

Munzur Üniversitesi Hizmet Binalarının Güç Kalitesi Yönünden İncelenmesi

Gürkan Tam¹, Bilgin Zengin^{2*}

¹Munzur Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tunceli, Türkiye

²Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Tunceli, Türkiye

gtam@munzur.edu.tr, *bilginzengin@munzur.edu.tr

Makale gönderme tarihi: 09.10.2023, Makale kabul tarihi: 16.12.2023

Öz

Bu çalışmada, Munzur Üniversitesi Kampüs alanında bulunan hizmet binaları güç kalitesi yönünden incelenmiştir. Çalışma kapsamında Munzur Üniversitesi kampüsünde bulunan hizmet binalarından kesintisiz güç kaynağı ve kompanzasyon sistemi bulunduran bir hizmet binası, yalnızca kompanzasyon sistemi bulunduran bir hizmet binası ve hem kesintisiz güç kaynağı hem de kompanzasyon sistemi bulundurmeyen bir hizmet binası olmak üzere toplamda 3 hizmet binası seçilmiştir. Seçilen hizmet binalarına ait akım, gerilim, güç, frekans, güç faktörü, gerilim dengesizliği, akım ve gerilim harmonikleri uluslararası standartlar kapsamında incelenmiştir. İncelenen hizmet binaları için elde edilen sonuçlar, seçilen hizmet binalarının tamamı için güç kalitesi parametrelerinden sadece akım harmoniği problemleri olduğunu göstermiş ve bu problemlerin giderilmesiyle ilgili çözüm önerileri çalışmada sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Munzur Üniversitesi, akım, gerilim, güç, güç kalitesi, harmonikler

Investigation of Munzur University Service Buildings in terms of the Power Quality

Abstract

In this study, service buildings in Munzur University campus area were investigated in terms of power quality. Three different service buildings were selected among the service buildings in the campus area within the scope of our investigation: the first one contains an uninterruptible power supply as well as compensation system, the second one contains only a compensation system, finally the third one is a service building without both an uninterruptible power supply and compensation system. we first measured the corresponding current, voltage, power, frequency, power factor, voltage imbalance, current as well as voltage harmonics of the structures. Current, voltage, power, frequency, power factor, voltage imbalance, current and voltage harmonics of selected service buildings were examined within the scope of international standards. The data obtained for the power quality parameters for the examined service buildings showed that all of the selected structures only contain current harmonic problems and suggestions for solutions to the related problems are presented in the study.

Keywords: Munzur University, current, voltage, power, power quality, harmonics

GİRİŞ

İnsanların günlük yaşamlarında ihtiyacı olduğu en önemli kaynaklardan biri elektrik enerjisidir. Teknolojinin gün geçtikçe ilerlemesi ve nüfus artışı elektrik enerjisine olan talebi arttırmıştır. Elektrik enerjisinin kullanıcılara kaliteli bir biçimde sunulması ulusal ve bölgesel kalkınmaya önemli katkılar sağlamaktadır (Kaymaz ve ark., 2017).

Üretilen elektrik enerjisinin son kullanıcıya ulaştırılmasında dikkat edilecek en önemli nokta üretilen enerjinin en az kayıpla, güvenli ve kaliteli şekilde dağıtımının sağlanmasıdır. Ancak üretilen elektrik enerjisinin karakteristiği ile son kullanıcıya

dağıtılan elektrik enerjisi karakteristiği arasında, elektrik enerjisine olan talebin artması, elektrik enerjisine olan talepteki artışa rağmen elektrik üretim, iletim ve dağıtım altyapısının aynı hızla gelişmemesi, gelişen teknolojiyle birlikte mikroilemci ve yarı iletken tabanlı yüklerin kullanımının yük karakteristiklerinin değişimine yol açması, değişken üretim karakteristiğine sahip güneş ve rüzgar gibi yenilenebilir enerji üretim sistemlerinin elektrik şebekelerine nüfuz etmesi, elektrik enerjisinin üretiminden dağıtımına kadar kullanılan kablunun uzunluğu, kesit alanı ve

Research article/Araştırma makalesi
 DOI:10.29132/ijpas.1373319

malzemenin direnci ile şebekede kullanılan trafo merkezleri, dağıtım merkezleri, dağıtım transformatörleri, orta ve alçak gerilim hatlarının kullanılması gibi nedenlerden dolayı farklılıklar meydana gelebilmektedir (URL-1).

Elektrik enerjisinin karakteristiğinde değişimlerin ortaya çıkması nedeniyle güç kalitesi kavramı önem kazanmaktadır. Güç kalitesi denilince akla ilk olarak gerilim kalitesi gelmesine rağmen, son kullanıcı yüklerinin veya elektrik şebekesine bağlı ekipmanların önemli bir performans ve ömür kaybı yaşamadan, istenilen şekilde çalışmasını sağlayan bir dizi elektriksel parametreler ve limitler olarak da tanımlanmaktadır (URL-1). Elektrik güç kalitesi elektrik enerjisinin devamlılığının sağlanması, akım ve gerilim dalgalarının sinüzoidal formda olması, güç çarpanı diye bilinen $\cos \Phi$ değerinin 1'e yakın olması, frekansın sınır değerleri arasında kalması, gerilim dengesizliğinin belirlenen sınır değerini aşmaması, benzer şekilde akım ve gerilim harmonikleri için belirlenen sınır değeri aşmaması v.b. ifadeleri kapsamaktadır (Büyük ve ark., 2017a).

Güç sisteminde belirtilen şartların yerine getirilememesi durumunda o sistemde güç kalitesi sorunları ortaya çıkar (Büyük ve ark., 2017b). Güç kalitesi sorunları elektrik enerjisi ile çalışan teçhizatların veriminin düşmesine, hatalı çalışmasına veya arızalanmasına sebep olur (Karadeniz, 2022). Bu durum ise teçhizatların kısa ömürlü olmaları yanında nitelik bakımından düşük nitelikli bir enerji kullanımı söz konusu olarak maliyetleri yükseltir (Latran ve Teke, 2014).

Güç kalitesi üzerine yapılan çalışmalarda incelenen parametreler genellikle Gerilim Düşmesi, Gerilim Yükselmesi, Gerilim Dengesizliği, Frekans Sapması, Harmonikler ve Harmonik Bozulmadır.

Gerilim düşmesi gerilim değerinin %10 ile %90 değerleri arasında bir değere gelmesi olayıdır (El-Arini ve ark., 2006).

$$0,1p_u < V_{\text{sebeke}} < 0,9 p_u \quad (1)$$

Gerilimin yükselmesi gerilimin tepe değerinin %110 ile %180 değerleri arasında bir değere yükselmesi olayıdır (Edomah, 2009).

