

22kW Sinüzoidal Filtre Uygulaması

Didem Ergun Sezer

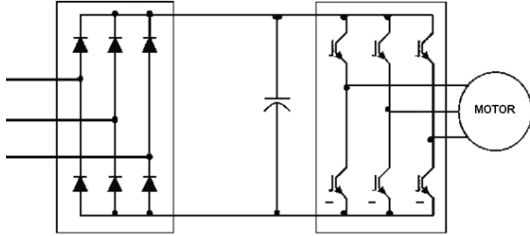
Ergun Elektrik A.Ş. İzmir

didem@ergunelektrik.com

Özet: Asenkron motorları hız kontrol cihazları ile sürmek sanayide uygulanan en yaygın uygulamadır. Yüksek enerji verimi, hareket doğruluğu, yüksek kalkış momenti ve düşük kalkış akımı sağlayan PWM eviricili hız kontrol cihazları sanayide çok yüksek oranlarda kullanılan cihazlardır. PWM eviricinin çıkış geriliminin yüksek frekansları, daha geniş bir aralıkta hız değişikliklerine izin verir. Bu, hız kontrol cihazının verimliliğini ve çok yönlülüğünü artırır, ancak aynı zamanda yüksek diferansiyel mod gerilimleri (DM) ve ortak mod akımları (CM) üretirler. Bunların yanı sıra yansıyan dalga olgusu, hızlı yükselen tepe gerilimleri (du/dt) motor sargı izolasyonlarının yıpranmasına ve motor rulmanlarının arızalanmasına sebep olur. Uygulamalarda en çok yaşanan sorun uzun mesafeli kablo uygulamalarında hız kontrol cihazı ile motoru sürememektir. Bu durumu test yöntemi ile inceleyebilmek için laboratuvarımızda sanayide en çok kullanılan 3 fazlı 6 diyotlu doğrultuculu, PWM eviricili 22kW gücünde hız kontrol cihazı tesis edilip 22kW gücünde asenkron motora 200m uzunluğunda ekransız kablo ile yol verilmiştir. Bu yaşanan sorun laboratuvarımızda incelenmiş ve daha sonra hız kontrol cihazı ile asenkron motor arasına sinüzoidal filtre monte edilerek, asenkron motora yol verilmiştir.

GİRİŞ:

Asenkron motorları hız kontrol cihazları ile sürmek sanayide uygulanan en yaygın uygulamadır. Yüksek enerji verimi, hareket doğruluğu, yüksek kalkış momenti ve düşük kalkış akımı sağlayan PWM eviricili hız kontrol cihazları sanayide çok yüksek oranlarda kullanılan cihazlardır.



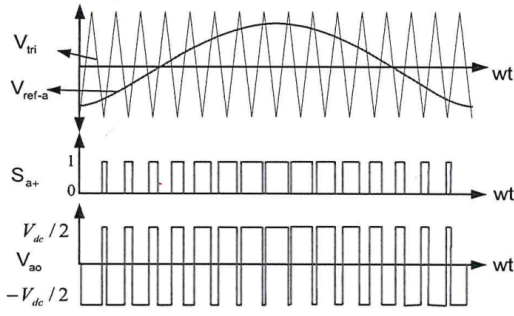
Şekil-1: Hız Kontrol Cihazı Şeması

PWM eviriciler DC bara geriliminin AC gerilime dönüştürülmesinde kullanılırlar. Eviriciler hız kontrol cihazlarında çıkış geriliminin frekans ve şiddetini geniş aralıkta ve yüksek doğrulukla ayarlayarak motor hızı denetiminin kalitesini ve motorun enerji verimini yükseltirler. Şekil-1’de standart üç fazlı bir motor sürücünün devre diyagramı gösterilmektedir. Şekildeki sürücünün DC bara gerilimi, şebeke geriliminin üç fazlı diyotlu doğrultucu ile doğrultulmasından sonra kondansatörlerle süzülmesiyle elde edilir.

