©2016 Published in 4th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science 3-5 November 2016 (ISITES2016 Alanya/Antalya - Turkey)

Power Quality Analysis Of A Campus Field: Case Study For Avşar Campus Of Kahramanmaraş Sütçü İmam University

[1]Mustafa Tekin, [2]Muhammed Sarı, [3]Ö. Fatih Keçecioğlu, [4]Ahmet Gani, [5]Hakan Açıkgöz, [6]Ceyhun YILDIZ
[*7]Mustafa Şekkeli

[(1,3,4,*7)]Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty Of Engineering-Architecture, Department Of Elektrical-Elektronics Engineering, Kahramanmaraş, Turkey.
[(2)]Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Department Of Construction Work, Kahramanmaraş, Turkey.
[(5)]Kilis 7 Aralık University, Vocational High School, Kilis, Turkey.
[(6)] Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Elbistan Vocational High School, Kahramanmaraş, Turkey.

Abstract

Each passing day the use of power electronics based components have been increased because of rising the human's quality of life and development of technology. The increased use of these elements have been caused corruptions over the electricity power systems and thus it affects negatively the energy quality over power systems. Two parameters of power quality are harmonics and flicker. In this work; the measurements were taked the transformer's low voltage side which feed buildings of faculty of forest and rectorship where in Avşar Campus of Kahramanmaraş Sütçü İmam University by means of network analyzer. The figures which were formed through these measurement's data were interpreted in terms of harmonics and flicker and necessary solutions were offered.

Key Words: Power Quality, Harmonics, Flicker, KSÜ

Bir Kampüs Alanında Güç Kalitesi Analizi: Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Avşar Kampüsü Örneği

[1]Mustafa Tekin, [2]Muhammed Sarı, [3]Ö. Fatih Keçecioğlu, [4]Ahmet Gani, [5]Hakan Açıkgöz, [6]Ceyhun YILDIZ
[*7]Mustafa Şekkeli
[(1,3,4,*7)]Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Müh.-Mim. Fak., Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye,
[(2)]Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Yapı İşleri Daire Başkanlığı, Kahramanmaraş, Türkiye.
[(5)]Kilis 7 Aralık Üniversitesi Meslek Yüksek Okulu, Kilis, Türkiye.
[(6)] Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Elbistan Vocational High School, Kahramanmaraş, Turkey.

Özet

Her geçen gün teknolojinin gelişmesi ve insanların yaşam kalitesinin artması güç elektroniği esaslı (doğrusal olmayan yük) elemanların kullanımını da arttırmaktadır. Bu elemanların kullanımındaki artış ise elektrik güç sistemlerinde bozulmalara neden olmaktadır ve dolayısıyla güç sistemlerindeki enerjinin kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Güç (enerji) kalite parametrelerinden ikisi harmonikler ve gerilim kırpışmasıdır (fliker). Yapılan bu çalışmayla; Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi (KSÜ) Avşar Kampüsünde bulunan orman fakültesi ve rektörlük binasını besleyen trafoların AG taraflarında güç analizörü vasıtasıyla ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümlerden elde edilen verilerle oluşturulan grafikler, harmonikler ve gerilim kırpışması açısından yorumlanmış ve gerekli çözüm önerileri sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Güç Kalitesi, Harmonik, Gerilim Kırpışması, KSÜ

*Corresponding author: Mustafa ŞEKKELİ Address: Faculty Of Engineering-Architecture, Department Of Elektrical-Elektronics Engineering Kahramanmaraş Sütçü İmam University, 46100, Kahramanmaraş, TURKEY. **E-mail address: mustafasekkeli@hotmail.com, Phone: +903442801633**

1.Giriş

Gelişen teknoloji ve artan yaşam kalitesiyle birlikte evlerde ve sanayide kullanılan elektrikli ekipmanlar gün geçtikçe daha fazla güç elektroniği esaslı malzemelerden oluşmaktadır. Bu ekipmanlar yapıları gereği bir taraftan güç kalite parametrelerini oluştururken bir taraftan da beslendikleri enerjinin kalitesine karşı daha da duyarlı hale gelmektedirler. 19. Yüzyılda sanayide elektriğin motorlar, aydınlatma ve ısıtıcı cihazlar gibi basit temel kullanım alanları varken 20. Yüzyılın sonu ve 21. Yüzyılın başına gelindiğinde bazı endüstri dallarında verimi artırmak için lineer olmayan yükler (güç elektroniği esaslı elemanlar) kullanılmaya başlandı. Doğrusal olmayan yüklerin kullanımındaki artış, şebeke trafosunun doymaya girmesi, yıldırım düşmesi ile beraber elektrik şebekelerinde birçok sorun ortaya çıkarmaya başladı. Bunun sonucunda da enerji (güç) kalitesi kavramı ortaya çıkmıştır.[1]

