructions", 2GCS217012A0070