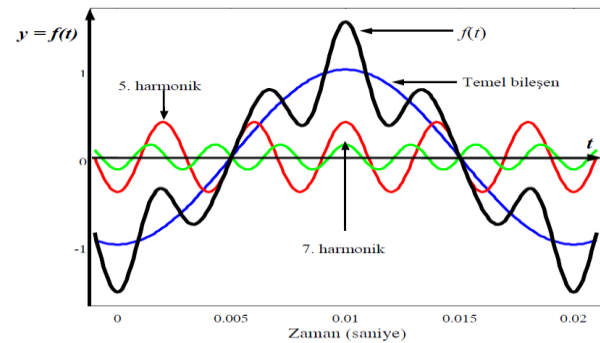
$$1,1p_u < V_{\text{sebeke}} < 1,8 p_u \quad (2)$$

Sinüzoidal dalga formunda olan gerilim için her faz arasında 120°'lik faz farkı olması gerekirken çeşitli sebeplerden dolayı şebekede oluşan bozulmalar sonucunda fazlar arasındaki açının 120° olmaması durumunda gerilim dengesizliği diye adlandırılan güç kalitesi problemleri meydana gelmektedir (Jouanne ve Banerjee, 2001). TS EN 50160 standardına göre gerilim dengesizlik değerinin maksimum %2 sınırında olması gerekmektedir (URL-2).

TS EN 50160 standardına göre güç kalitesi parametrelerinden biri olan gerilimin anma frekansının 49,5-50,5 Hz aralığında olması gerekmektedir (URL-2).

Her ne kadar ideal durumlarda gerilim dalga şeklinin tam sinüzoidal olması gerekirken sistemde nonlineer yüklerin çektikleri akımdan dolayı sinüzoidal dalga formunda bozulmalar meydana gelmektedir (Yurduseven, 2020). Farklı frekans değerinde akımlar üreten anahtarlamalı güç kaynakları ile gerilim çökmelerine neden olan elektrik motorları ve ark fırınları gibi nonlineer yükler güç kalitesi problemlerinden önemli bir parametre olan harmonikleri ortaya çıkarmaktadır (Bütün, 2021).

Şekil 1'de harmonik içeren sistemin dalga formu verilmiştir.



Şekil 1. Harmonik içeren sistemin dalga formu (Acarkan, 2006)

Toplam harmonik bozulma, harmonik bileşen içeren bir sistemde, temel frekans dışındaki tüm harmonik bileşenlerin genliklerinin karelerinin toplamının, temel frekansın genliğinin karesine oranının karekökü olarak ifade edilir ve yüzdesel olarak hesaplanır. Gerilim için toplam harmonik bozulma (THB_V) Denklem 3'te, akım için toplam harmonik bozulma (THB_I) Denklem 4'te verilmiştir (Öztura, 2015).

Research article/Araştırma makalesi
DOI:10.29132/ijpas.1373319

$$THB_V = \sqrt{\frac{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}{V_1^2}} \quad (3)$$

$$THB_I = \sqrt{\frac{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}{I_1^2}} \quad (4)$$

Güç kalitesi problemleri üzerine yapılmış birçok çalışma vardır. Üniversite hizmet binalarının güç kalitesi yönünden incelenmesi Yalova Üniversitesi için (Güven ve Yörükeren, 2019), Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi için (Sarı, 2017) ve Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi için (Yıldız, 2019) tarafından yapılmıştır. Bu makale, seçilen 3 hizmet binası üzerinden Munzur Üniversitesi hizmet binalarının güç kalitesini belirlemeyi amaçlamaktadır.

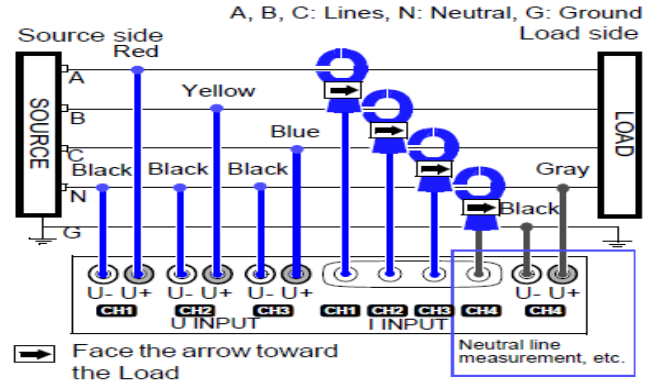
MATERYAL VE METOT

Munzur Üniversitesi hizmet binalarının güç kalitesini belirlemek amacıyla seçilen 3 hizmet binasının enerji ölçümleri, 7 gün boyunca uluslararası standartlarda (URL-2) belirtildiği gibi 10'ar dakika aralıklarla Hioki 3196 Marka Güç Kalitesi Analizörü ile yapılmıştır. Yapılan ölçümler sonunda elde edilen verilerin analizleri, ulusal ve uluslararası güç kalitesi standartları göz önüne alınarak yapılmıştır. İncelemesi yapılan 3 hizmet binasının seçiminde Tablo 1'de verilen kompanzasyon sistemi ve kesintisiz güç kaynağı varlığı/yokluğu dikkate alınmıştır.

Tablo 1. Ölçümü yapılacak hizmet binalarının seçim kriterleri

Hizmet Binaları	Kompanzasyon Sistemi	Kesintisiz Güç Kaynağı
Isı Merkezi	Yok	Yok
İdari Bina	Var	Yok
Ar-Ge Lab.	Var	Var

Hioki 3196 Güç Kalitesi Analizörünün klamp ve problemleri, ölçüm yapılacak binaların elektrik ana giriş panosuna Şekil 2'de gösterildiği gibi bağlanarak gerilim dengesizliği, frekans, akım ve gerilimin etkin değerleri, akım ve gerilim için harmonik bozulma değerleri, aktif güç ve güç faktörü (PF) verileri alınmıştır.



Şekil 2. Bağlantı şeması (URL-3)

BULGULAR VE TARTIŞMA

Güç Kalitesi Ölçümleri ve Sonuçları

Ölçüm noktalarından alınan veriler grafik ve tablo haline dönüştürülüp, ilgili standartlara göre belirlenen sınır değerlerine göre yorumlanması bu kısımda gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sonuçları gerilim, akım ve güç olmak üzere 3 kategoride incelenmiştir. Gerilim ölçümleri; her bir faz için gerilimin etkin değerindeki değişimleri, frekanstaki değişimleri, gerilim dengesizliği, gerilim için toplam harmonik bozulmanın değişimleri ve gerilim harmonik derecelerini içermektedir. Akım ölçümleri; her bir faz için akımın etkin değerindeki değişimleri, akım için toplam harmonik bozulmanın değişimleri ve akım harmonik derecelerini içermektedir. Güç ölçümleri ise; her bir faz için aktif güç ve güç faktörü değerindeki değişimleri içermektedir. Elde edilen ölçümlerdeki gerilim dengesizliği ve frekans değerleri Tablo 2'de verilmiş ve yorumlanmıştır. Bu iki parametre dışındaki gerilimin etkin değeri, gerilim için toplam harmonik bozulma, akımın etkin değeri, akım için toplam harmonik bozulma, aktif gücün etkin değeri ve güç faktörü Tablo 3'te verilmiş ve yorumlanmıştır. Ayrıca THB_V için bireysel harmonik derecelerinin yüzdelik değerlerinin ortalamaları Şekil 3'te, akımın etkin değerindeki değişimler Şekil 4'te, THB_I için bireysel harmonik derecelerinin yüzdelik değerlerinin ortalamaları Şekil 5'te, aktif gücün etkin değerindeki değişimler Şekil 6'da ve güç faktöründeki değişimler Şekil 7'de verilmiş ve ayrıntılı olarak yorumlanmıştır.