Güç kalitesi, cihazların başarım ve ömür kayıpları olmaksızın istenilen şekilde davranmalarına izin verilen sınırlamalar kümesidir. Güç kalite bozunumları, bozucu kaynağını daha hızlı bir şekilde tespit edip bozucu kaynağa göre önlem alabilmek için kategorize edilmiştir.[2] Enerji kalitesi bozunumları; akım-gerilim harmonikleri, gerilim düşmesi ve yükselmesi (Sags & Swells), kırpışmalar (fliker), nötr-toprak arası potansiyel farkı, fazlar arası akım ve gerilim dengesizliği, frekans değişimi, vb. olarak sınıflandırılmıştır.[1] Enerjinin kalitesiz olması sanayide kullanılan akım veya gerilim dengesizliğine duyarlı mikroişlemciler gibi cihazların hasar görmesine, tüketicinin kullandığı cihazların arızalanmasına neden olabilmektedir. Gücün kalitesiz olması hem enerji sistemini hem de kullanıcıları olumsuz etkilemekte ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır.[2] Bundan dolayı dünyada ve Türkiye'de güç kalite parametrelerine yönetmeliklerle sınırlamalar getirilmiştir. Türkiye'de, özellikle dağıtım şirketlerinin özelleştirilmesi ve 2008 yılında, öncelikle sanayi müşterileri olmak üzere tüm elektrik enerjisi tüketicilerinin haklarının bir nevi korunmasına yönelik, son hali çıkarılan "Elektrik Piyasasında Dağıtım Sisteminde Sunulan Elektrik Enerjisinin Tedarik Sürekliliği, Ticari ve Teknik Kalitesi Hakkında Yönetmelik"te yukarıda anlatılan bazı güç kalite parametreleri için sınırlamalar getirilmiştir.[3]

Yapılan bu çalışmayla Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Avşar Kampüsünde orman fakültesi ve rektörlük binasında bir günlük HTITALIA PQA824 güç analizörü ile alınan ölçümler gerilim ve akım harmonikleri ve gerilim kırpışması (fliker) açısından incelenmiştir. Bu binaları besleyen trafolardan alınan veriler vasıtasıyla harmonik ve gerilim kırpışması grafikleri çıkarılmış ve bu grafikler yorumlanmıştır.

2. Materyal Ve Yöntem

2.1. Harmonik

Harmonikler, doğrusal olmayan yüklerden ya da dengesiz generatörlerden kaynaklı, şebeke frekansı (50 Hz) dışında kalan tüm elektriksel işaretler olarak tanımlanabilir. Şebeke frekansının tek tam katı olan harmoniklere (3,5,7…) tek harmonikler, çift katı olan harmoniklere (2,4,6…) çift harmonikler denir. 50 Hz'den küçük olan harmoniklere sub-harmonik denirken 50 Hz'in tam katı olmayan harmoniklere de ara harmonikler (örneğin 170 Hz) denir.

Harmonikler güç kalitesinin en önemli parametrelerinden biridir. Harmoniklerin ekonomik etkilerinden dolayı güç sistemlerinin ayrıntılı bir şekilde izlenmesi gerekmektedir.[1]

Harmonikler dalga şekillerini bozmakla kalmayıp, transformatör, motor ve iletkenlerin aşırı ısınmalarına, kablo ve kondansatör gibi di-elektrik malzemelerde bozulma, ağır hasarlar, verimlilik azalması, yüksek kayıplar ve ekonomik kullanım sürelerinin azalmasına, enerji hatlarındaki kayıpların artmasına, elektronik tabanlı kontrol sistemlerinin hatalı çalışmasına, enerji hatlarının yakınından geçen haberleşme sistemlerinin olumsuz yönde etkilenmesine, elektrik makinelerinde aşırı ısınmaya, gürültülü çalışmaya ve mekanik salınımlara yol açabilmektedirler.[3] Diğer güç kalitesi olaylarında olduğu gibi, harmoniklerin varlığında da çalışmanın sürekliliği, güç iletim sisteminin sağlamlığına ve donanımın hassasiyetine bağlıdır. Bir fabrika yüksek harmoniklerin kaynağı olurken, diğer yandan ise normal çalışmasına devam edebilir. Bu harmonik kirlenme çoğunlukla şebeke elektrik dağıtım sistemi üzerinden taşınabilir ve aynı sistemde ondan daha duyarlı komşu tesisleri de etkileyebilir.[1]

Harmonik bozulmalar için tanımlanan en önemli parametre Toplam Harmonik Bozulma (THB)'dir. Bu parametre akım ve gerilim için ayrı ayrı tanımlanmıştır. IEEE 519-2014 standartlarına göre; THB gerilimler için %8'dir. THB bir elektriksel işaretteki bozulmanın göstergesidir. Akım ve gerilime ait THB formülleri Sırasıyla denklem-1 ve denklem-2'de verilmiştir.

$$THB_I = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \quad (1)$$

$$THB_V = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}}{V_1} \quad (2)$$

Akım ve gerilime ait tek ve çift harmoniklerin yönetmeliklerdeki sınır değerleri tablo-1 ve tablo-2'de görülmektedir.