DC bara gerilimi, üç iletkenli, üç fazlı evirici ile DC’ den AC’ ye dönüştürülüp motor terminallerine uygulanır. Eviriciler yarı-iletken

anahtarlardan oluşup, devrenin normal çalışma modlarında anahtarlar, ideal anahtar gibi ya iletimde ya da kesimde olurlar. Dolayısıyla, sabit DC bara geriliminden beslenen eviricilerin çıkış gerilimleri dikdörtgen dalga biçimlidir. İstenen şiddet ve frekansta çıkış gerilimi elde etmek için anahtarlar belli sıklıkta ve darbe şablonu kullanılarak anahtarlanırlar. Anahtarların anahtarlama frekansı düşük (kHz’nin altında) ve motorun kaçak indüktansları küçük olduğunda motordan akan akımın harmonik bileşenleri güçlü olup titreşim, gürültü ve kayıplara neden olurlar. Bu nedenle anahtarlama kayıplarının izin verdiği ölçüde anahtarlama frekansı yükseltilir. Laboratuvarımızda test ettiğimiz 3 fazlı 6 diyotlu doğrultuculu, PWM eviricili 22kW gücünde hız kontrol cihazı çıkış katında 6kHz frekansında anahtarlama yapmaktadır.

Evirici en yaygın anahtarlama yöntemi darbe genişlik modülasyonu (PWM) yöntemi olup, bu yöntem sabit anahtarlama frekansı ($f_s=1/T_s$) kullanarak ve evirici çıkış gerilim darbelerinin genişliğini ayarlayarak temel frekansta bir sinüs gerilimi üretme mantığına dayanır. Bunun için anahtarlama frekansında bir üçgen dalga (taşıyıcı) ile üretilmek istenen frekans ve şiddette bir sinüs dalgası (modülasyon dalgası) karşılaştırılır ve iki dalganın kesişme noktaları anahtarların anahtarlama anlarını belirler (Şekil 2).



Şekil-2: Darbe Genişlik Modülasyonu

Kısa devre hatasını önlemek üzere, anahtarlama geçiş bölgelerinde her iki anahtar da t_d boşa zamanı süresince kesimde çalışmada bırakılır. Böylece evirici çıkışında dikdörtgen gerilim darbeleri oluşur. Bu gerilim darbelerinin t_s 'deki ortalamaları alındığında çıkışta temel frekansta sinüs biçimli olan bir gerilim dalgası (referans dalgayla özdeş) elde edilir. Eviricinin ürettiği gerilimler keskin uçlu darbelerden oluşur ve bu darbeler motor üzerinde olumsuz etkiler yaratır. Uygulamada, anahtarlama anında değişim hızı yüksek olan Ortak Mod Gerilimi (OMG) motorda büyük şiddette kaçak akımlara Ortak Mod Akımı (OMA)) ve Diferansiyel Mod denilen kaçak gerilimlere neden olur. OMA ve DMG motor yataklarında bozulma, sürücünün elektronik devrelerinin girişim sonucu aldığı hatalı işaretlerden kaynaklı sürücü hatalı kesilmeleri (nuisance trip), benzer biçimde çevredeki elektronik yüklerin bu gürültüleri kapması sonucu bozulmalar, işlev kaybı vb. sorunlara neden olur [1].

Dik uçlu gerilim darbelerinin (du/dt) yarattığı bir diğer etki ise, uzun kablolu motor uygulamalarında, yansıma nedeniyle gerilim yükselmesi olup, yükselme sonucu genellikle motorların stator sargılarının ilk bobininde dielektrik delinme oluşmakta ve dolayısıyla motor arızalanmaktadır. [2]

Motor rulmanlarının çok sık yenilenmesi gerekmektedir.

