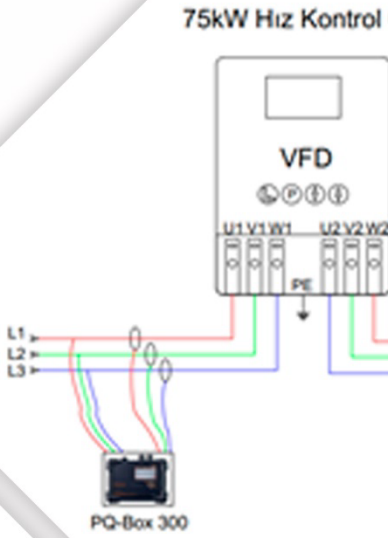
MAKALE

75kW Seri Pasif Harmonik Filtre Uygulaması

DİDEM ERGUN SEZER



ERGUN ELEKTRİK

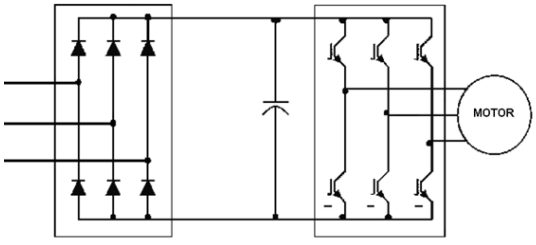
75kW Seri Pasif Harmonik Filtre Uygulaması

Didem Ergun Sezer
Ergun Elektrik A.Ş. İzmir
didem@ergunelektrik.com

Özet: Sanayide güç elektroniği tabanlı tahrik sistemleri kullanımı zaman içinde artmış, başka bir deyişle doğrusal olmayan yüklerin kullanımı yaygınlaşmıştır. Yaygın kullanım sonucu, bilhassa bazı sanayi bölgelerinde şebeke harmonik kirliliği artmıştır (background harmonic distortion). Günümüzde sanayide en yaygın olarak kullanılan güç elektroniği cihazı hız kontrol cihazıdır. Her ne kadar güçleri kW mertebelerinde olsa da sanayide binlerce adet kullanıldığı göz önünde bulundurulduğunda, yüksek oranda şebeke harmonik kirliliğine sebep olmaktadırlar. Bu noktadan yola çıkarak her bir cihazın girişinde akım harmoniklerinin şebekeye akması engellenir ise, şebeke harmonik kirliliği oranında ciddi bir iyileşme olacaktır. Test yöntemi ile inceleyebilmek için laboratuvarda sanayide en çok kullanılan 3 fazlı 6 diyotlu doğrultuculu hız kontrol cihazlarından biri olan 75kW gücünde hız kontrol cihazı tesis edilip seri pasif harmonik filtre ile şebekeye akan harmonik akımlarının azaltılması ölçülmüştür.

1. 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. Ancak sürücünün giriş katında bulunan 6 darbeli diyotlu doğrultucu devre 5., 7., 11., 13., vb (h = np±1 formülüne göre) harmonik üreten ve akıtan bir harmonik akım kaynağı gibi düşünülebilir.



Şekil-1: Hız Kontrol Cihazı Şeması

Her bir harmonik akım muhtelif empedanslar üzerinden akınca Ohm kanununa olan $U_h = I_h \; x \; Z_h$ denklemine göre;
harmonik gerilimlerin oluşmasına sebep olurlar ve şebeke kirliliği denilen şebeke harmonik gerilim bozulması oluşur. (background harmonics)
Formülü aşağıda verilmiştir. [1]

$$THD_U = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + V_5^2 + \dots}}{V_1} \quad (1)$$

$$U_{rms} = \sqrt{V_1^2 + V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + \dots} \quad (2)$$

$$THD_i = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + I_5^2 + \dots}}{I_1} \quad (3)$$

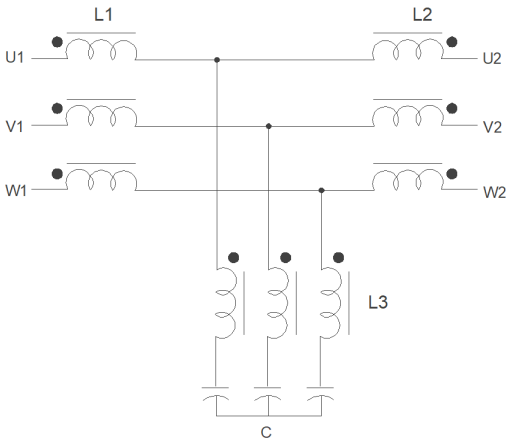
$$I_{rms} = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + \dots} \quad (4)$$

Şebeke harmonik gerilim bozulması Ortak bağlanma noktasında ölçüm yöntemi ile tespit edilebilir.