Research article/Araştırma makalesi
 DOI:10.29132/ijpas.1373319

Gerilim dengesizliğindeki değişimler

Tablo 2’de çalışma kapsamında incelenen 3 hizmet binası için gerilim dengesizliği değerlerinin minimum (Min.), maksimum (Mak.) ve ortalama (Ort.) değerleri verilmiştir. Tablo 2’den de görüldüğü üzere elde edilen değerlerinin tamamının TS EN 50160 standardında belirtilen %2 sınır değerini aşmadığı gözlemlenmiştir.

Frekans değerlerindeki değişimler

Tablo 2’de çalışma kapsamında incelenen 3 hizmet binası için frekans değerlerinin minimum, maksimum ve ortalama değerleri verilmiştir. Tablo 2’den de görüldüğü üzere elde edilen değerlerinin tamamının TS EN 50160 standardında belirlenen 49,5-50,5 Hz. sınır değerleri aralığında kaldığı gözlemlenmiştir.

Gerilim etkin değerlerindeki değişimler

Tablo 3’te çalışma kapsamında incelenen 3 hizmet binasının R,S,T fazlarının gerilim etkin değerlerinin minimum, maksimum ve ortalama değerleri verilmiştir. Tablo 3’ten de görüldüğü üzere bu değerlerin tamamının TS EN 50160 standardında gerilim için belirtilen 207-253 volt sınır değerleri aralığında kaldığı gözlemlenmiştir.

THB_V değerlerindeki değişimler

IEEE 519-2022 standardına göre THB_V değerinin % 8’i aşmaması gerekmektedir (URL-4).

Tablo 3’te çalışma kapsamında incelenen 3 hizmet binasının R,S,T fazlarının THB_V değerlerinin minimum, maksimum ve ortalama değerleri verilmiştir. Tablo 3’ten de görüldüğü üzere THB_V değerlerinin tamamının sınır değer olan %8’i aşmadığı gözlemlenmiştir.

Tablo 2. Hizmet binaları için gerilim dengesizliği ve frekans parametrelerinin min, mak. ve ort. değerleri

Hizmet Binaları	Değer	Gerilim Dengesizliği (%)	Frekans (Hz)
Ar-Ge Laboratuvarı	Min.	0,33	49,886
	Mak.	0,64	50,086
	Ort.	0,48	49,994
İdari Birimler	Min.	0,38	49,9
	Mak.	0,85	50,1
	Ort.	0,59	50,001
Isı Merkezi	Min.	0,46	49,927
	Mak.	0,79	50,079
	Ort.	0,6	50,005

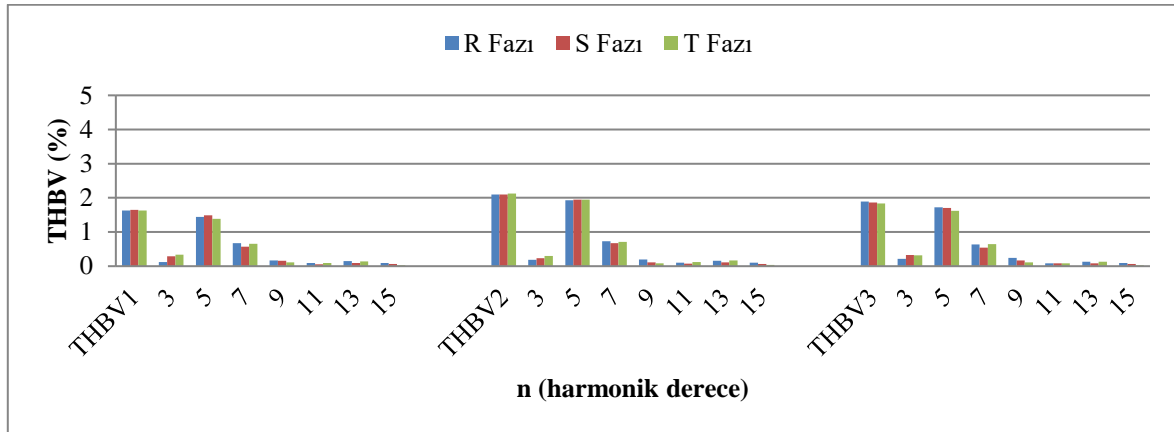
Tablo 3. Her bir faz için hizmet binalarının güç kalitesi parametrelerinin min., mak. ve ort. değerleri

Hizmet Binaları	Faz Sırası	Değer	Gerilim (V)	THB _V (%)	Akım (A)	THB _I (%)	P (kW)	PF (cos Φ)
Ar-Ge Lab.	R Fazı	Min.	224,76	1,41	5,5	7,63	1,2	0,9507
		Mak.	236,55	2,4	29,68	28,73	6,7	0,9966
		Ort.	228,35	1,88	9,88	17,65	2,2	0,9765
	S Fazı	Min.	222,49	1,44	4,05	11,35	0,88	0,9501
		Mak.	234,32	2,39	15,08	34,47	3,39	0,9912
		Ort.	227,75	1,88	6,14	24,21	1,35	0,9611
	T Fazı	Min.	224,32	1,4	3,43	10,58	0,74	0,9504
		Mak.	236,39	2,5	22,29	42,61	4,98	0,9913
		Ort.	229,42	1,87	7,31	26,16	1,62	0,9597
İdari Birimler	R Fazı	Min.	223,27	1,21	8,25	3,88	1,83	0,9537
		Mak.	233,16	2,68	97,39	21,41	22,11	0,9989
		Ort.	228,53	1,84	25,36	12,77	5,74	0,9859
	S Fazı	Min.	220,96	1,24	8,01	4,33	1,77	0,9608
		Mak.	229,63	2,6	85,48	27,75	18,94	0,9980
		Ort.	225,28	1,83	24,93	13,11	5,55	0,9878
	T Fazı	Min.	223,52	1,19	9,63	5,32	2,16	0,9642
		Mak.	233,02	2,62	61,67	18,14	13,88	0,9983
		Ort.	227,9	1,75	20,1	11,80	4,54	0,9878
Isı Merkezi	R Fazı	Min.	223,15	1,26	1,33	18,82	0,29	0,9307
		Mak.	232,6	2,29	82	56,76	17,92	0,9806
		Ort.	228,03	1,89	53,16	27,6	11,55	0,9534
	S Fazı	Min.	220,69	1,17	1,35	6,02	0,29	0,9137
		Mak.	229,55	2,42	95,43	34,85	20,59	0,9768
		Ort.	225,24	1,99	61,08	25,63	12,92	0,9435
	T Fazı	Min.	222,97	1,14	1,1	16,30	0,24	0,9056
		Mak.	232,1	2,3	92,9	58,32	20,06	0,9575
		Ort.	227,5	1,89	61,2	29,69	12,96	0,9309