Tablo-1. Gerilim Harmonikleri İçin Sınır Değerler [5]

Tek Harmonikler				**Çift Harmonikler**	
3'un Katları Olmayanlar		*3'un Katları Olanlar*			
Harmonik Sırası	**Sınır Değer**	**Harmonik Sırası**	**Sınır Değer**	**Harmonik Sırası**	**Sınır Değer**
h	*(%)*	*h*	*(%)*	*h*	*(%)*
5	% 6	3	% 5	2	% 2
7	% 5	9	% 1,5	4	% 1
11	% 3,5	15	% 0,5	6…..24	% 0,5
13	% 3	21	% 0,5		
17	% 2				
19	% 1,5				
23	% 1,5				
25	% 1,5				

Tablo-2. Akım Harmonikleri İçin Maksimum Yük Akımına (I_L) Göre Sınır Değerler [5]

Tek Harmonikler						
I_{SC}/I_L	**<11**	**11≤h<17**	**17≤h<23**	**23≤h<35**	**35≤h**	**TTB**
<20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0
Çift harmonikler, kendinden sonraki tek harmonik için tanımlanan değerin %25'i ile sınırlandırılmıştır.						

2.2 Gerilim Kırpışması (Fliker)

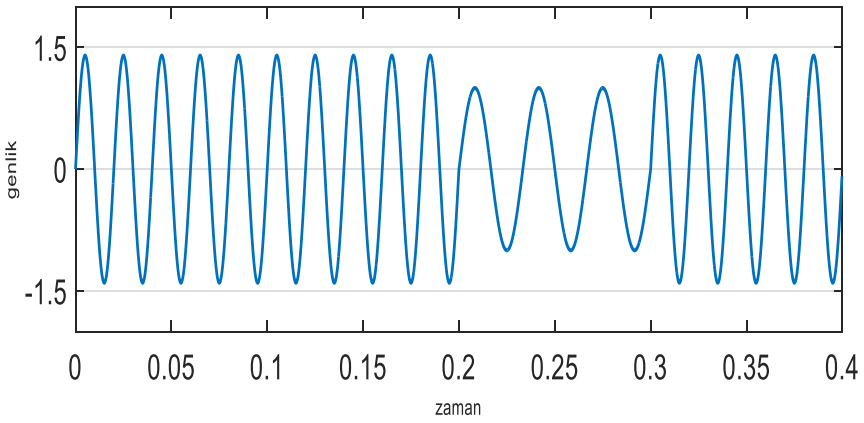
İnsanlar tarafından algılanabilen genellikle yükteki veya üretilen güç değerindeki hızlı değişimlerden kaynaklı 0,05 Hz ile 35 Hz frekans aralığındaki nominal gerilimin 0,9-1,1 p.u. değerleri arasındaki dalgalanmalarının neden olduğu ışık kaynaklarındaki aydınlık şiddetleri değişimi gerilim kırpışması (fliker) olarak adlandırılmıştır.[6] Şekil-1'de bir kırpışma örneği görülmektedir. Şekil-1 ve tanımdan da anlaşıldığı üzere kırpışma şebeke frekansından daha düşük bir frekansta gerçekleşir. Gerilim kırpışmasını oluşturan başlıca kaynaklar; elektriksel olarak çalkantılı-dalgalanan yükler, transformatör kademe değişimleri, kaynak tarafındaki işletimsel değişimler, ani yük değişimleri, sanayi bölgelerinde ark ocakları, kapasitör gruplarının anahtarlanması, rüzgar santralleri ve soft starter içermeyen sürekli dur kalk çalışan motorlu cihazlardır.[7] Gerilim kırpışması güç elektroniği elemanlarının hatalı çalışmasına/arızalanmasına, röleleri trip ettirmeye neden olsa da bu kadar önemsenmesinin asıl nedeni, insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileridir.[8] Kırpışmayı anlatmak için iki tane parametre tanımlanmıştır. P_{st}, onar dakikalık kısa dönemli ölçümlerdir. P_{lt}, 12 adet ardışık P_{st} üzerinden denklem-3'teki gibi hesaplanır.

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\frac{1}{12} x \sum_{i=1}^{12} P_{sti}^3} \quad (3)$$

Tablo-3. Fliker Şiddeti İçin Sınır Değerler [5]

Fliker Şiddeti Endeksi	**Sınır Değerler**
Pst	≤ 1.0
Plt	≤ 0.8

Gerilim kırpışmasının da harmonikler gibi yönetmeliklerle sınır değerleri belirlenmiştir ve bu sınır değerler tablo-3'te görülmektedir.



Şekil-1. Temel Gerilim Kırpışması

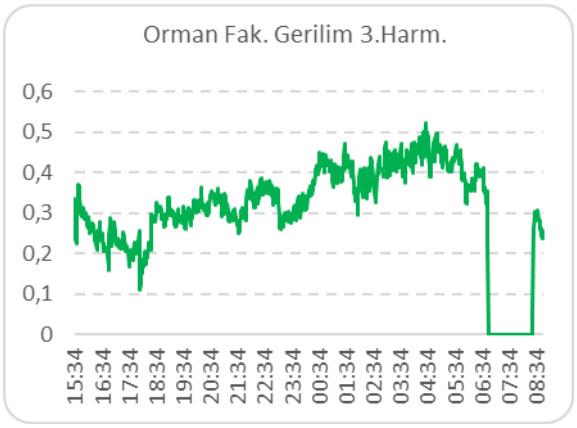
3. Bulgular

Çalışmanın bu bölümünde Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Avşar Kampüsünde orman fakültesi ve rektörlük binasını besleyen trafolardan 24-25/12/2015 tarihinde HTITALIA PQA824 güç analizörü ile alınan ölçümlerden elde edilen harmonik ve fliker grafikleri yorumlanmıştır. Harmoniklerden 3, 5 ve 7. harmonikler incelenmiştir; ancak diğer harmonikler, çok küçük değerlerde olduğu için, dikkate alınmıştır.