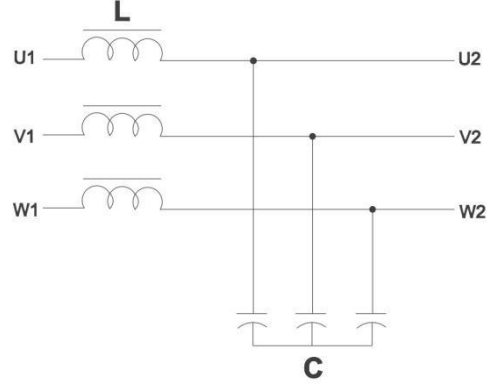
Uygulamada yaşanan bir diğer sorun da uzun mesafeli kablo uygulamalarında hız kontrol cihazı ile motoru sürememektir.

Bu durum test yöntemi ile laboratuvarımızda incelenmiş ve hız kontrol cihazı ile asenkron motor arasına sinüzoidal filtre monte edilerek giderilmiştir.

1. 22kW SİNÜZOİDAL FİLTRE YAPISI:

3 fazlı 22kW, 400V, 50Hz Sinüzoidal filtre 1 adet trifaze reaktörden ve 1 adet trifaze

kondansatörden oluşur. Yüksek empedanslı L reaktörü seri, C kondansatörü paralel bağlanarak filtre devresi oluşturulur. Reaktör ve kondansatör belirli bir frekans değerinde birbirlerine ayarlanırlar. Sinüzoidal filtre ayar frekansındaki akımları soğurup, akım dalga formunu sinüzoidal akım dalga şekline yakınlştırır. Sinüzoidal filtrenin bağlantı şekli Şekil-3'te verilmiştir.



Şekil-3: Sinüzoidal Filtre Şeması



Şekil-4: Sinüzoidal Filtre Görseli [2]

2. TEST DÜZENEĞİ:

Laboratuvarımızda bir test düzeneği hazırlanmıştır. Test düzeneği için; 3 fazlı 22kW 400V, 50Hz, 6 darbeli diyot giriş katı olan, PWM evirici katı olan bir hız kontrol cihazı temin edilmiştir.

400V nominal gerilim seviyesinde 22kW gücünde asenkron motor temin edilmiştir ve asenkron motor 200m uzunluğunda ekransız 3x1x6 mm² kesitinde kablo ile hız kontrol cihazı ile irtibatlandırılmıştır.

Motorun miline 22kW gücünde bir generatörün mili kuplaj yöntemi ile bağlanmıştır. Bu düzenek tam yükte test yapabilmeye imkânını sunmaktadır.

Test sonuçlarının ölçümü için bir A Class ölçüm cihazı tesis edilmiştir.

Bu düzenek ile 2 adet test gerçekleştirilmiştir.

Birinci test düzeneği Şekil-5’te verilmiştir. Birinci testte 22kW 400V hız kontrol cihazı ile 22kW asenkron motora direkt olarak yol verilmiştir ve A class ölçüm cihazı ile sinüs dalgasının dalga şekli izlenmiştir. İkinci test düzeneği Şekil-9’da verilmiştir. İkinci testte 22kW 400V hız kontrol cihazı ile 22kW asenkron motora sinüzoidal filtre ile yol verilmiştir ve A class ölçüm cihazı ile sinüs dalgasının dalga şekli izlenmiştir. Kablo 200m uzunluğunda ve 3x1x6 mm2 kesitindedir.

3. BİRİNCİ TEST

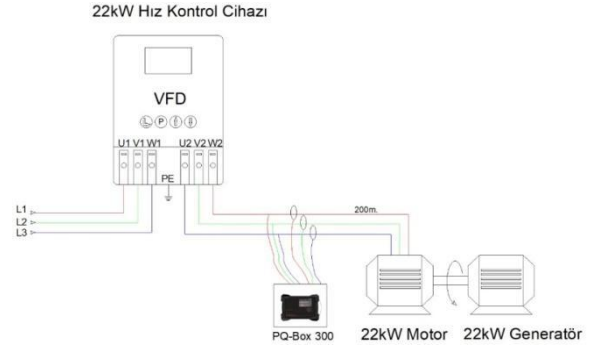
22kW, 400V, 50Hz Asenkron Motora Hız Kontrol Cihazı ile Yol Verme Test Sonuçları:

3 fazlı, 22kW, 400V, 50Hz, 6 darbeli diyot giriş katı olan, PWM evirici katı olan bir hız kontrol cihazı temin edilmiştir.