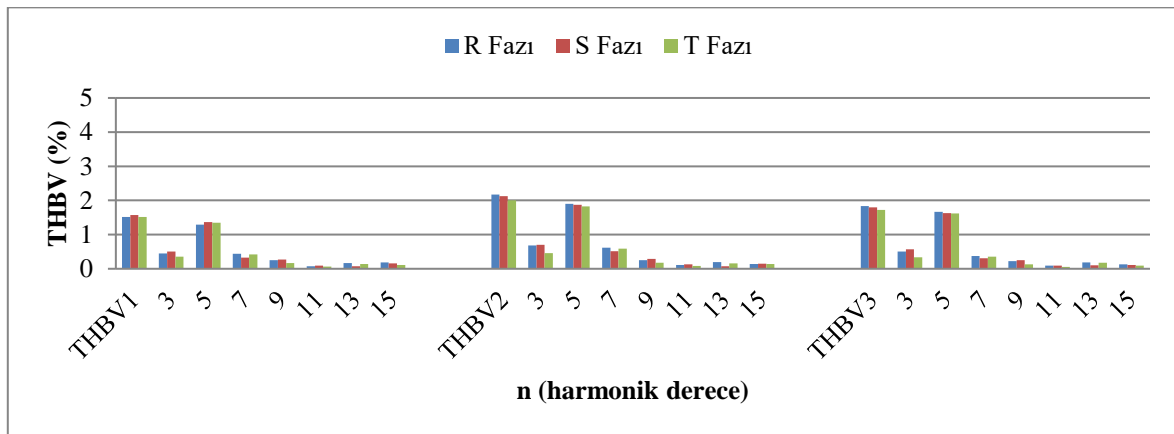
THB_V için bireysel harmonik derecelerinin yüzdeleri ortalamaları

IEEE 519-2022 standardında, bireysel her gerilim harmonik derecesinin %5'i geçmeyecek şekilde olması gerektiği belirtilmiştir (URL-4).

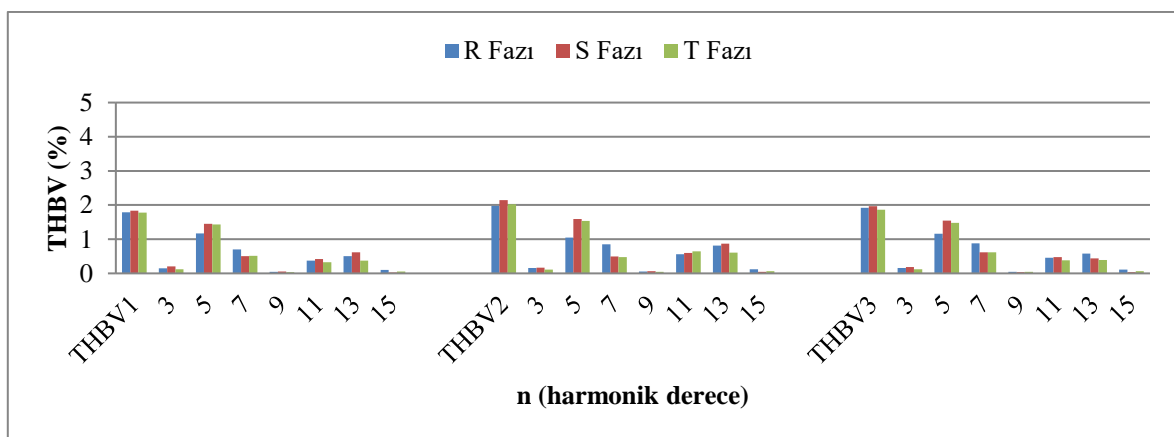
İncelenen üç hizmet binası için Şekil 3'te verilen ve THB_{V1} olarak işaretlenen bölge saat 00:00-08:00 aralığına, THB_{V2} olarak işaretlenen bölge saat 08:00-17:00 aralığına, THB_{V3} olarak işaretlenen bölge ise saat 17:00-24:00 aralığına karşılık gelmektedir.



a



b



c

Şekil 3. a) Ar-Ge Laboratuvarı hizmet binası için gerilim harmonik derecelerinin ort. değeri
b) İdari Birimler hizmet binası için gerilim harmonik derecelerinin ort. değeri
c) Isı Merkezi hizmet binası için gerilim harmonik derecelerinin ort. değeri

Research article/Araştırma makalesi
 DOI:10.29132/ijpas.1373319

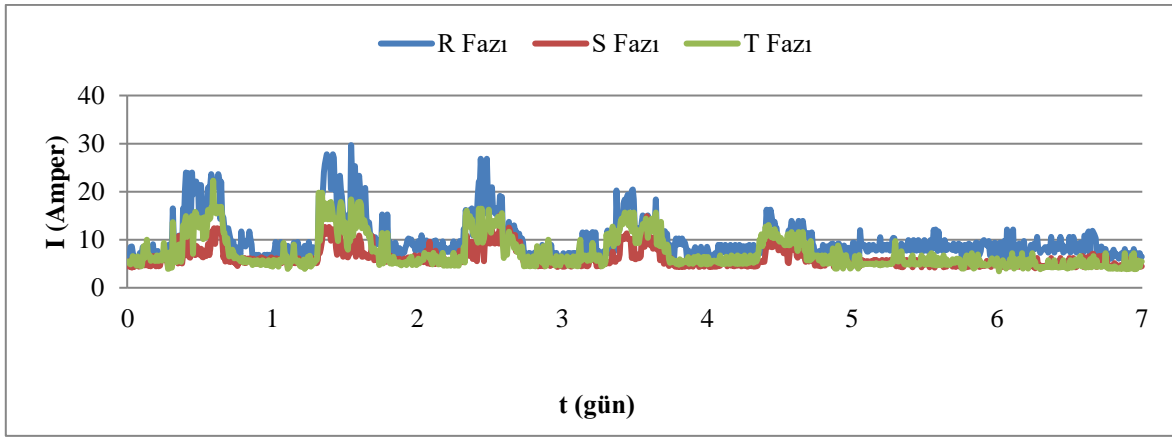
Şekil 3.a' ya göre her üç bölge için harmonik derecelerinin ortalama değerleri incelendiğinde 5. ve 7. harmonik derecelerinin diğer harmonik derecelerine göre daha yüksek olduğu, Şekil 3.b' ye göre her üç bölge için harmonik derecelerinin ortalama değerleri incelendiğinde 3., 5. ve 7. harmonik derecelerinin diğer harmonik derecelerine göre daha yüksek olduğu, Şekil 3.c'ye göre her üç bölge için harmonik derecelerinin ortalama değerleri incelendiğinde 5., 7., 11. ve 13. harmonik derecelerinin diğer harmonik derecelerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Üç hizmet binası için ölçülen tüm bireysel harmonik derecelerinin yüzdelerik değerlerinin

