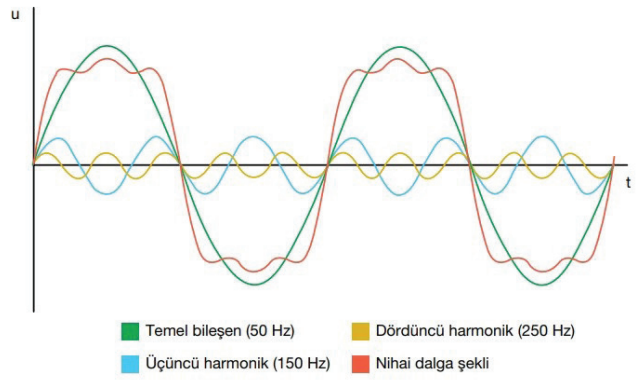
HARMONİKLERİN ENERJİ VERİMLİLİĞİNE ETKİLERİ

Hacı BİLGİÇ - *Elektrik- Elektronik Mühendisi*

hacibilgic@hbgrup.net

Harmonik nedir; Harmonik aslında parazit gürültü demektir. Yaşantımızda ses gürültüsü, ışık gürültüsü insanları ne kadar rahatsız ediyorsa bu harmonikler de enerji kaynağını, enerji dağıtım sistemini ve son kullanılan ekipmanlarda rahatsızlığa da sebep olurlar. Harmonik AC temel enerji iletim eğrimiz olan sinüs dalgasında meydana gelen bozulmalardır. Bu bozulmaların büyüklüğüne, sürekliliğine ve frekansına göre etkileri de farklı boyutlarda olmaktadırlar. Burada bu etkilerden ve yaşanmakta olan sorunlarla beraber harmonikleri oluşturan etkenlerden de bahsedeceğiz.

Harmonikler 1.3.5.7....harmonikler olarak isimlendirilmektedir. 1. Harmonik bir periyottaki sinüs dalgası ile aynı periyotta fakat farklı genlikte olan parazitlerdir. 3harmonik temel frekans değerimiz 50Hz ise 3. Harmonik 3*50= 150Hz dir. Şekil a'da görülmektedir.

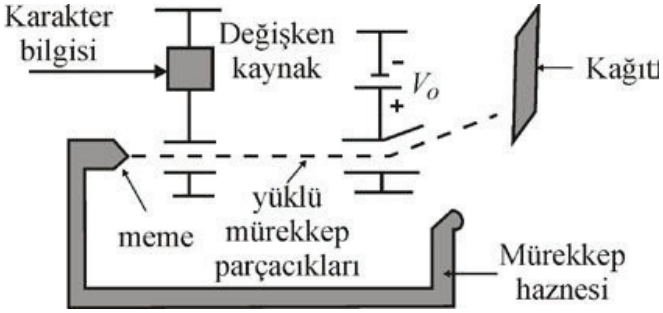


Şekil (a)

Şekil a'da görüldüğü üzere yeşil renkli olan temel sinüs eğrisi, kırmızı ile gösterilen ise harmonikli eğri, turuncu ile gösterilenin periyodu 1/5 (frekansı 250Hz), mavi ile gösterilen eğride ise periyot 1/3 dir (frekansı 150Hz).

Harmonikler enerji üretim kaynaklarına ekstra yükler yükleyerek ömürlerinin azalmasına ve birçok kayıplara yol açmaktadırlar. Örneğin trafolarda aşırı ısınmalara bu ısınmalara bağlı olarak demir ve bakır kayıplarına sebep olurlar. Dağıtım sisteminde iletkenlerin ısınmasına iletken ömürlerinin azalmasına koruma elemanlarının hatalı kesintiler yapmasına sebep olmaktadırlar. Buda enerji kaybı ve iş kayıplarına sebep olurlar. Sistemde kaçak olmamasına rağmen kaçak akım rölesinin açmasına neden olmaktadırlar. Bir fabrikada görülmeyen sebeplerden kaynaklı bir açmada fırın içerisindeki ürünün bozulması, enjeksiyon makinası içerisindeki ürünün soğuması bu ürünü tekrar işlenebilir hale getirmek için kullanılan enerjiler kayıp olarak hanemize işlenmektedir. Bu sadece enerji bakımından kayıp olarak algılanması yeterli bir analiz değildir. Burada çalışanların işe olan odaklanma kayıpları da hesaplanamayan ve enerjiden daha fazla maliyetler getiren kayıplar olarak görülmelidir.

Harmoniklerin mürekkep püskürtmeli bir yazıcı örneği ile etkisini inceleyelim. Yazdırma işleminin hızının artırılması ve yazdırma kalitesinin daha iyi olması için elektrostatik sapma prensibine dayanan yeni bir yazdırma tekniği geliştirilmiştir. Bundan dolayı, bu yazıcıya mürekkepli-jet yazıcı adı verilmiştir. Bir mürekkepli–jet yazıcıda ultrasonik frekansta titreşim yapan bir başlık (nozzle), belli bir aralıkla birbirinden ayrılmış çok küçük, düzgün büyüklükte damlacıklar püskürtür. Bu damlacıklar Şekil b'de görüldüğü gibi yüklü plakalar seti arasından geçerken yazılacak karakter ile orantılı olarak yük kazanırlar. Dikey saptırma plakaları arasında tutulan sabit bir potansiyel altında mürekkep damlacığının dikey yer değişimi yükü ile orantılıdır. Karakterler arasındaki boşluklar mürekkep damlacıklarına yük verilmemesi ile başarılır. Bu durumda mürekkep damlacıkları bir mürekkep alıcı ile toplanır. Katot ışınlı osiloskopta elektronun yatay sapması yatay saptırma plakaları arasındaki potansiyel farkın sürekli olarak değiştirilmesi ile sağlanır. Bununla beraber bir mürekkepli-jet yazıcıda yazıcı başlığı sabit bir hızla yatay olarak hareket eder ve karakterler saniye başına 100 karakterlik bir oranda biçimlenir.