2. 75kW SERİ PASİF FİLTRE YAPISI:

3 fazlı 75kW, 400V, 50Hz Seri Pasif Filtre 3 adet reaktör ve 3 adet kondansatörden oluşur. Yüksek empedanslı L1 reaktörü seri, göreceli olarak daha düşük empedanslı L3

reaktörü devreye şönt bağlanır. L3 reaktörüne bir kondansatör seri bağlanarak filtre devresi oluşturulur. Reaktörün endüktansı ve kondansatörün sığa değeri geniş bir yelpazede harmonikleri soğuracak şekilde birbirlerine ayarlanır. Yük tarafındaki harmonik akımları sınırlamak için L2 reaktörü monte edilir. L3 reaktörü ile kondansatörün oluşturduğu devreden hız kontrol cihazının ürettiği harmonik akımları ağırlıklı olarak akar. L1 reaktörü de şebeke tarafından L3-C devresine akmak isteyen harmonik akımlarının önünde tıkaç görevi görür.



Şekil-2: Seri Pasif Filtre Şeması

Seri pasif filtre bu devre tasarımı ile şebeke ile hız kontrol cihazı arasında harmonik yalıtım devresi işlevi görür, hem şebekenin harmonik problemlerini yüke yansıtmaz, hem de hız kontrol cihazının ürettiği harmonik akımlarını ağırlıklı olarak soğurur.

3. TEST:

Laboratuvar da bir test test düzeneği hazırlanmıştır. 3 fazlı 75kW 400V, 50Hz, 6 darbeli diyot giriş katı olan hız kontrol cihazı temin edilmiştir.
400V da 75kW gücünde asenkron motor temin edilmiştir ve asenkron motorun miline 75kW gücünde bir jeneratör, kuplaj yöntemi ile bağlanmıştır. Bu düzenek tam yükte test yapabilme imkânını sunmaktadır.

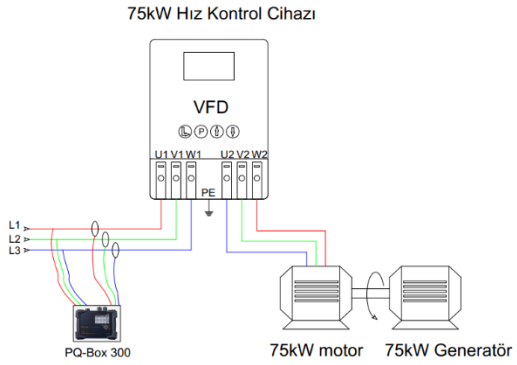
Test sonuçlarının ölçümü için A class ölçüm cihazı tesis edilmiştir.

75kW 400V, 50Hz, 6 darbeli diyot giriş katı olan hız kontrol cihazı ile 2 adet tesisat gerçekleştirilmiştir.

Birinci testte 75kW 400V hız kontrol cihazı şebekeye direkt olarak bağlanmış ve akım harmonik bozulma oranı ölçülmüştür.

İkinci testte 75kW 400V hız kontrol cihazının önüne seri pasif filtre bağlanmış ve şebekeden beslenmiştir. Önünden akım harmonik bozulma oranı ölçülmüştür.

75kW Hız Kontrol Cihazı Ölçümü Testi:



Şekil-3: Laboratuvar Test Düzeneği

75kW 400V, 50Hz Hız kontrol cihazı direkt şebekeye bağlı iken tam yükte çalıştırılmıştır ve akım harmonik bozulma oranı ölçülmüştür.
Test düzeneği şekilde gösterilmiştir.