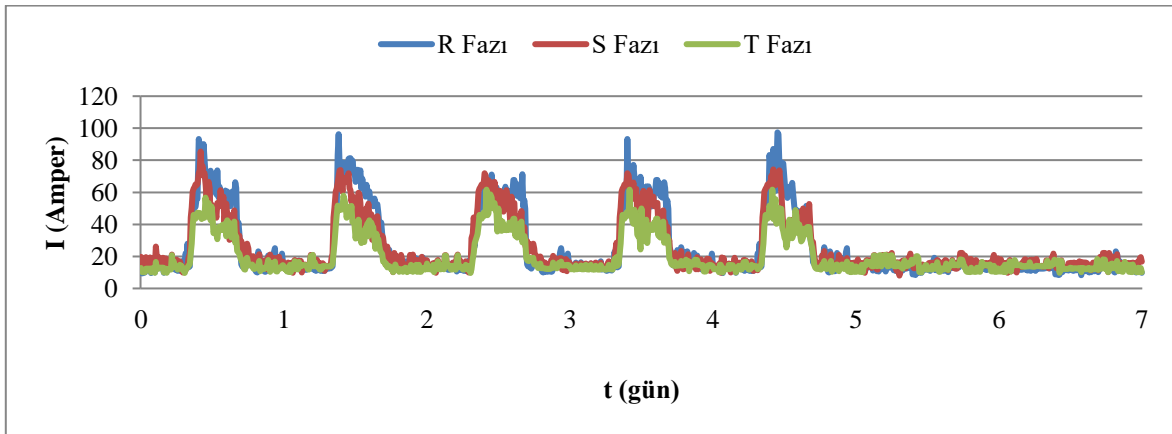
ortalamalarının IEEE 519-2022 standardının üst sınırı olan %5'i geçmediği ve standartlar içinde kaldığı görülmüştür.

Akımın etkin değerindeki değişimler

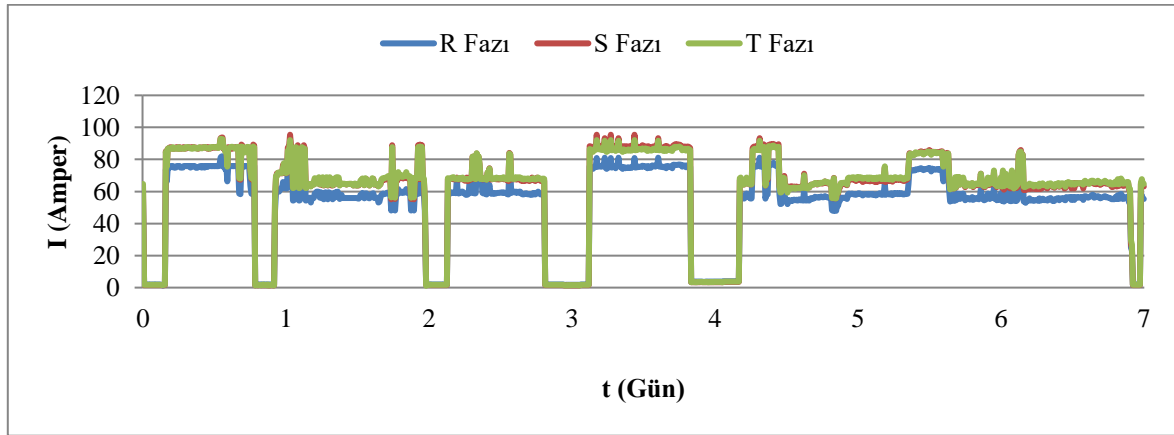
Akımın etkin değeri ile ilgili bir standart olmayıp, beslenen yükün büyüklüğüne bağlı olarak çekilen akımların ve toplam yükün her bir faza olabildiğince eşit bir şekilde dağıtılması sağlanarak, hem elektrik hattının ısınmasının, hem de gerilim düşümü ve gerilim dengesizliğinin önüne geçilmesi dolaylı olarak sağlanabilir.



a



b



c

Şekil 4. a) Ar-Ge Laboratuvarı hizmet binası için akımın etkin değeri değişimi
 b) İdari Birimler hizmet binası için akımın etkin değeri değişimi
 c) Isı Merkezi hizmet binası için akımın etkin değeri değişimi

Şekil 4.a ve Şekil 4.b incelendiğinde mesai saatlerine denk gelen zaman aralıklarında kullanıcı sayısındaki artış ve buna bağlı olarak kullanılan cihazların sayısındaki artıştan dolayı akımın etkin değerinin arttığı, mesai saatleri dışında ve hafta sonuna denk gelen zaman aralıklarında kullanıcı sayısındaki düşüş ve buna bağlı olarak kullanılan cihazların sayısındaki azalıştan dolayı mesai saatlerine denk gelen zaman aralıklarına göre her üç faz için akımın etkin değerinin düştüğü, birbirine yakın değerlerde olduğu ve akımın etkin değerinde gün içinde fazla bir değişimin olmadığı görülmektedir. Şekil 4.c incelendiğinde Munzur Üniversitesi kampüs alanındaki hizmet binalarının ısınması için çalıştırılan pompaların çalıştığı zaman diliminde çekilen akımın etkin değerinin maksimum seviyeye ulaştığı, ısıtma sisteminin kapatıldığı ve pompaların çalışmadığı zaman aralıklarında çukurlukların oluştuğu, çekilen akımın etkin değerinin minimum seviyelere düştüğü görülmektedir. Şekil 4.a, Şekil 4.b ve Şekil 4.c.'de her ne kadar fazlar arasında akım dengesizliğinin olduğu bölgeler söz konusu olsa da, bu dengesizlikler bir tasarım hatasından ileri gelmeyip, her bir faza bağlı cihazların sayısı ve tükettikleri akımdan ileri gelmektedir.