Şekil (b) Mürekkep jet yazıcının temel yapısal detayları ve çalışma prensibi

Hareket eden parçası çok az olduğundan mürekkepli-jet yazıcılar vuruşlu yazıcılara kıyasla çok sessiz ve güvenilir çalışırlar. Aynı zamanda vuruşlu yazıcılar sadece yazma başlığı üzerinde bulunan karakterler ile yazıyı sınırlamaktadırlar oysa mürekkepli-jet yazıcılarda her karakterin biçimlendirilebilmesi bunları çok yönlü hale getirmektedir. Tahmin edilebileceği gibi mürekkep damlasının yörüngesinin belirlenmesi için gereken eşitlikler bir katot ışınlı osiloskoptaki elektronunkiler ile aynıdır. (1)

Harmoniklerden kaynaklı boya damlacıklarının farklı yüklenmeleri sonucu yüklü damlacığın yörüngesini sapıtmasına sebep olur, bu da ürünün defolu veya hurda ürün olarak ayrılmasına etkendir. Ayrıca püskürtme tabancasının meme kısmında boyanın yapışmasına kirlenmesine neden olur. Bu boyanın temizlenmesi tekrar devreye alınması için geçen süre içerisinde iş gücü kaybı ve imalathanedeki enerji kaybını (makinanın boşta çalışması, aydınlatma giderleri vb.) hesaplamak gerekir.

Harmoniklerin etkileri birkaç tane değildir. Birçok etkisi vardır burada basit görülebilen etkilerden bahsedildi. Bunları sıralamak gerekirse başlıcaları aşağıda sıralanmıştır.

a. Kompanzasyon panolarında harmonik akımları çekerek kondansatörün ömrünü kısaltır.

b. Trafolarda olan gerilimlerde dalga şekilleri bozulur.

c. Elektik motorlarında aşırı ısınmalar olur.

d. Gerilimlerde düşmelere neden olur.

e. Sistemde bulunan kesicilerin hatalı bir şekilde çalışmasına neden olmaktadır.

f. Elektrik motorlarında verimlilik azalır.

g. Motorlarda sarsıntılara neden olur.

h. Trafolarda izolasyon sorunlarına sebep olur.

i. Harmoniklerden oluşacak aşırı gerilim ve akımdan dolayı tesiste bulunan elemanlara zarar verebilmektedir.

j. Dalga şekillerini bozarak güç kalitesinde sorunlar olabilmektedir.

Harmonik oluşturan ekipmanlar ise şunlardır.

a. Gerilim regülatörleri,

b. Gazlı lambalar,

c. Trafolar,

d. Motorlar,

e. Ark fırınları,

f. Aküler,

g. Balastlı lambalar,

h. Ledler,

i. Lineer olmaya yükler,

j. Ups'ler,

k. Kompanzasyon panoları,

l. Hız kontrol sürücüleri,

Bu harmoniklerin etkilerini azaltmak ve ortadan kaldırmak için iki temel yöntem vardır. Pasif ve aktif harmonik filtrelemedir. Pasif filtreleme sadece kendine bağlı elemanı korur ve bu da çok sınırlı bir kabiliyete sahiptir. Aktif filtrelerde oldukça maliyetli bir sistemdir. Aktif filtrede harmoniğin kaçıncı harmoniklerden oluştuğunu buna özel profesyonel cihazlarla ölçülüp değerlendirildikten sonra aktif filtre seçimi kapasitesine ve etkilerine göre seçilmelidir.

Ama asıl önemli olan kullanılan ve harmonik üreten cihazların sınırlandırılmasıdır. Örneğin evimize bir televizyon alırken harmonik etkileri azaltılmış televizyon seçmek, fabrikalarda kullanılan sürücülerin, UPS'lerin kısacası güç harcayan ekipmanların harmonik etkilerinin az olması veya kendi içinde filtrelemesi yapılmış ekipmanları seçmek en ekonomik olanıdır.

Kaynakça:

1- Elektromanyetik alan Teorisi Prof. Dr. Osman GÜRDAL

ANKARA 2 OSB BÖLGESİNDE ÖZEL BİR FİRMADA YAPILAN HARMONİK ÖLÇÜM SONUCU AKIM VE GERİLİM SİNÜS EGRİLERİ

ÖLÇÜM YAPILAN TESİS HAKKINDA GENEL TEKNİK VERİLER

Tesis Hakkında Özet Bilgi:

Tesis Ölçüm Verilerine Göre Özet Bilgi

	L1/L2/L3
Gerilim Faz-Faz, URMS(V)	400/400/401V
Gerilim Faz-Nötr, VRMS(V)	231/231/231V
Fazlar Arası Gerilim Dengesizliği (Vunb(IEEE 112))	0,1 %
Yük Akımı, IRMS(A)	339/273/286A
Fazlar Arası Akım Dengesizliği (Aunb(IEEE 112))	0,9 %
Nötr Akımı (IN)	0A
Frekans(Hz)	49,91 – 50,08Hz arasında
Aktif Güç, PT(kW)	171kW
Reaktif Güç, QT(kVAr)	137kVAr
Reaktif Güç Bozulması, DT(kVAr)	72kVAr
Görünür Güç, ST(kVA)	198kVA
Toplam Harmonik Voltaj Bozulması, THDV(%) - Ortalama	3/3/3 %
Toplam Harmonik Akım Bozulması, THDI(%) - Ortalama	26,8/34,7/21,6 %
Güç Faktörü	0,73
cosØ	0,771

Güç Kalitesi Bozulmaları Konusunda Genel Bilgilendirme:

Güç Kalitesi: Elektrikli sistemin önemli bir performans kaybı olmaksızın amaçlanan şekilde çalışmasını sağlamak için tasarlanmış çeşitli uluslararası komisyonlarca belgelendirilmiş kurallarla tanımlanan bir dizi elektrik sınırını ifade eder. Bu standart, şebekenin sağladığı sabit ve istikrarlı elektrik arzını içerir.