400V nominal gerilim seviyesinde 22kW gücünde asenkron motor temin edilmiştir ve asenkron motor 200m uzunluğunda ekransız 3x1x6 mm2 kesitinde kablo ile hız kontrol cihazı ile irtibatlandırılmıştır.

Test düzeneği Şekil-5’te gösterilmiştir.

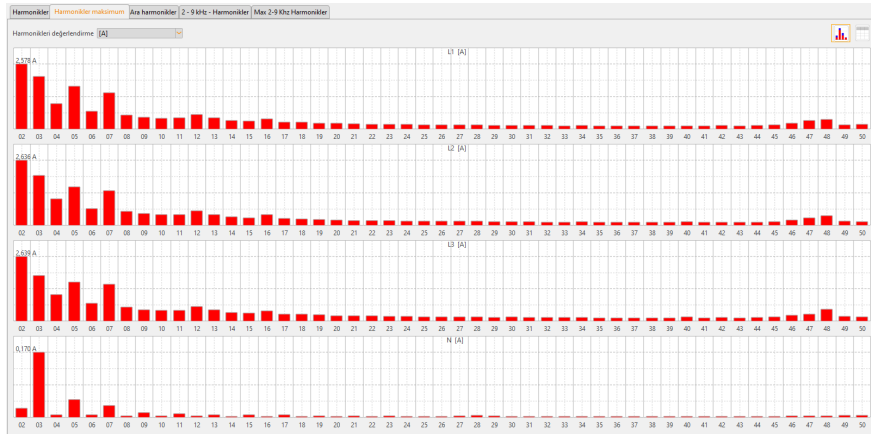
Test esnasında şebeke gerilim harmonik bozulması oranı THDu = %2 ve fazlar arası gerilim dengesizliği %1 olarak ölçülmüştür.



Şekil-5: Laboratuvar Test Düzeneği

Test değerleri A class Ölçüm Cihazı ile ölçülmüştür.

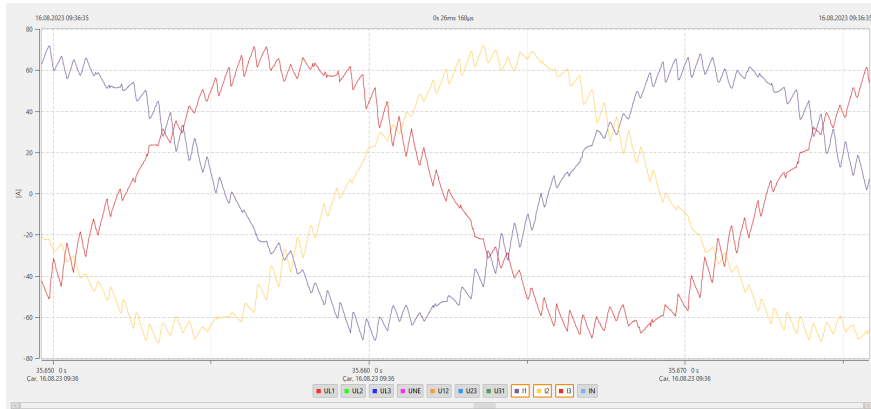
Motora hız kontrol cihazı ile 200m mesafeden yol verilmiştir. Ancak motor kalkışta zorlanmış, çok yüksek gürültü, ısınma sebebiyle test 60sn süre ile sınırlandırılmış. Daha sonra kaplin düzeneğinin titreşim sebebiyle açıldığı gözlemlenmiştir. 60sn süresince kaydedilmiş olan ölçüm sonuçları Şekil-6, Şekil-7 ve Şekil-8’de verilmiştir.