THB₁ değerlerindeki değişimler

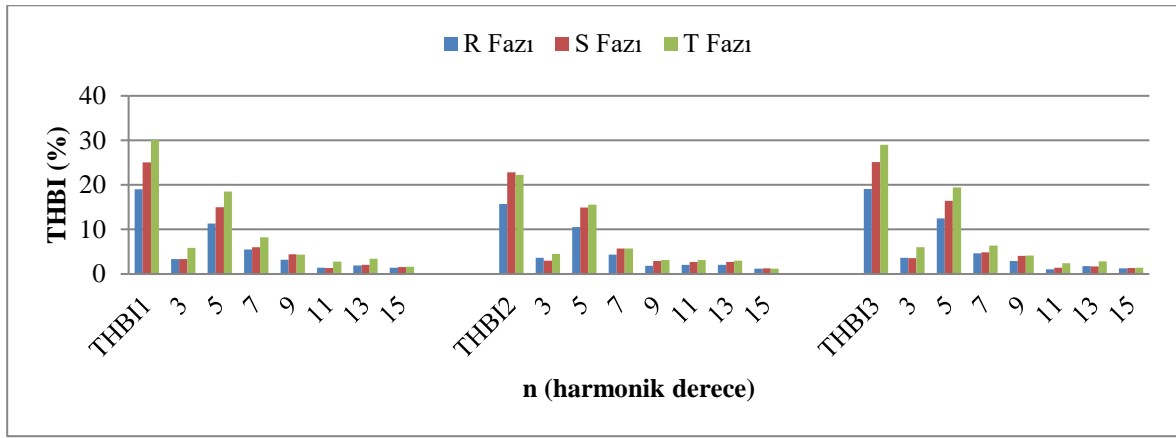
IEEE 519-2022 standardına göre THB₁ değerinin %20'yi aşmaması gerekmektedir (URL-4).

Tablo 3'te çalışma kapsamında incelenen üç hizmet binasının R,S,T fazlarının THB₁ değerlerinin minimum, maksimum ve ortalama değerleri verilmiştir. Tablo 3'ten de görüldüğü üzere THB₁'nin

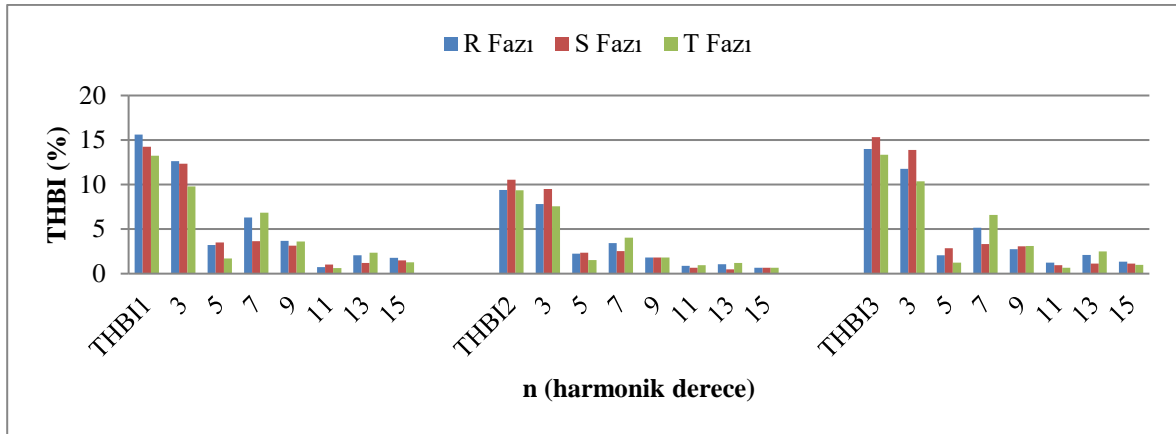
ortalama değerlerinin, İdari Birimler hizmet binasında tüm fazlar için sınır değeri olan %20'yi aşmadığı, Ar-Ge Laboratuvarı hizmet binasında sadece R fazı için sınır değerini aşmadığı, Isı Merkezi hizmet binasında ise tüm fazlar için sınır değerini aştığı gözlemlenmiştir.

THB₁ için bireysel harmonik derecelerinin yüzdelerinin ortalamaları

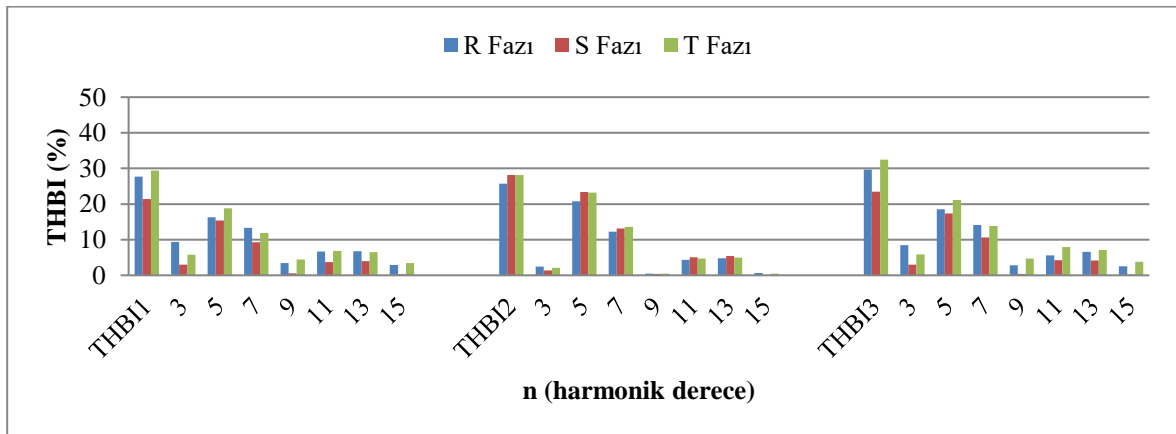
Belirlenen üç hizmet binası için Şekil 5'te verilen ve THB₁₁ olarak işaretlenen bölge saat 00:00-08:00 aralığına, THB₁₂ olarak işaretlenen bölge saat 08:00-17:00 aralığına, THB₁₃ olarak işaretlenen bölge ise saat 17:00-24:00 aralığına karşılık gelmektedir. İncelenen 3 hizmet binası için elde edilen bireysel akım harmoniği derecelerinin yüzdelerinin, IEEE 519-2022 standardında belirlenen akımın bireysel harmonik dereceleri için sınır değerleri olan $2 \leq h < 11$ aralığı için maksimum %15, $11 \leq h < 17$ aralığı için maksimum %7 yüzdelerinin karşılaştırılmıştır.



a



b



c

Şekil 5. a) Ar-Ge Laboratuvarı hizmet binası için akım harmonik derecelerinin ort. değeri
b) İdari Birimler hizmet binası için akım harmonik derecelerinin ort. değeri
c) Isı Merkezi hizmet binası için akım harmonik derecelerinin ort. değeri