Güç Kalitesinin Önemi: Kalitesiz enerjinin firmalara bir gider kalemi olarak geri dönüyor oluşundandır. Elektrik dağıtım hatlarındaki sorunlar ve trafo merkezindeki aşırı yüklenmeler, enerji kalitesinde düşüşe neden olabilir. Firmanızdaki makine/ekipmanlar kullandığınız enerjinin kalitesini düşürebilen etkenler olarak ortaya çıkabilmektedir. Örnek olarak; gerilim dalgalanmaları, gerilim/ akım harmonikleri, motor ve kablolarda aşırı ısınma, elektronik cihazlarda kart arızalarına sebebiyet vererek daha sık arıza yaşanmasına ve iş kaybına sebebiyet vermektedir.

- **Sag & Swell**
  - **Sag:** Sag (Gerilim düşmesi), gerilim seviyesinin nominal gerilim seviyesinin %10 veya altına düşmesidir.
  - **Swell:** Swell (Gerilim yükselmesi), gerilim seviyesinin nominal gerilim seviyesinin %10 veya üstüne çıkmasıdır.
  - **Transient(Geçici Rejimler):** Akımın veya gerilimin normal seyrinden birkaç periyot boyunca sapmasıdır. Nanosaniye ve milisaniye arasında oluşur.
  - **Flicker:** Flicker, gerilimin çok kısa süreler içinde devamlı olarak (periyodik) yükselip alçalması ile meydana gelir.

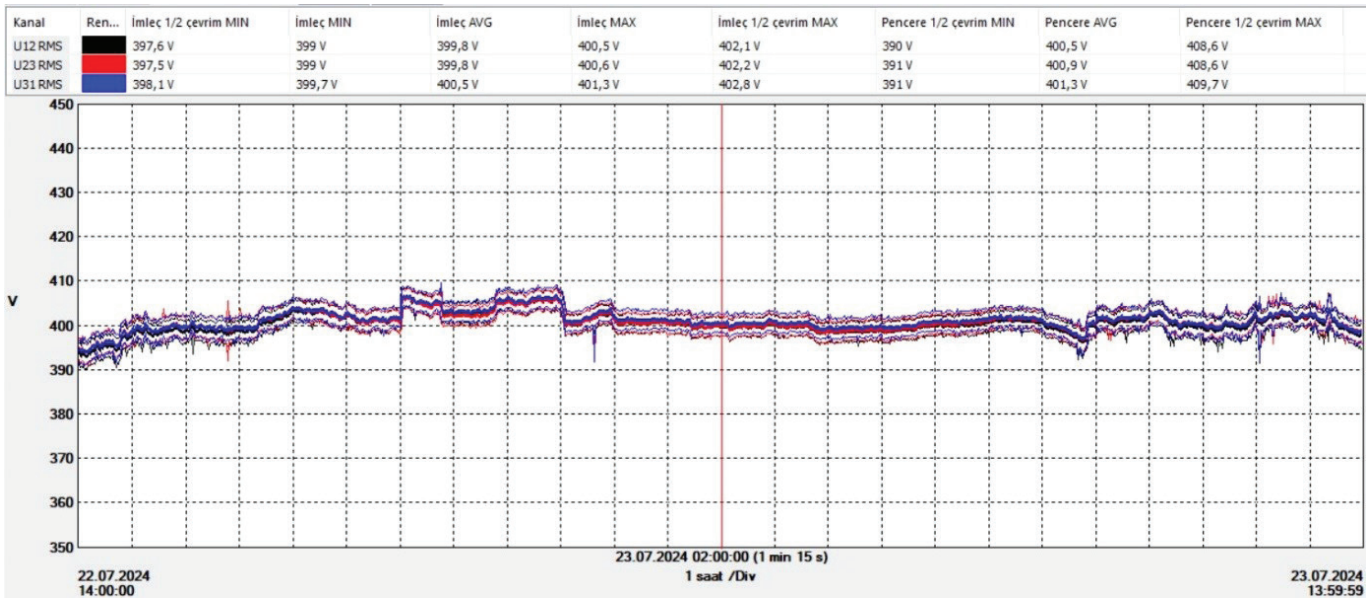
Yükteki dalgalanmaların meydana getirdiği ve aydınlatma armatürlerinde kırpışmaya yol açan 50 Hz altındaki gerilim salınımlarıdır.

- **Harmonikler:** Alternatif akım normal şartlarda temiz(saf) bir sinüs dalgasıdır. Güç elektroniğinin gelişmesi ve endüstride yarı iletken kullanımının artmasıyla birlikte; doğrultucu, sürücü, LED aydınlatma ve kesintisiz güç kaynakları gibi devrelerin kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu cihazların kullanımıysa; sinüs dalgasının bozulmasına ve akım harmoniğine yol açmaktadır. Bu durum işletmenizde cihazların zarar görmesine ve iş kayıplarına yol açabilir.
- **Reaktif Güç Bozulması, D(VAr):** Tesislerde harmonik bozulmalardan kaynaklı olarak, Reaktif Güç Bozulmaları meydana gelir, birimi VAr'dır. Meydana gelen RGB'sı görünür gücün artmasına sebep olur. Bu durum da trafo ve kablolarda ekstra yüklenmelere sebep olarak iletkenlerde ısınma meydana getirir.
- **Güç Faktörü Bozulması:** Güç Faktörü(PF); cos ϕ değerinden farklı olarak, harmoniklere maruz kalan tesislerde, harmonikli akım ve harmonikli gerilim arasındaki faz farkıdır. Bu iki değer arasında harmonikli ortamlarda aşağıdaki formül kadar bir fark oluşur.