3.1 Gerilim Harmonik Ölçümleri

Şekil-2 ve şekil-3 incelendiğinde; 3. harmoniğin, hem orman fakültesi hem de rektörlük binası için, sınır değeri (%5) aşmadığı görülmektedir. Ancak orman fakültesinde 06:30 ile 08:30 arasında bir sistem çökmesi yaşandığı ve rektörlük binasında ise 15:45'ten sonra 3. harmonikte hızlı bir artış olduğu anlaşılmaktadır.

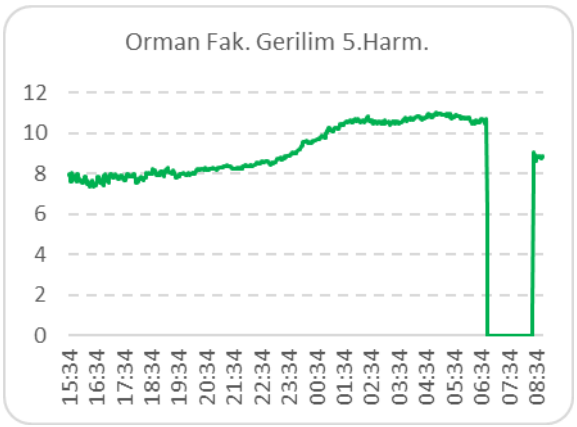
Şekil-4 ve şekil-5'e bakıldığında; hem orman fakültesinin hem de rektörlüğün 5. harmonik için sınır değer olan (gerilim harmoniği) %6'yı sürekli aştıkları gözlemlenmektedir. Rektörlük binasında 15:45-00:00 arasında 5. harmoniğin %8'lere kadar ulaştığı görülmektedir. Bunun nedeninin; rektörlük binasının yanındaki yolun aydınlatmasının rektörlük trafosundan beslenmesi ve o saatte bina aydınlatmasının devreye girmesinin olduğu düşünülmektedir. 00:00-07:45 arasında ise 5. harmoniğin rektörlük binasında %9'lara kadar ulaştığı gözlemlenmiştir. Bu duruma diğer yükler devreden çıktığı için UPS cihazının neden olduğu düşünülmektedir. Bu %9'luk değerin sabah saatlerinde tekrardan düşüş gösterdiği (aydınlatma devreden çıktığı ve diğer yükler devreye girdiği için) anlaşılmaktadır. Orman fakültesinde de 5. harmoniğin 00:00'dan sonra %11'lere kadar yükseldiği görülmekte olup bu duruma UPS cihazının sebep olduğu kanısına varılmaktadır.



Şekil-2. Orman Fak. 3. Harmonik



Şekil-3. Rektörlük 3. Harmonik

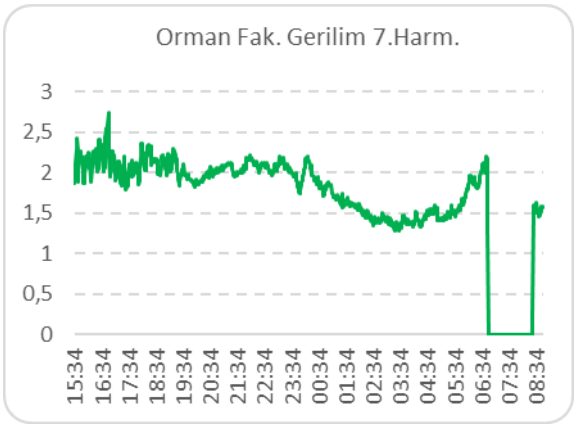


Şekil-4. Orman Fak. 5. Harmonik



Şekil-5. Rektörlük 5. Harmonik

Şekil-6 ve şekil-7 gözlemlendiğinde; 7. harmonik için sınır değer olan %5 lik limitin aşılmadığı anlaşılmaktadır. Hem orman fakültesinin hem de rektörlük binasının 7. harmonik üretimi açısından birbirine çok yakın değerlerde olduğu görülmektedir. 15:45 ile 22:45 arasında rektörlük binasının yaklaşık %2,5'e kadar yükseldiği ve nedeninin de bina aydınlatması olabileceği düşünülmektedir.