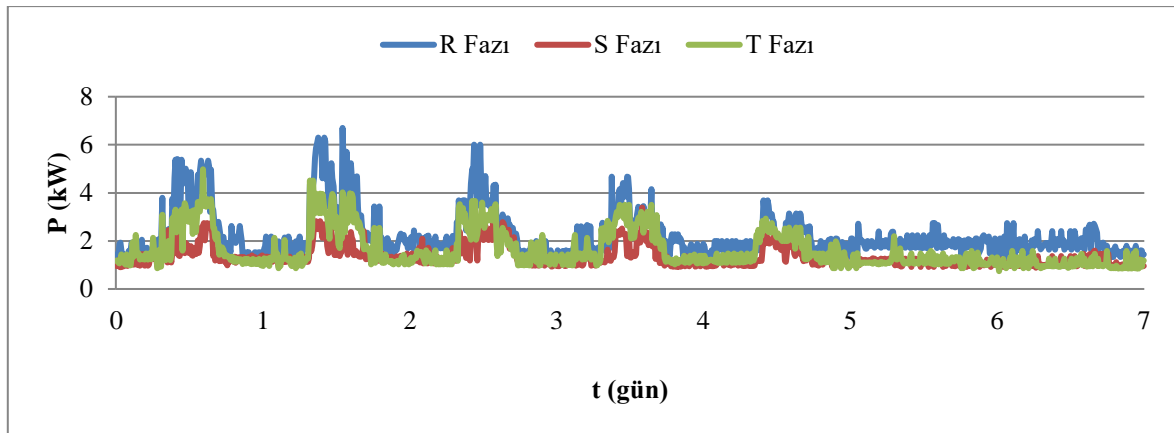
Research article/Araştırma makalesi
 DOI:10.29132/ijpas.1373319

Şekil 5.a'ya göre Ar-Ge Laboratuvarı hizmet binasında akım için toplam harmonik bozulmanın değerinin büyük çoğunluğunun 5. harmonik derecesinden kaynaklandığı, her faz için 5., 7. ve 9. harmonik derecelerinin diğer harmonik derecelerine göre daha yüksek olduğu, özellikle 5. harmonik derecesinin toplam harmonik bozulma değerinin IEEE 519-2022 standardında belirlenen sınır değerini aştığı ve her faz için diğer bireysel harmonik derecelerindeki toplam harmonik bozulmanın IEEE 519-2022 standardına uygun olduğu, Şekil 5.b'ye göre İdari Birimler hizmet binasında akım için toplam harmonik bozulmanın değerinin büyük çoğunluğunun 3. harmonik derecesinden kaynaklandığı, her faz için 3. harmonik derecesinin diğer harmonik derecelerine göre daha yüksek olduğu ve her faz için tüm bireysel harmonik derecelerindeki toplam harmonik bozulmanın IEEE 519-2022 standardına uygun olduğu, Şekil 5.c'ye göre Isı Merkezi hizmet binasında akım için toplam harmonik bozulmanın büyük çoğunluğunun 5. ve 7. harmonik

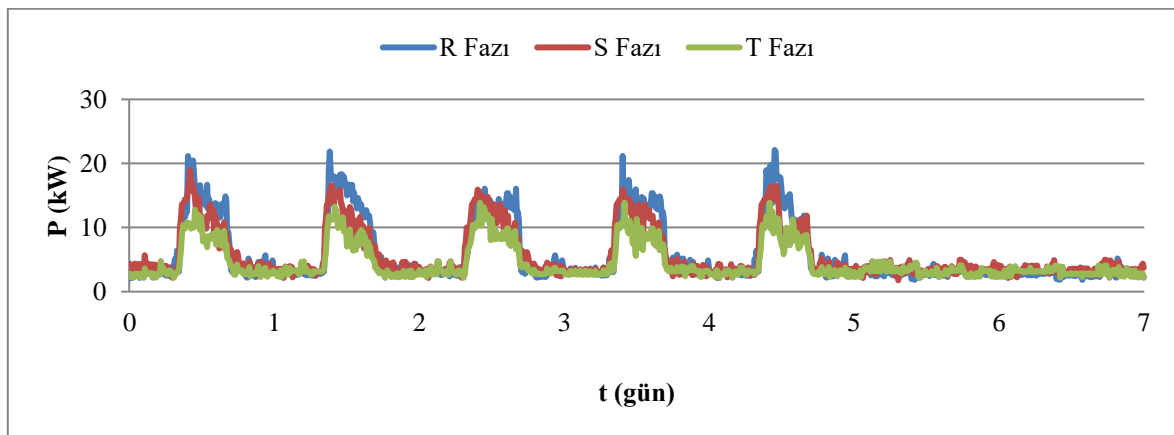
derecesinden kaynaklandığı, 5., 7., 11. ve 13. harmonik derecelerinin diğer harmonik derecelerine göre daha yüksek değerde olduğu, sınır değerini aştığı ve her faz için diğer tüm bireysel harmonik derecelerindeki bozulmanın IEEE 519-2022 standardına uygun olduğu görülmüştür.

Aktif gücün etkin değerindeki değişimler

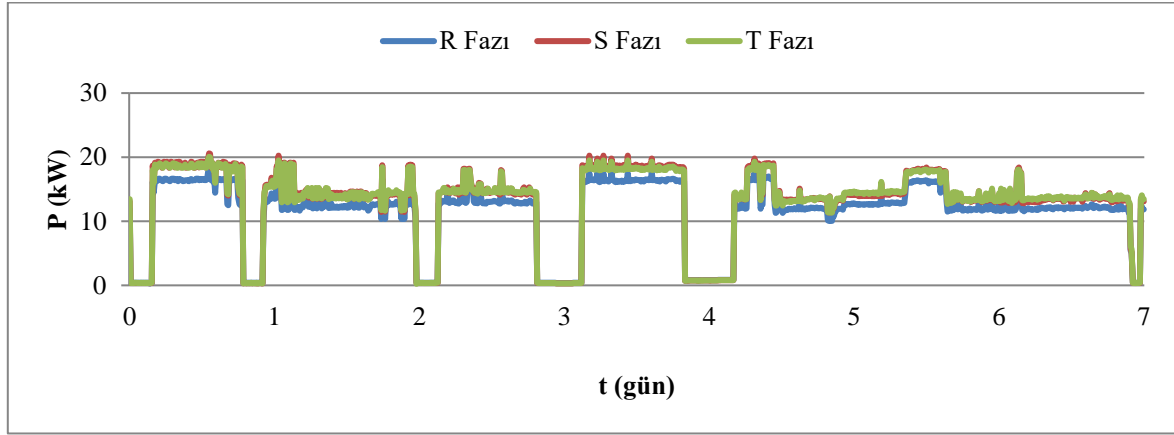
Aktif güç, kullanılan teçhizatların çektiği toplam akımın, gerilimin etkin değeri ve güç çarpanıyla orantılı olduğundan, Üniversite hizmet binalarının elektrik projeleri hazırlanırken yukarıda belirtilen üç faktöre göre talep gücü hesabı yapılmıştır. Munzur Üniversitesi 1. Etap Hizmet Binalarının Elektrik Uygulama Projeleri'nde çalışma kapsamında incelenen 3 hizmet binası için talep güçleri sırasıyla Ar-Ge Laboratuvarı için 661.97 kW, İdari Birimler Hizmet binası için 299.89 kW ve Isı Merkezi için 335.97 kW olarak hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında elde edilen Aktif Güç verilerinin analizi ilgili talep güçleri göz önüne alınarak yapılmıştır.