$$PF = \mu \cdot \cos \phi, \qquad \mu = 1 / [\, 1 + (THD(I))2 \,]$$

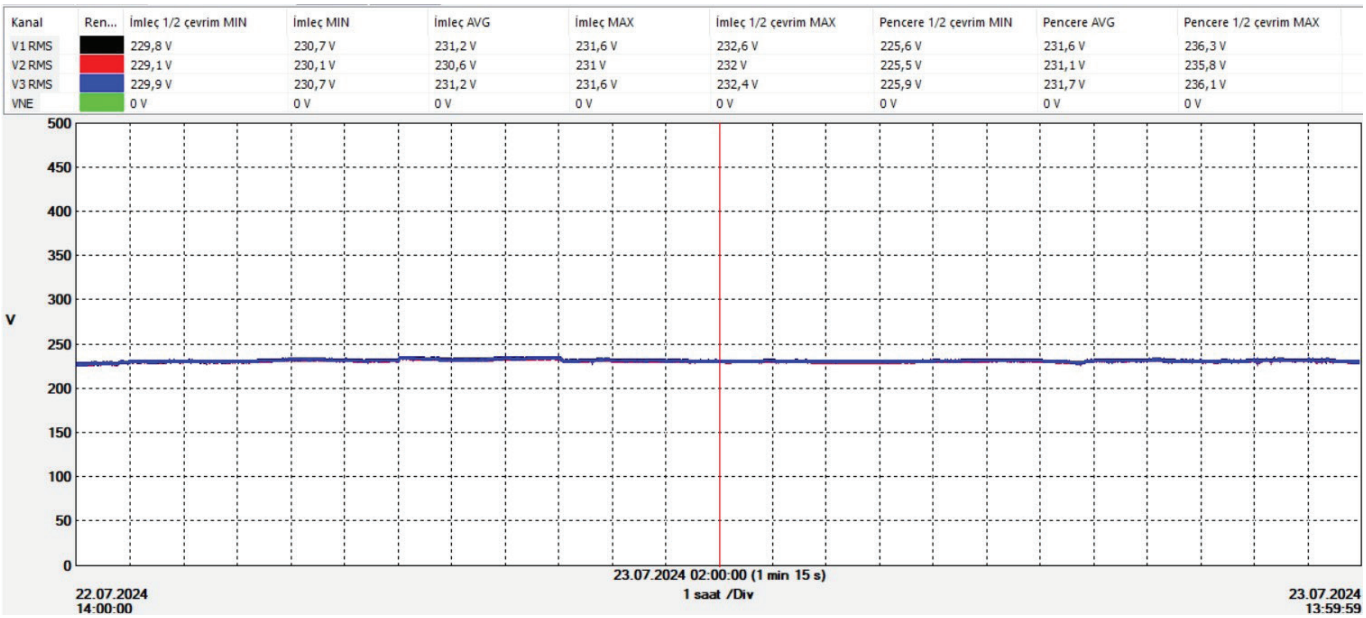
Ölçüm Kaydı Verileri

Gerilim(U_{RMS})



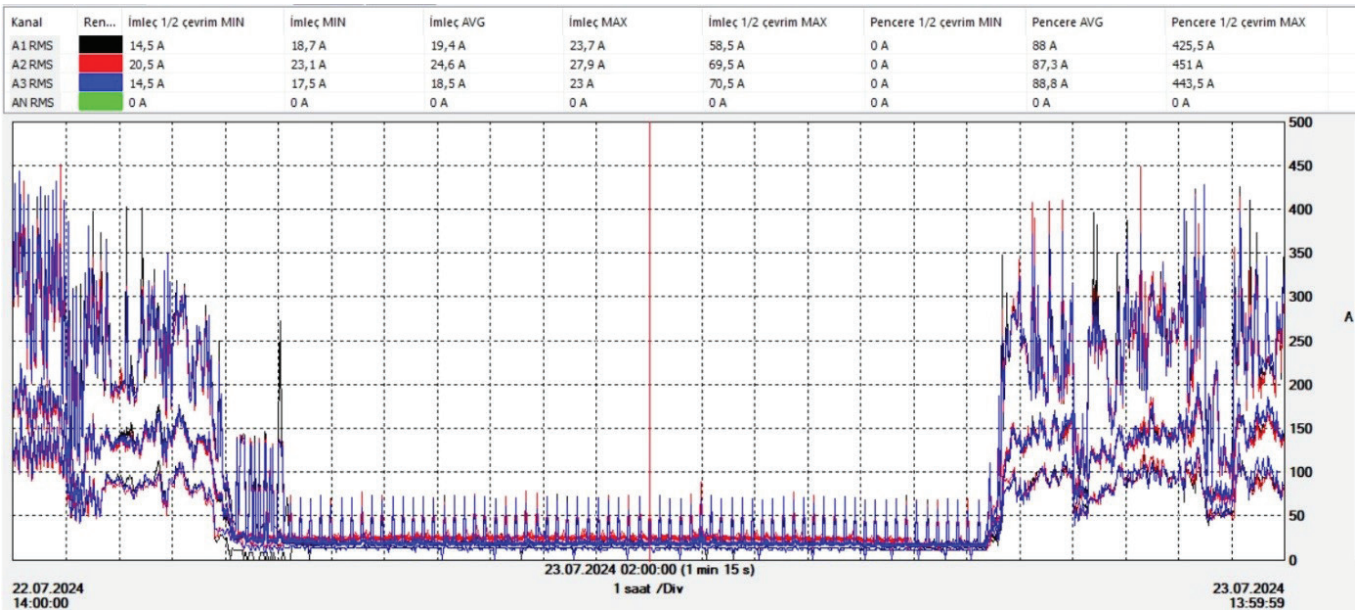
• Tesiste fazlar arası gerilim değerinin ortalama 401V civarlarında olduğu tespit edilmiştir.