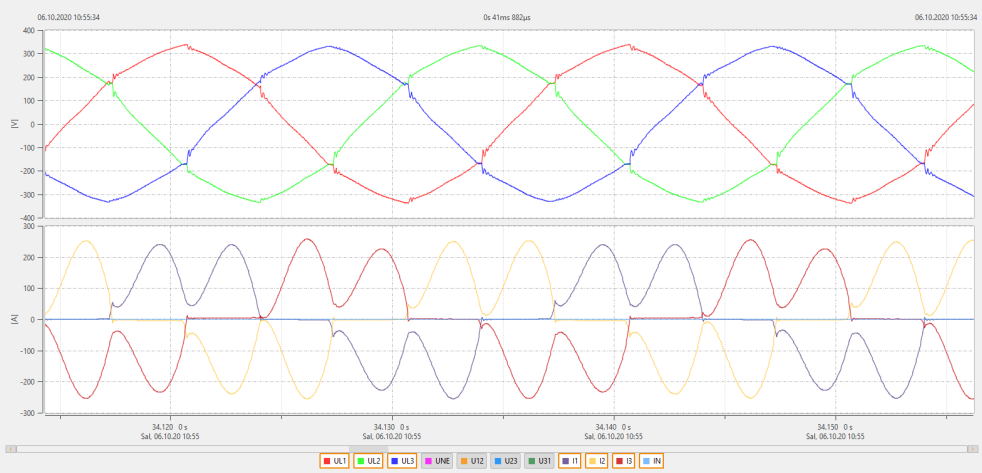
Ölçüm sonuçları Şekil- 5 ve Şekil- 6'da verilmiştir.

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

Toplam Akım Harmonik Bozulma Oranı	Ortalama Değeri
THDi I1	% 54,872
THDi I2	% 63,770
THDi I3	% 58,541

Tablo-1: Toplam Akım Harmonik Bozulma Oranı

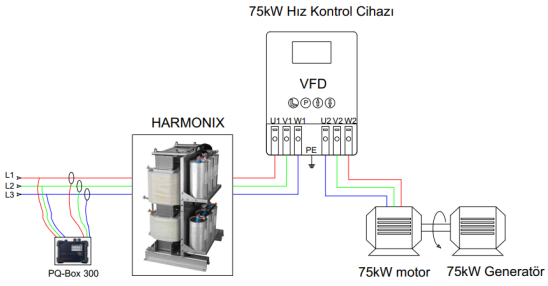
Şekil-4: 75kW Seri Pasif Harmonik Filtre [2]



Şekil-5: Akım ve Gerilim Dalga Şekilleri

Şekil-6: Akım Harmonikleri Spektrumu

75kW Hız Kontrol Cihazı Seri Pasif Filtre ile Ölçümü Testi:



Şekil-7: Laboratuvar Test Düzeneği

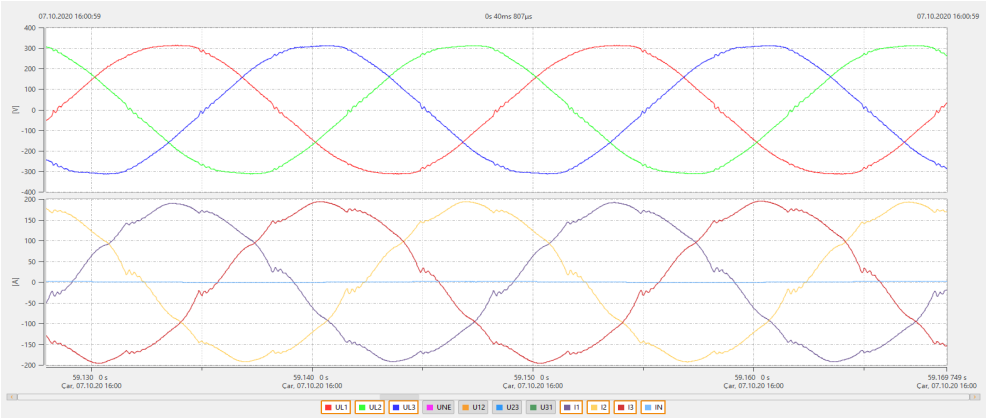
75kW 400V 50Hz Hız kontrol cihazının önüne seri pasif filtre bağlanmıştır ve şebekeye irtibatlandırılmıştır. Tam yükte çalıştırılmıştır ve akım harmonik bozulma oranı ölçülmüştür.
Test düzeneği Şekil -7'de gösterilmiştir.
Test esnasında şebeke gerilim harmonik bozulması oranı THDu = %2 ve fazlar arası gerilim dengesizliği %1 olarak ölçülmüştür.