Şekil-6: 2. - 50. Dereceden Akım Harmonikleri Spektrumu



Şekil-7: Yüksek Frekanslı Akım Harmonikleri Spektrumu



Şekil-8: Akım Dalga Şekilleri

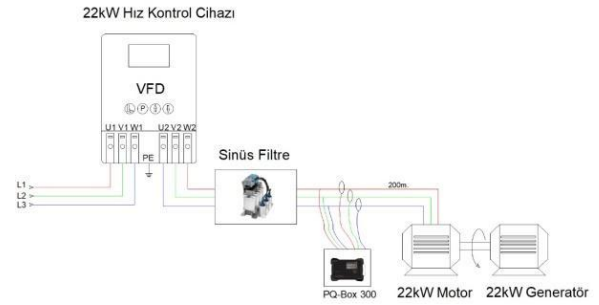
4. İKİNCİ TEST

22kW, 400V, 50Hz Asenkron Motora Sinüzoidal Filtre ile Yol verme Test Sonuçları:

3 fazlı 22kW 400V, 50Hz, 6 darbeli diyot giriş katı olan, PWM evirici katı olan bir hız kontrol cihazı temin edilmiştir. 22kW gücünde sinüzoidal filtre hız kontrol cihazının çıkışına monte edilmiştir.

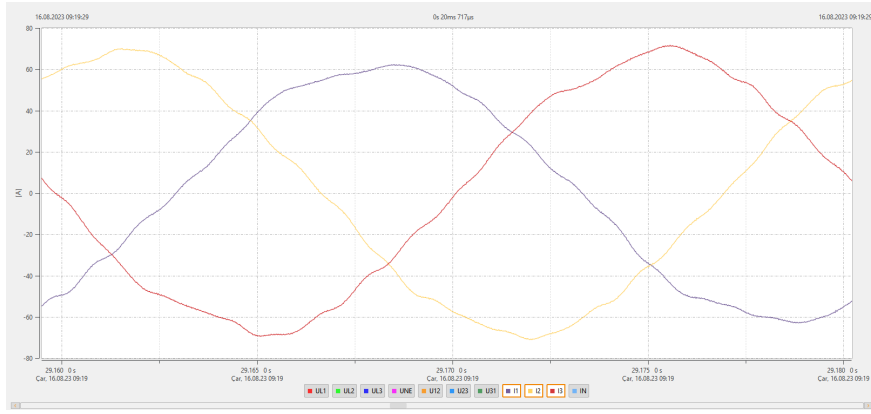
400V nominal gerilim seviyesinde 22kW gücünde asenkron motor temin edilmiştir ve asenkron motor 200m uzunluğunda ekransız 3x1x6 mm² kesitinde kablo ile sinüzoidal filtre ile irtibatlandırılmıştır ve 400V şebeke gerilimi ile besleme yapılmıştır.

3 dakikalık süre boyunca bir ölçüm alınmıştır.