Gerilim(V_{RMS})



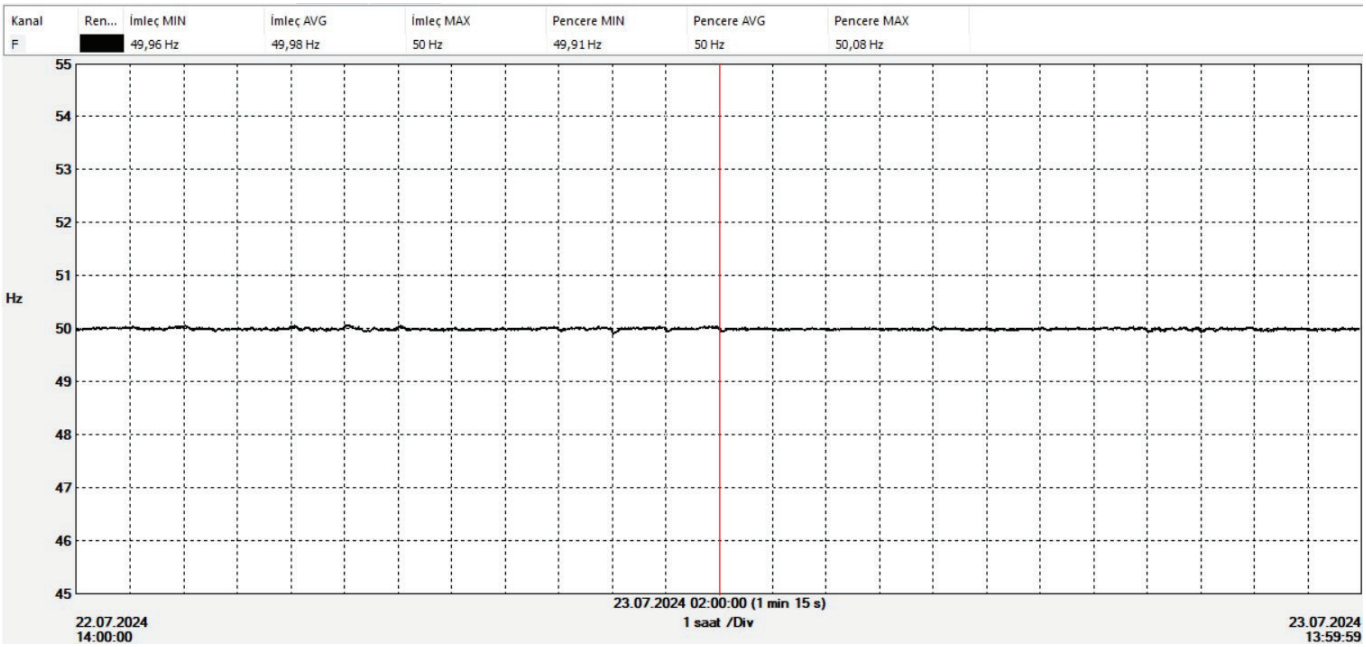
- Tesiste faz-nötr gerilim değerinin ortalama 231V değerinde olduğu tespit edilmiştir.
- Tesiste fazlar arası gerilim dengesizliğinin (V_{unb} = %0,1) tespit edilmiştir.

Akım(I_{RMS})



- Tesiste şebekeden çekilen akım değerinin maksimum 339A civarında olduğu tespit edilmiştir.
- Tesiste fazlar arası akım dengesizliğinin (Aunb = %0,9) tespit edilmiştir.

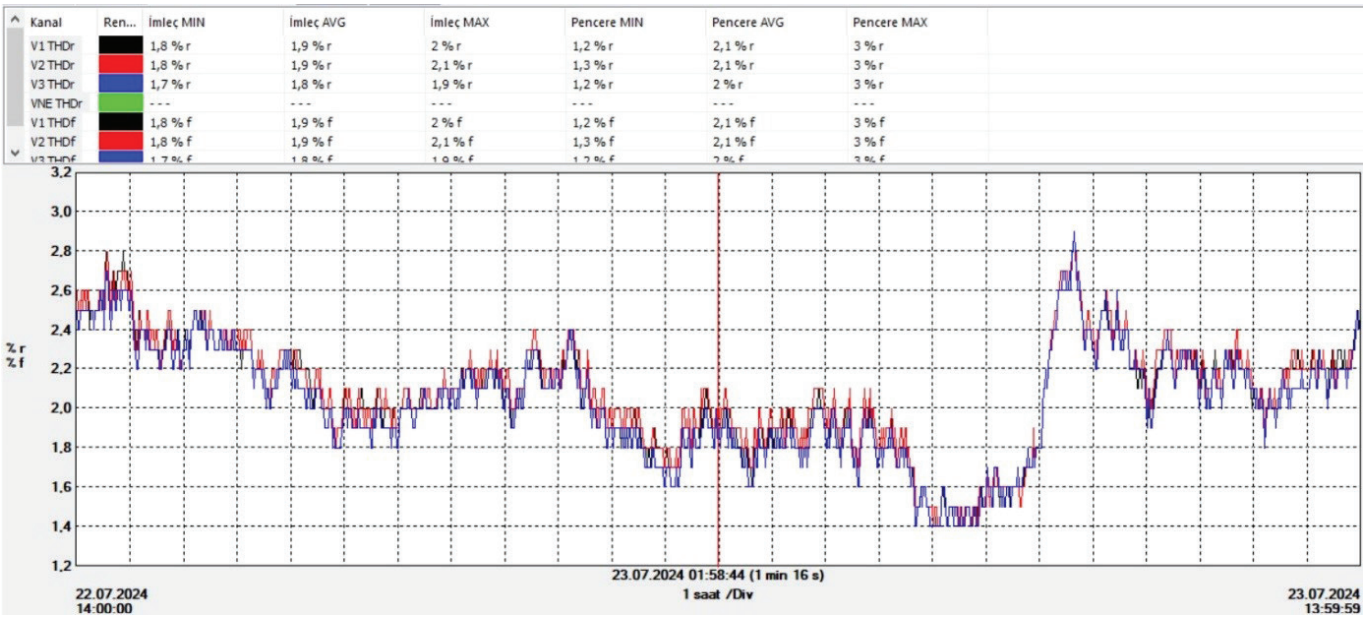
Frekans(Hz)



• Tesiste frekans değerinin 49,91Hz ile 50,08Hz aralığında olduğu ve standartlara uygun olduğu tespit edilmiştir.