Toplam Akım Harmonik Bozulma Oranı	Ortalama Değeri
THDi I1	4,040%
THDi I2	4,015%
THDi I3	4,354%

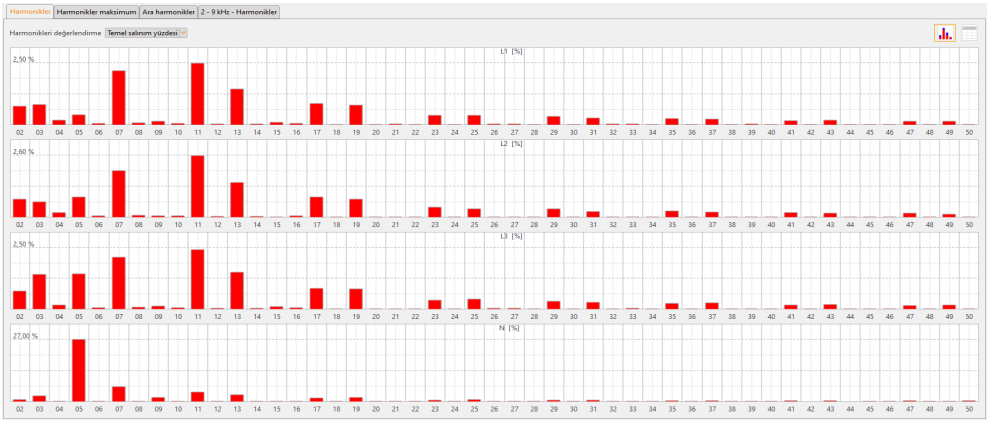
Tablo-2: Toplam Akım Harmonik Bozulma Oranı

TEST SONUCU:

Şebeke gerilim harmonik bozulması oranı THDu=%2 ve fazlar arası gerilim dengesizliği=%1 iken yapılan ölçüm testlerinde; şebekeden direkt beslenen hız kontrol cihazı giriş toplam akım harmonik bozulma oranı %63,77 değerinden, hız kontrol cihazı girişine 75kW gücünde seri pasif filtre bağlanarak ölçüldüğünde %4,01 değerine düştüğü gözlemlenmiştir.
Aclass cihaz ile yapılan ölçüm sonuçları Şekil-8 ve Şekil-9'da verilmiştir.