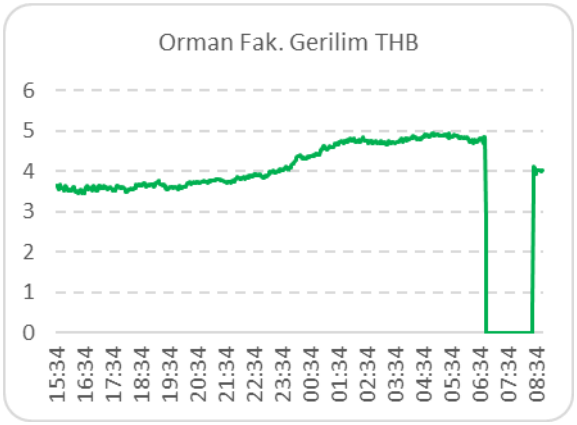


Şekil-6. Orman Fak. 7. Harmonik

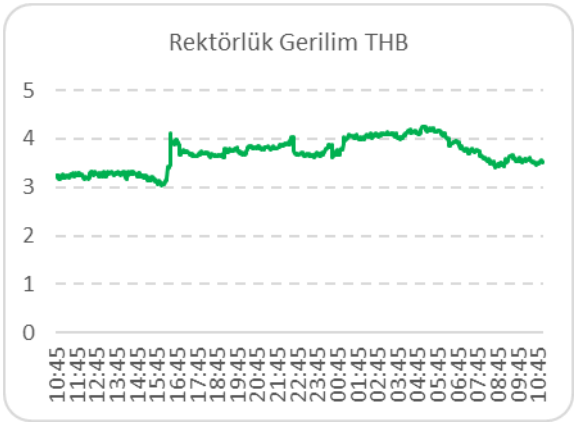


Şekil-7. Rektörlük 7. Harmonik

Şekil-8 ve şekil-9'daki grafikler dikkate alındığında; orman fakültesi ve rektörlüğün gerilim THB'sinin sınır değeri olan %8'i aşmadığı gözlemlenmektedir. Akşam saatlerinde rektörlük binasının ürettiği THB'nin %4'e kadar yükseldiği gündüz ise %3'ler civarında seyrettiği görülmektedir. Akşam saatlerindeki bu artışın aydınlatma ve UPS kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Orman fakültesinde ise gece 00:00'dan sonra THB'nin %5'e kadar ulaşmasına UPS'in neden olduğu kanısına varılmıştır.



Şekil-8. Orman Fak. Gerilim THB

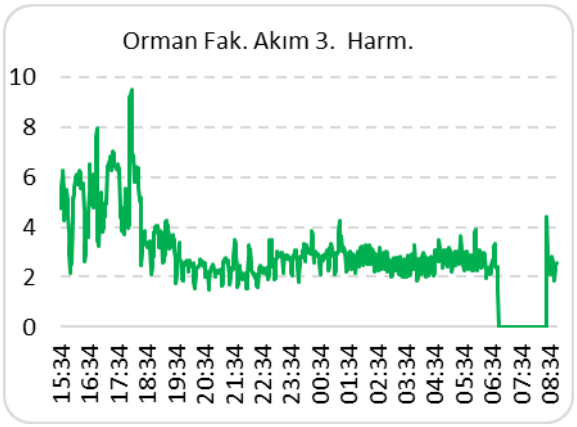


Şekil-9. Rektörlük Gerilim THB

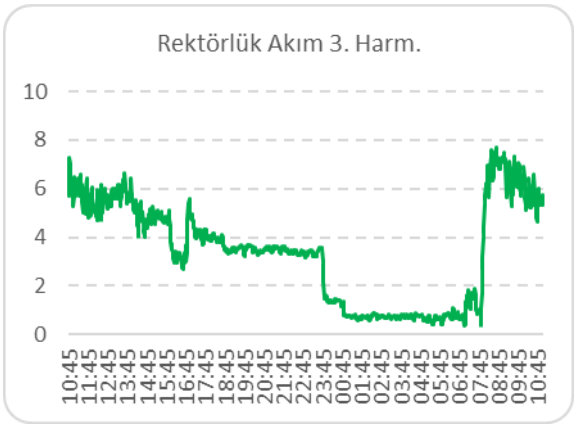
3.2 Akım Harmonik Ölçümleri

Şekil-10 ve şekil-11 dikkate alındığında; orman fakültesinde 18:00 civarı 3. harmonikte ani bir artış olduğu görülmekte, nedeninin ise o an bir laboratuvar cihazının devreye girip çıkması olduğu sanılmaktadır. Rektörlük binasında ise 3. harmoniğin maksimuma ulaştığı an 07:45 civarı olduğu anlaşılmaktadır. Her iki bina için de gece saatlerinde 3. harmoniğin en düşük değerlerde seyrettiği görülmekte; nedeninin ise gece saatlerinde bina aydınlatmasının devre dışı kalmasının olduğu düşünülmektedir.

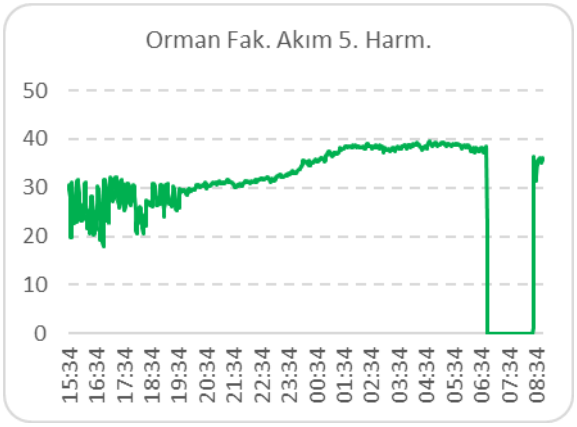
Şekil-12 ve şekil-13 ele alındığında; orman fakültesinde 5. harmoniğin ortalama %30 gibi yüksek değerlerde olduğu ancak gece yarısından sonra %40'lara kadar ulaştığı nedeninin UPS olduğu sonucuna varılmaktadır. Rektörlük binasında ise 5. harmoniğin 16:45'ten sonra düştüğü, sebebinin mesai bitiminden ötürü bilgisayarların devre dışı kalmasının olduğu sanılmaktadır.