Standartlara göre frekans değerinin 49,5Hz ile 50,5Hz arasında değişebileceği öngörülmüştür.

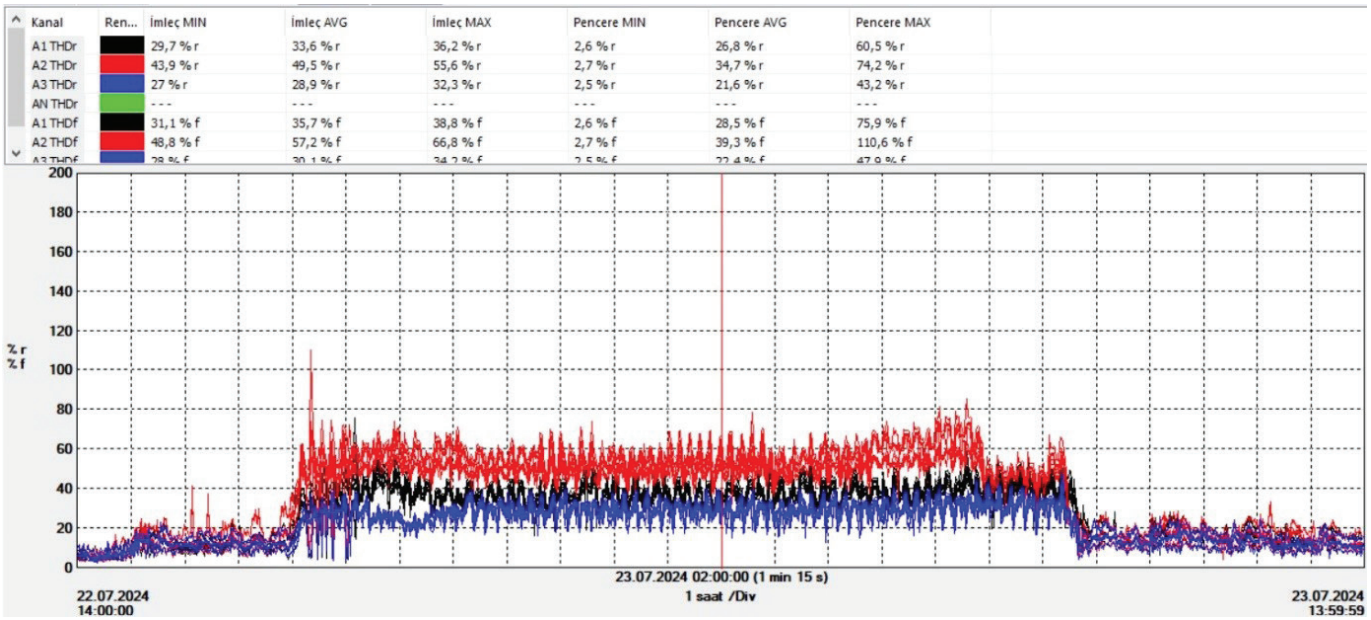
Toplam Harmonik Voltaj Bozulması (THD_V)



• Tesiste Toplam Harmonik Voltaj THDV(%) değerlerinin % 3 seviyelerinde olduğu tespit edilmiştir.

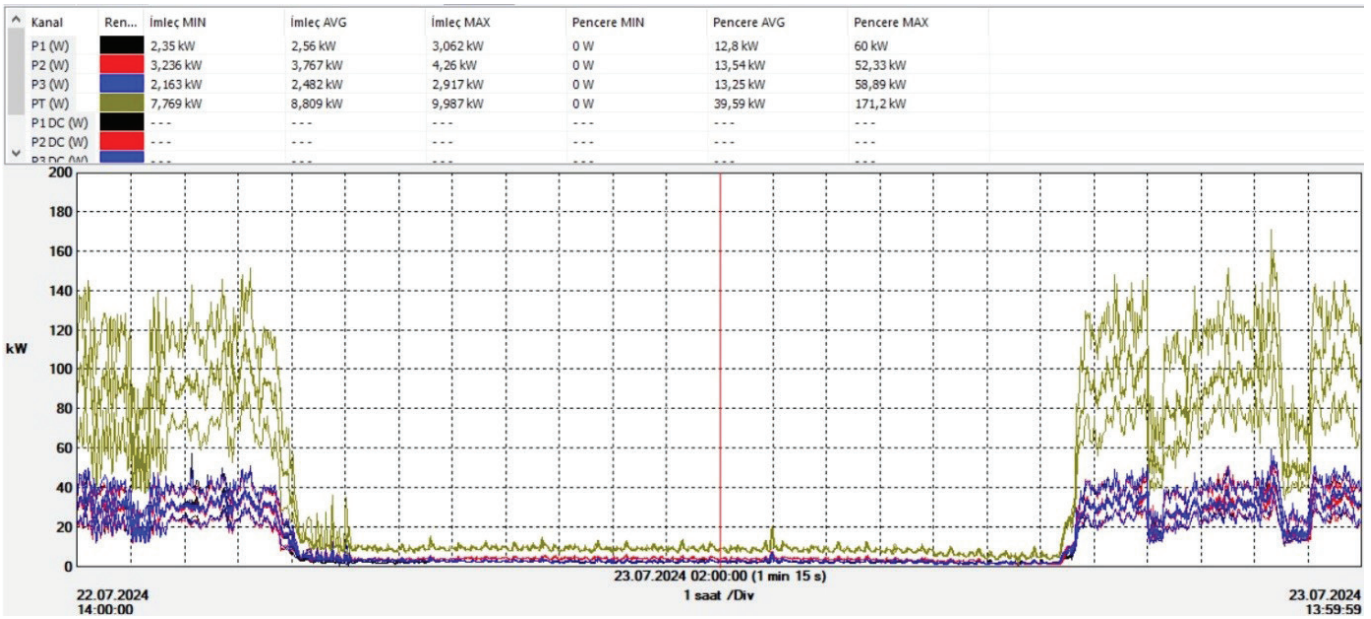
• THDv(%) değerleri ideal seviyelerdedir. Gerilim harmoniği için ideal değer %8'in altıdır.