Şekil-8: Akım ve Gerilim Dalga Şekilleri



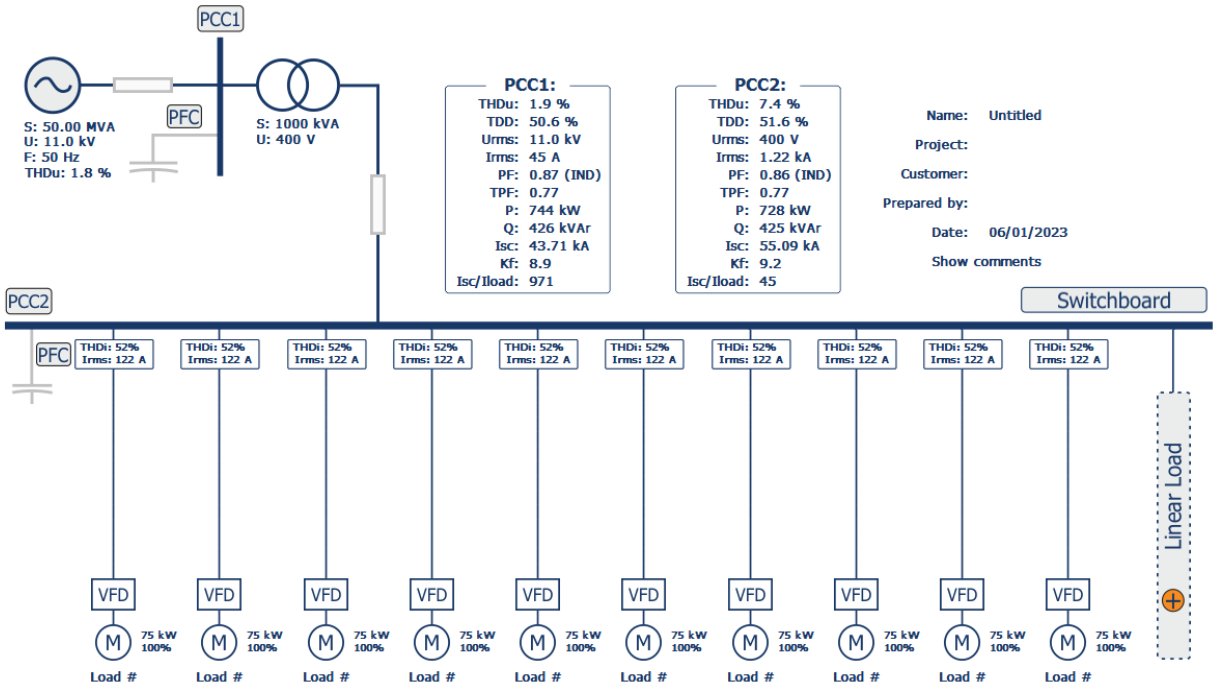
Şekil-9: Akım Harmonikleri Spektrumu

4. SİMULASYON [3]

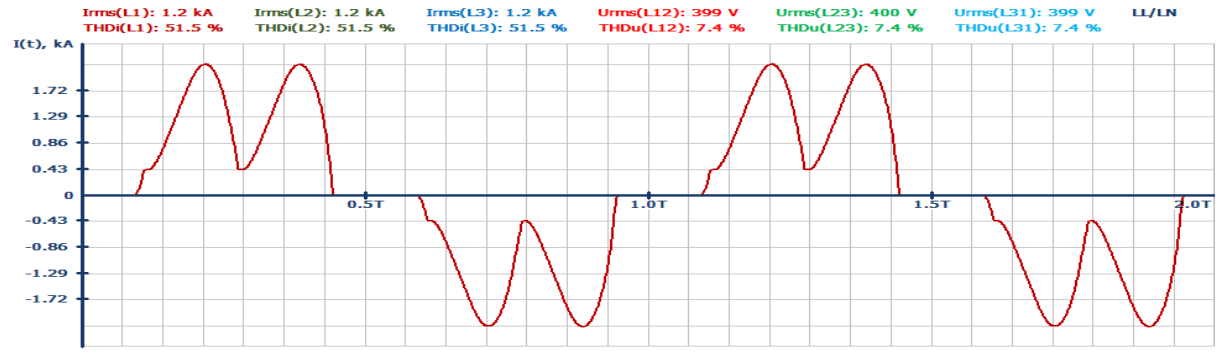
Laboratuvarda 1 adet 75kW 400V 50Hz hız kontrol cihazı ile testler gerçekleştirilmiştir. Birçok hız kontrol cihazının şebekeye direkt bağlanması ve bağlanması halinde oluşacak olan toplam harmonik bozulma oranı durumu simülasyon programı yardımıyla incelenmiştir.

10 adet 75kW hız kontrol cihazının harmonik etkileri simülasyon programında çalışılmıştır. Önce hız kontrol cihazının şebekeye direkt bağlı olması durumundaki ortak bağlantı noktasındaki toplam akım harmonik bozulma oranı ve daha sonra her bir hız kontrol cihazının önüne pasif seri filtre bağlanması durumunda ortak bağlantı noktasındaki toplam akım harmonik bozulma oranı karşılaştırılmıştır. 10 adet 75kW 400V 50 Hz hız kontrol cihazının ortak bağlantı noktasındaki toplam harmonik akım bozulması oranı Şekil-11'de gösterilmiştir.

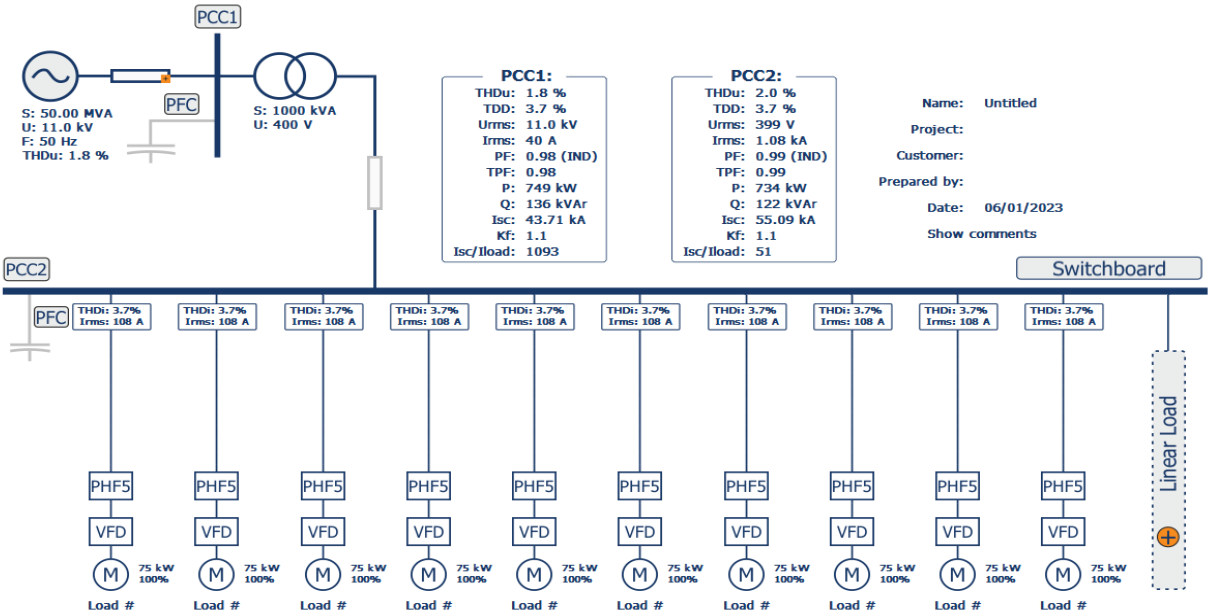
10 adet 75kW 400V 50 Hz hız kontrol cihazının girişine seri pasif filtre bağlanması durumunda ortak bağlantı noktasındaki toplam harmonik akım bozulması oranı Şekil-12'de gösterilmiştir.