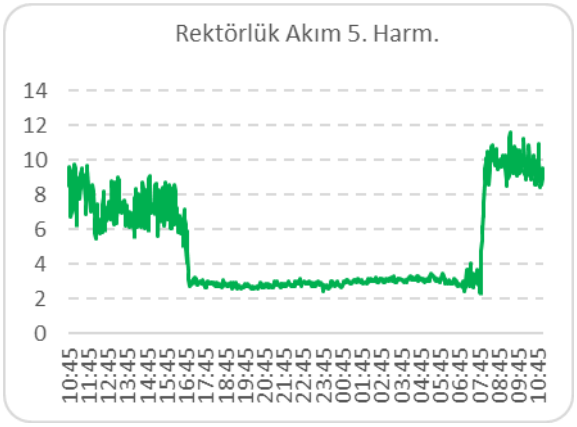
Şekil-10. Orman Fak. 3. Harmonik



Şekil-11. Rektörlük 3. Harmonik

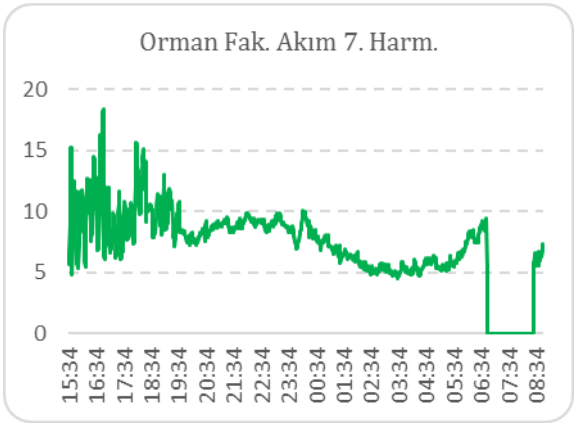


Şekil-12. Orman Fak. 5. Harmonik

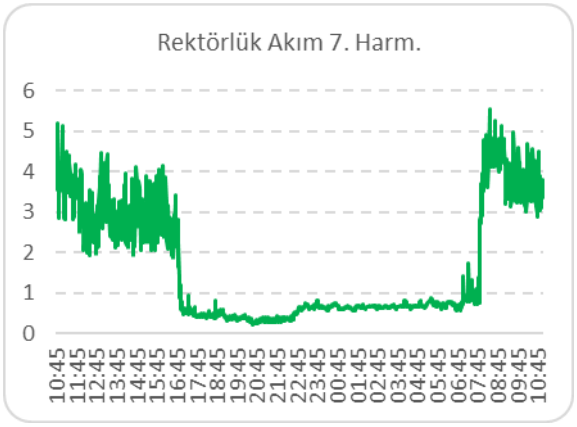


Şekil-13. Rektörlük 5. Harmonik

Şekil-14 ve şekil-15 göz önüne alındığı zaman; 7. harmoniğin orman fakültesinde sınır değerleri aştığı rektörlüğün ise genelde sınır değerler içinde kaldığı gözlemlenmektedir. 5. harmonikte olduğu gibi 7. harmonikte de rektörlük binasında 16:45'ten sonra 7. harmoniğin %0-1'ler civarında seyrettiği görülmektedir.



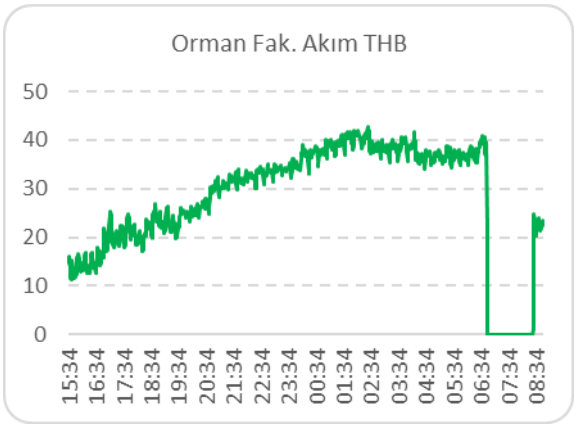
Şekil-14. Orman Fak. 7. Harmonik



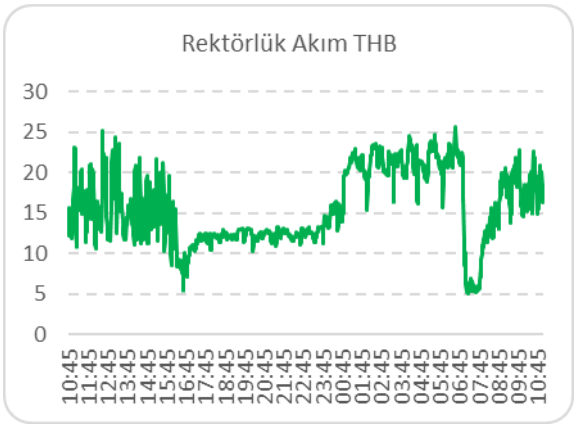
Şekil-15. Rektörlük 7. Harmonik

Şekil-16 ve şekil-17 gözlemlendiğinde; hem orman fakültesinin hem de rektörlüğün akım THB'sinin yüksek olduğu görülmektedir. Rektörlük binasının THB'si mesai saatleri dışında en düşük değerlerini (%10) almakta olduğu anlaşılmaktadır. Orman fakültesi binasının

THB'sinin %40 gibi yüksek değerlere ulaştığı gözlemlenmektedir. Her iki bina için de THB'lerin yüksek olmasında 5. harmoniğin katkısının büyük olduğu kanısına varılmaktadır.