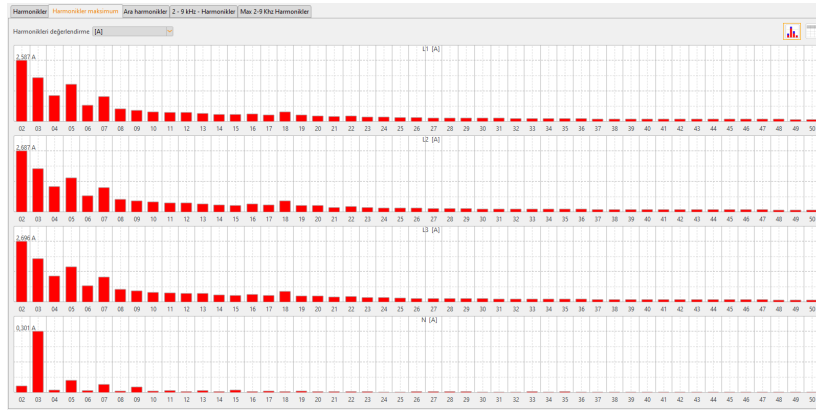


Şekil-9: Laboratuvar Test Düzenegi

Test düzenegi Şekil-9’da gösterilmiştir. Test esnasında şebeke gerilim harmonik bozulması oranı THDu = %2 ve fazlar arası gerilim dengesizliği %1 olarak ölçülmüştür. Test değerleri A class Ölçüm Cihazı ile ölçülmüştür ve Ölçüm sonuçları Şekil-10, Şekil-11 ve Şekil-12’de verilmiştir.



Şekil-10: Akım Dalgı Şekilleri



Şekil-11: 2. - 50. Dereceden Akım Harmonikleri Spektrumu



Şekil-12: Yüksek Frekanslı Akım Harmonikleri Spektrumu

5. TEST SONUCU

Birinci testte 22kW asenkron motora hız kontrol cihazı ile 6kHz anahtarlam frekansı ile 200m mesafeden ekranız kablo ile yol verilmiştir. Ancak motor kalkışta zorlanmış, çok yüksek gürültülü ses çıkartmış, motor gövde ısısı çok ani yükselmiş ve bu sebep ile test 60sn süre ile sınırlandırılmıştır. Daha sonra test düzeneği incelendiğinde motor generatör kaplin düzeneğinin titreşim sebebiyle açıldığı gözlemlenmiştir. Daha sonra hız kontrol cihazının çıkışına sinüzoidal filtre

bağlanmıştır, motora tekrar yol verilmiştir. Birinci testte yaşanan sorunlar yaşanmadığı için 3 dakika süresince ölçüm alınmış ve teste son verilmiştir. Birinci testte ölçülmüş olan saf sinüzoidalden uzaklaşmış olan çıkış akım dalgı formunun sinüzoidal filtre ile saf sinüzoidal akım formunda olduğu ölçülerek tespit edilmiştir. Ayrıca motor gürültüsü, motor ısısı azalmıştır.

6. SONUÇ

22kW 400V, 50Hz hız kontrol cihazı 6kHz anahtarlam frekansı ile 22kW 400V 50Hz

gücündeki bir asenkron motora sinüzoidal filtre ile ve filtresiz olarak yol verilmiş ve test sonuçları bölümünde paylaşılmıştır. Test sonuçlarından görüleceği üzere sinüzoidal filtre ile çıkış dalga formu sinüzoidal dalga formuna yaklaşmıştır. Yüksek diferansiyel mod gerilimleri (DM) ve ortak mod akımları (CM) azaltılmıştır. Ekranlı bir kablo ile 200m mesafeden asenkron motora hız kontrol ile yol verilebilmiştir. Motor gürültüsü ve ısınması azalmıştır, bunun sonucu olarak motor izolasyonu yıpranmayacak motor ömrü uzayacak ve sık sık motor rulmanları yenilemek gerekmeyecektir.

REFERANSLAR

- [1] Prof. Dr. R. Nejat Tunçay, Prof Dr. Emin Tacer , Güç Elektroniği Devreleri Ders Notu İTÜ Elektrik – Elektronik Fakültesi
- [2] J.M.Erdman, R.J. Kerkman, D.W. Schlegel and G.L. Skibinski, “Effect of PWM inverters on AC motor bearing currents and shaft voltages” IEEE Trans. On Ind. Applicats, vol. 32 pp. 250-259, March /April 1196
- [3] Ergun Elektrik, Ürün kataloğu, https://ergunelektrik.com/wp-content/uploads/2023/04/ergun-elektrik-katalog_TR_2023-min.pdf