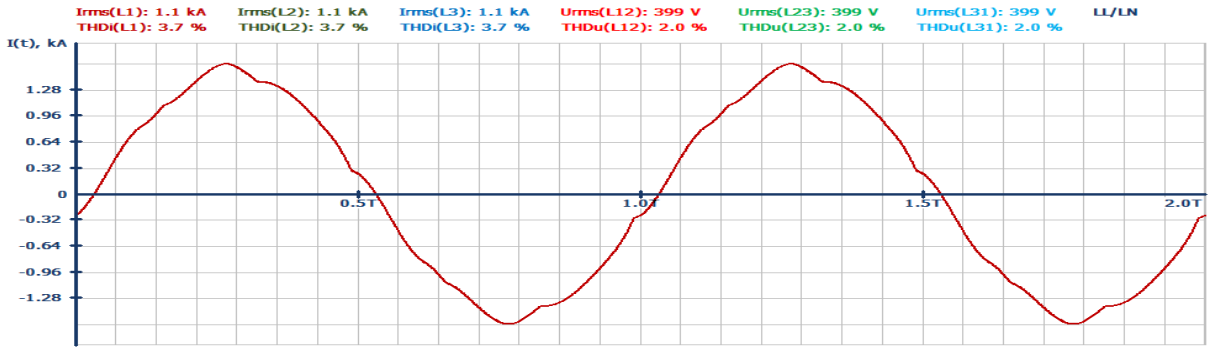
Şekil-10: Simülasyon Programında 10 Adet 75kw Hız Kontrol Cihazı



Şekil-11: Ortak Bağlantı Noktasındaki 10 Adet 75kw Hız Kontrol Cihazı Dalga Formu



Şekil-12: Simulasyon Programında 10 Adet 75kw Hız Kontrol Cihazı



Şekil-13: Ortak Bağlantı Noktasında 10 Adet Pasif Filtreli Hız Kontrol Cihazı Dalga Formu

5. SONUÇ:

Ülkemizde her geçen yıl organize sanayi bölgelerinde yaptığımız ölçümlerde şebeke harmonik kirliliğinin istikrarlı bir şekilde artmakta olduğunu gözlemlemekteyiz. Bu gözlemimizden ve de sanayi tesislerinde yaygın olarak kullanılan güç elektroniği cihazı hız kontrol cihazının olmasından yola çıkarak. Hız kontrol cihazlarının her ne kadar güçleri kW mertebelerinde olsa da sanayide binlerce adet kullanıldığı için yüksek oranda şebeke harmonik kirliliğine sebep olmaktadırlar. Her bir hız kontrol cihazının girişinde müdahale edilir ve akım harmoniklerinin şebekeye akması bir miktar azaltılır ise, şebeke harmonik kirliliği oranında ciddi bir iyileşme olacaktır. Bu görüşümüzü test yöntemi ve simülasyon programında simüle ederek incelemeye çalıştık.

REFERANSLAR

[1] Arillaga J., Smith B.C., Watson N.R., & Wood A.R., "Power System Harmonic Analysis," John Wiley 1997

[2] Ergun Elektrik, Ürün kataloğu, https://ergunelektrik.com/wp-content/uploads/2023/04/ergun-elektrik-katalog_TR_2023-min.pdf

[3] Harmonix, Serial Passive Harmonic Filter Simulation Software [6] Rock well Automation Mequon, WI, Straight Talk About PWM AC Drive Harmonic Problems and Solutions.

[7] Harmonix, Serial Passive Harmonic Filter Simulation Software