Şekil-16. Orman Fak. Akım THB

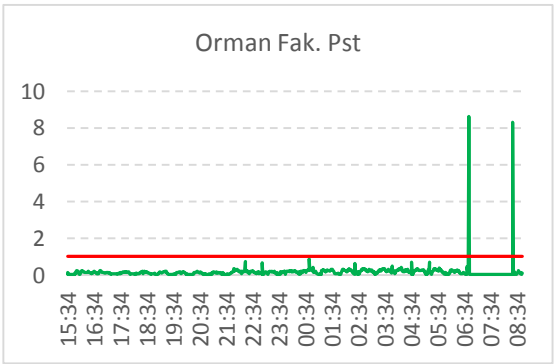


Şekil-17. Rektörlük Akım THB

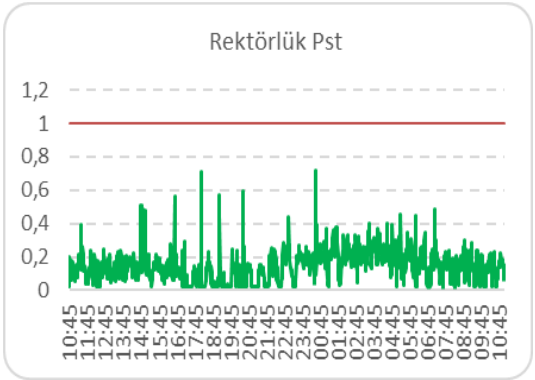
3.3 Gerilim Kırpışması (Fliker) Ölçümleri

Şekil-18 ve şekil-19 incelendiğinde; rektörlük binasının Pst açısından gün boyu sınır değer olan 1'i aşmadığı görülürken orman fakültesinin ise 2 noktada sınır değeri aştığı görülmektedir. Bu aşımın nedeninin ise orman fakültesinde 06:30 ile 08:30 arasında sistem çökmesinin olduğu sanılmaktadır. Çünkü devreye girip çıkmalarda ani yük değişimleri yaşanmaktadır.

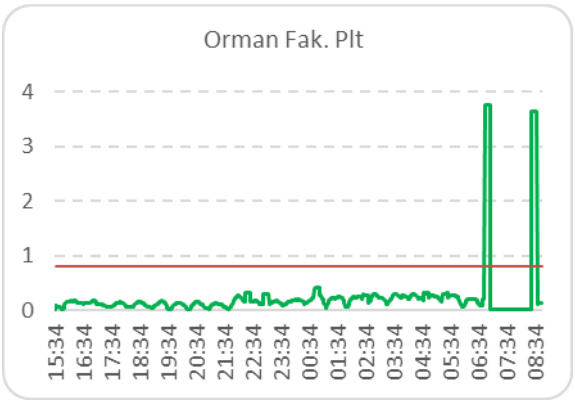
Şekil-20 ve şekil-21'deki orman fakültesi ve rektörlüğün Plt değerleri incelemeye alındığında; Pst'de olduğu gibi rektörlük ve orman fakültesinin 0,8 olan sınır değerler içinde kaldığı gözlemlenmektedir; ancak orman fakültesindeki sistem çökmesinden dolayı iki noktada sınırın aşıldığı gözlemlenmektedir. Bunun sebebinin o iki noktanın birinde sistemin devreden çıkması diğerinde ise sistemin devreye girmesi yani ani yük değişimlerinin olduğu düşünülmektedir.