Toplam Harmonik Akım Bozulması (THD_I)



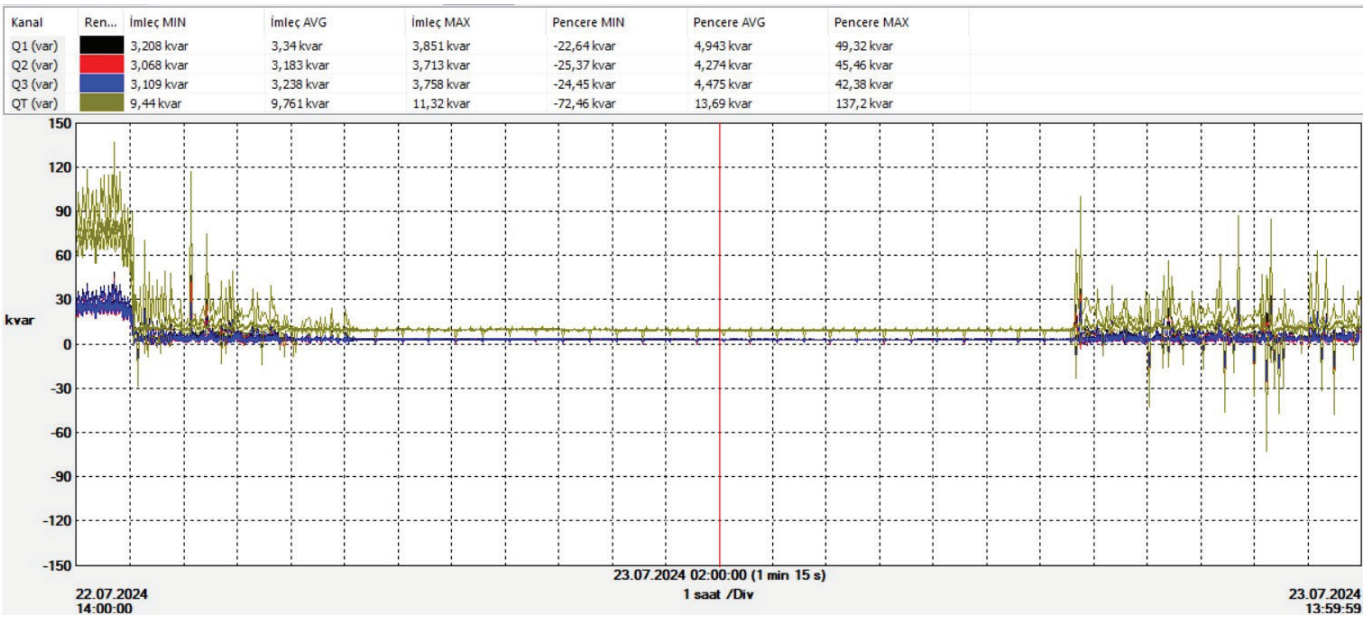
• Tesiste Toplam Harmonik Akım THDI(%) değerlerinin ortalama, % 34,7 seviyelerinde olduğu tespit edilmiştir.

Aktif Güç(P_T)



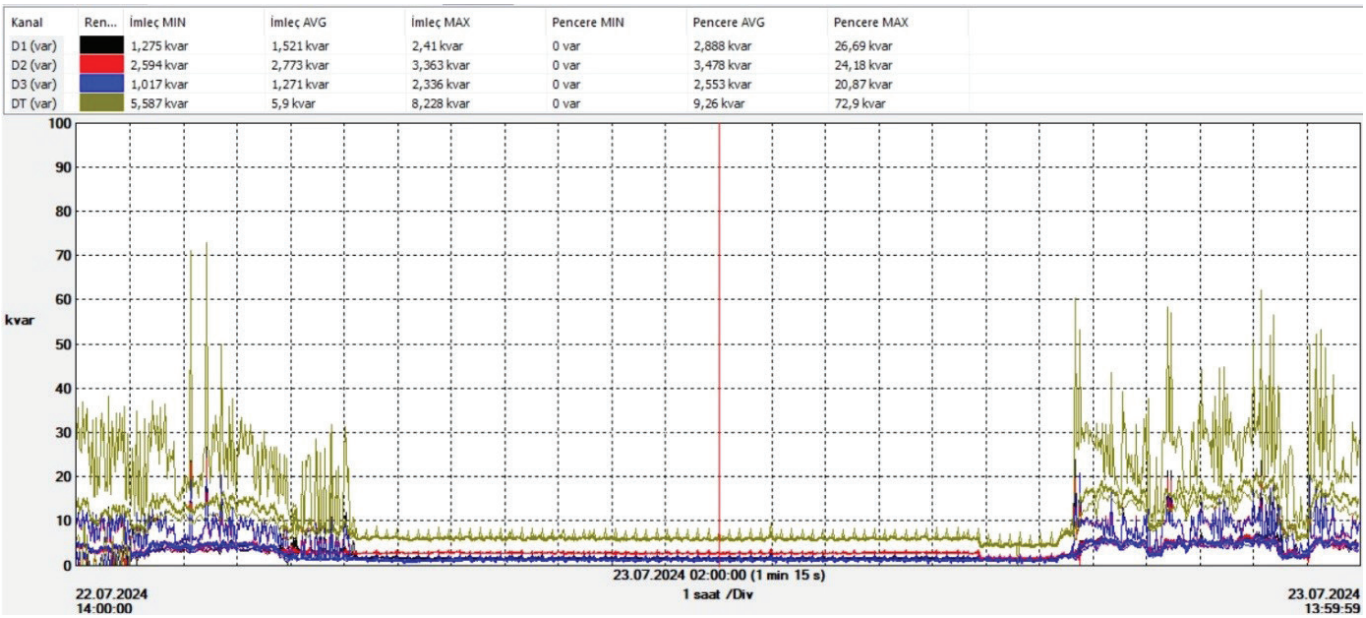
• Tesiste aktif güç değerinin maksimum 171kW seviyelerine ulaştığı tespit edilmiştir.