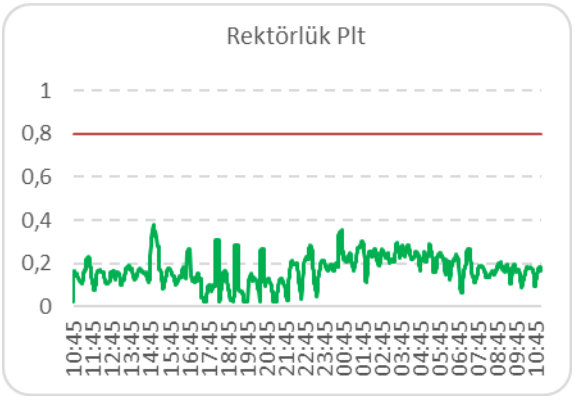
Şekil-18. Orman Fak. Pst



Şekil-19. Rektörlük Pst



Şekil-20. Orman Fak. Plt



Şekil-21. Rektörlük Plt

4. Tartışma

Yapılan bu çalışmada; Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Avşar Kampüsünde bulunan orman fakültesi binası ve rektörlük binasını besleyen trafolardan 24-25/12/2015 tarihinde ayrı ayrı harmonik ve gerilim kırpışmasına ait veriler şebeke analizörü vasıtasıyla alınmıştır ve elde edilen bu verilerden grafikler oluşturulmuştur. Bu grafiklere göre gerilime ait 3 ve 7. harmoniklerin genel olarak orman fakültesi ve rektörlük binası için yönetmeliklerde tanımlı olan sınır değerler içinde kaldığı anlaşılmıştır. 5. harmoniğin ise her iki bina için de sınır değeri aştığı görülmüştür. Gerilime ait THB'lerin sınır değerlerin altında olduğu gözlemlenmiştir. Akım harmoniklerinde ise yine 5. harmoniğin genel olarak baskın olduğu görülmüştür. Diğer harmoniklerin ise nisbeten düşük olduğu gözlemlenmiştir. Akıma ait THB'ler her iki bina için yüksek değerlerde çıkmıştır. Gerilim kırpışması açısından her iki binanın hem Plt hem de Pst bakımından genel olarak sınır değerler içinde kaldığı anlaşılmıştır.

5. Sonuç

Yapılan bu çalışmayla; kampüste fliker açısından bir sorunun olmadığı ancak akım harmoniklerinden 5. harmoniğin yüksek olmasının akım THB'sini yükselttiği görülmüştür. Bu durumda 5. harmoniği elimine etmek için pasif filtrelemenin yapılmasının ve böylece akıma ait THB'nin sınır değerlere çekilmesinin gerekliliği sonucuna varılmıştır.

Kaynaklar

[1] Şahin M, Oğuz Y, Tuğcu H Z. Güç Sistemlerinde Enerji Kalitesini Etkileyen Harmoniklerin İncelenmesi. EÜFBED - Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Cilt-Sayı: 7-2 Yıl: 2014; 199-218.

[2] Kocaman Ç, Özdemir M. Güç Sistemlerinde Oluşan Güç Kalitesi Bozunumlarının Çarpıklık Ve Basıklık Katsayıları İle Belirlenmesi. 2009 IEEE 17th Signal Processing and Communications Applications Conference. IEEE, 2009; 341-344.

[3] Keçecioğlu Ö F, Tekin M, Gani A, Sarı M, Şekkeli M. Endüstriyel Isı Santrallerinde Enerji Kalitesi Ölçümü Ve Değerlendirilmesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Örneği. VI. Enerji Verimliliği, Kalitesi Sempozyumu Ve Sergisi Bildirileri, 2015.

[4] Küçük S. Elektrik Tesislerinde Arızalar. TÜPRAŞ Türkiye Petrol Rafinerileri. 2005; İzmit.

[5] Keçecioğlu Ö F, Tekin M, Gani A, Açıkgöz H, Gemci A, Şekkeli M. Bir Güneş Enerji Santralinin Elektrik Şebekesindeki Güç Kalitesi Parametrelerine Etkisinin İncelenmesi. KSU-JES, Vol:18, No:2, 2015.

[6] Baggini, A. Handbook of Power Quality. Wiley 2008; 151-155.
[7] Şimşek B. Bizkevelci E. Türkiye Elektrik Dağıtım Şebekesinde Fotovoltaik Sistemlerin Güç Kalitesine Etkisi. IV. Elektrik Tesisat Ulusal Kongre Ve Sergisi Bildirileri, 2015.
[8] Bhattacharyya S, Myrzik J M, Kling W L. Consequences Of Poor Power Quality- An Overview", UPEC 2007; 651-656.
[9] Rüstemli S, Cengiz M S, Dinçer F. Elektrik Tesislerinde Harmoniklerin Aktif Filtre Kullanılarak Yok Edilmesi ve Simülasyonu. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi 2.1 2013.
[10] Özdemir E. Elektrik Enerji Kalitesi. 3. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu, İzmit, 2009; 280-285.
[11] Demirbaş Ş, Bayhan S. Güç Sistemlerinde Harmoniklerin Gerçek Zamanlı Ölçüm Ve Analizi. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt: 24, No: 3, 2009; 461-468.
[12] Kesler M, Özdemir E, Karabacak M. Şebeke Gerilim ve Yük Akım Harmoniklerinin Birleşik Güç Kalite Düzenleyicisi İle Düzeltilmesi. 3. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu, İzmit, 2009; 291-296.
[13] Süslüoğlu B, Gök A, Özdemirci E. İzmir Bölgesinde Belli Noktalarda Fliker Durum Değerlendirmesi. V. Enerji Verimliliği Ve Kalitesi Sempozyumu Bildirileri, 2013.
[14] Elektrik Piyasasında Dağıtım Sisteminde Sunulan Elektrik Enerjisi Tedarik Sürekliliği, Ticari ve Teknik Kalitesi Hakkındaki Yönetmelik. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), 2016.
[15] Önal Y, Ece DG, Gerek ÖN. Gerilim Kırpışmasının Hilbert-Huang Dönüşümü İle Analizi Analysis Of Voltage Flicker Using Hilbert-Huang Transform. IEEE 19th Signal Processing and Communications Applications Conference, SIU, 2011.
[16] Rüstemli S, Okuducu E, Efe SB. Elektrik Tesislerinde Harmoniklerin Pasif Filtre Kullanılarak Azaltılması Ve Simülasyonu. 6. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu ve Sergisi (EVK), 2015; 120-124.