Reaktif Güç(Q_T)

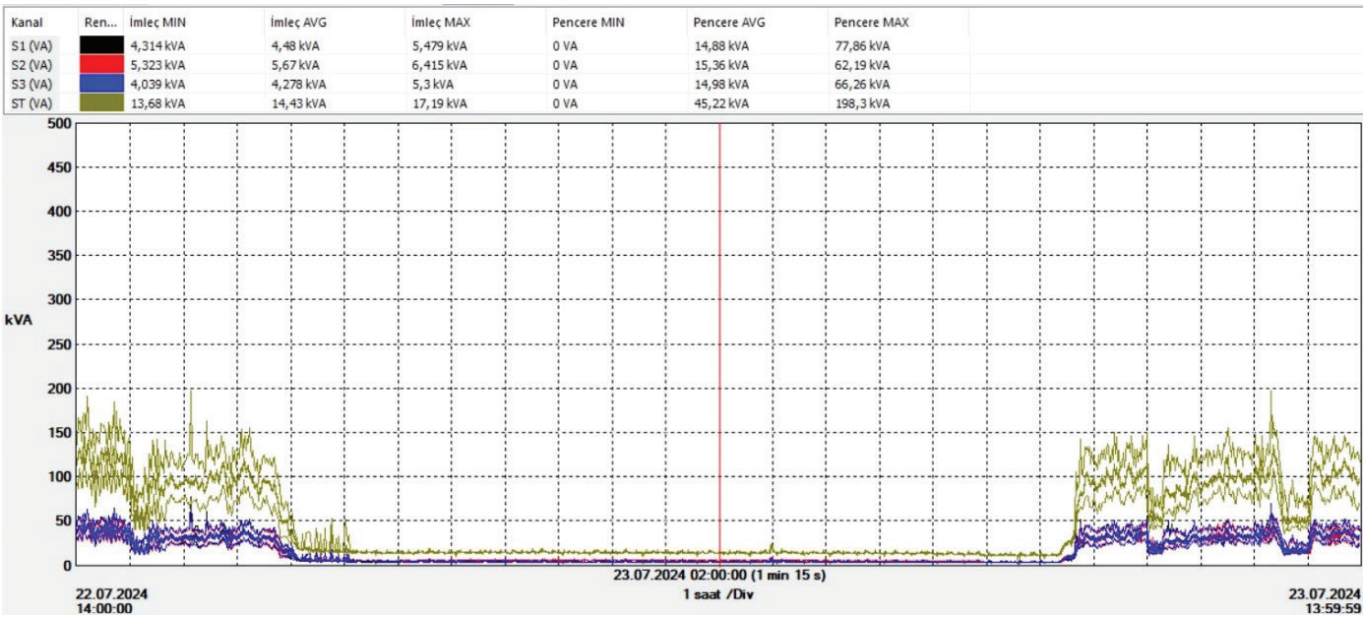


• Tesiste reaktif güç ihtiyacının 137kVAr seviyelerine ulaştığı, tespit edilmiştir.

Reaktif Güç Bozulması, D(VA_r)



• Tesiste harmoniklerden kaynaklı olarak 72kVAr civarı reaktif güç bozulması meydana gelmektedir.



Görünür Güç(S_T)

• Tesisin maksimum görünür gücü 198kVA'dır.

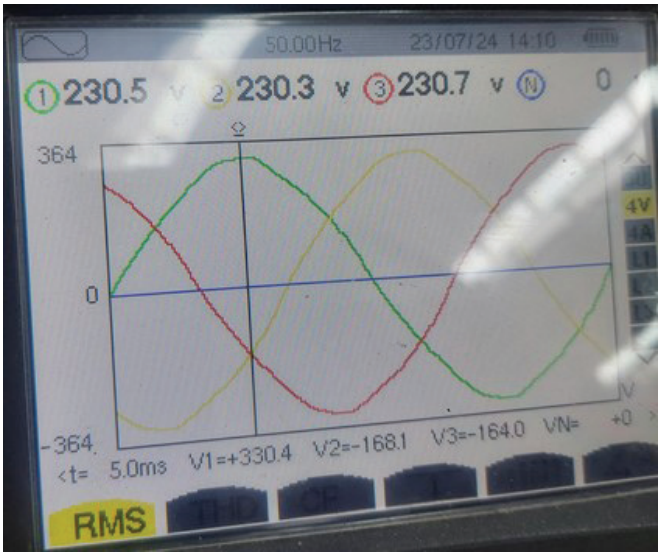
Tesisin Durum Değerlendirmesi: Tesiste yer alan trafonun(Alçak Gerilim) ana şalter girişinden yapılan ölçüm kaydı verilenin incelenmesi neticesinde;

• Tesisinizdeki Toplam Harmonik Gerilim THDV(%) değerlerinin ve Toplam Harmonik Akım THDI(%) değerinin ideal seviyelerde olduğu, tespit edilmiştir.

ANLIK AKIM VE GERİLİM SİNÜS EGRİLERİ



AKIM SİNÜS EĞRİSİ



GERİLİM SİNÜS EĞRİSİ