a



b



c

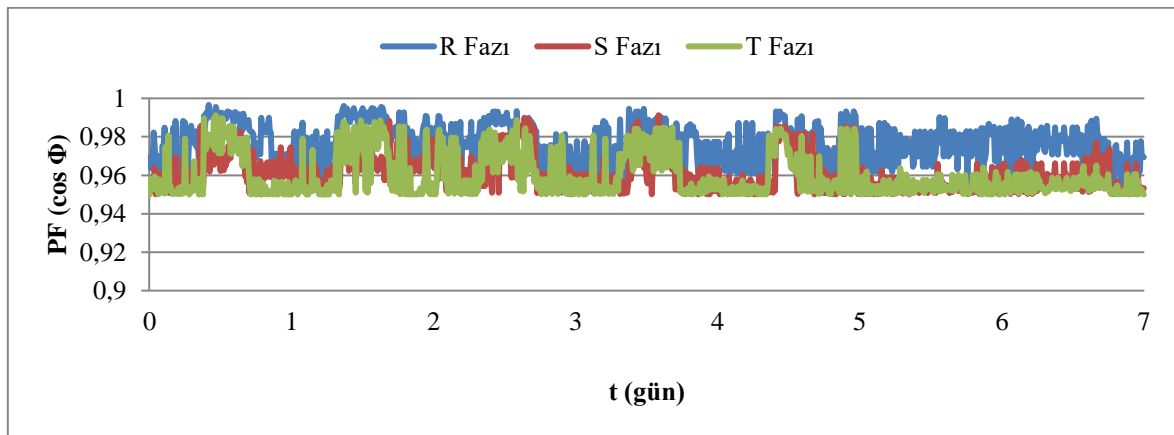
Şekil 6. a) Ar-Ge Laboratuvarı hizmet binası için aktif gücün etkin değerinin değişimi
 b) İdari Birimler hizmet binası için aktif gücün etkin değerinin değişimi
 c) Isı Merkezi hizmet binası için aktif gücün etkin değerinin değişimi

Şekil 6.a ve Şekil 6.b incelendiğinde mesai saatlerine denk gelen zaman aralıklarında aktif gücün etkin değerinin arttığı, mesai saatleri dışında ve hafta sonuna denk gelen zaman aralıklarında her üç faz içinde aktif gücün etkin değerinin birbirine yakın değerlerde olduğu ve gün içinde fazla bir değişimin olmadığı görülmektedir. Şekil 6.c incelendiğinde Munzur Üniversitesi kampüs alanındaki hizmet binalarının ısınması için çalıştırılan pompaların çalıştığı zaman diliminde çekilen aktif gücün etkin değerinin maksimum seviyeye ulaştığı, ısıtma sisteminin kapatıldığı ve pompaların çalışmadığı zaman aralıklarında çukurlukların oluştuğu, çekilen aktif gücün etkin değerinin minimum seviyelere düştüğü görülmektedir. Şekil 6.a, Şekil 6.b ve Şekil 6

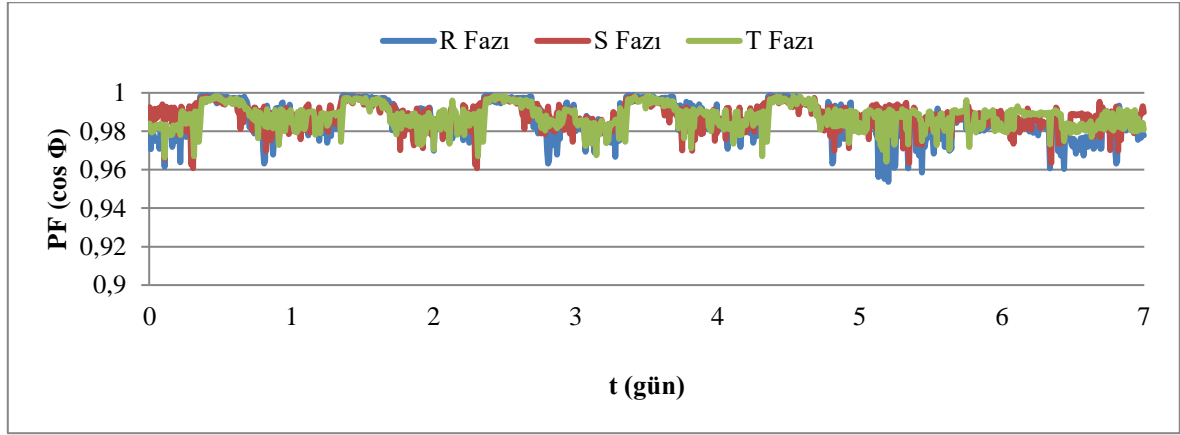
c.'de her ne kadar fazlar arasında güç dengesizliğinin olduğu bölgeler söz konusu olsa da, bu dengesizlikler bir tasarım hatasından ileri gelmeyip, her bir faza bağlı cihazların sayısı ve tükettikleri güçten ileri gelmektedir.

Güç faktörü değerindeki değişimler

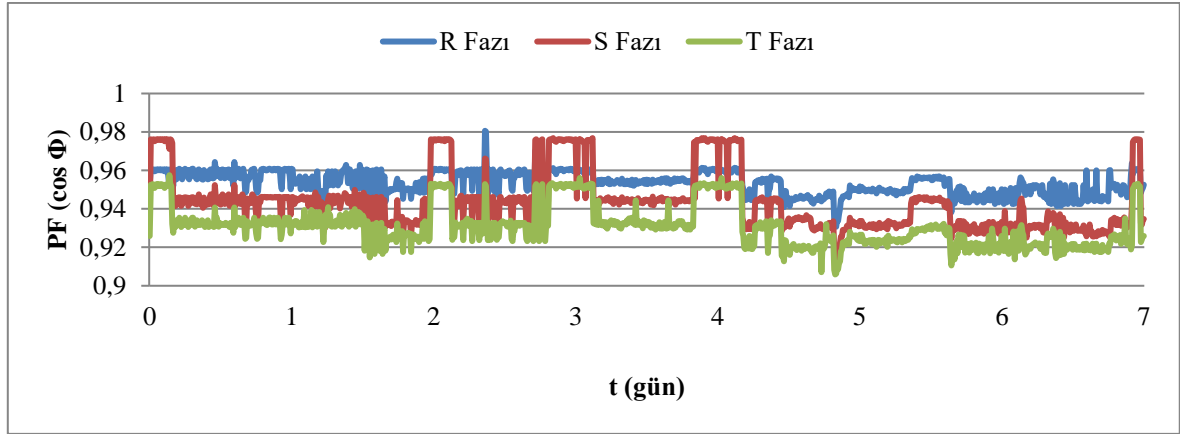
Reaktif Güç Sınır Değerleri başlığında EPDK tarafından verilen karara göre reaktif güç faktörünün minimum değeri yaklaşık 0,9889, kapasitif güç faktörünün minimum değeri yaklaşık 0,9806 olarak hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında incelenen 3 hizmet binasının ve merkezi kompanzasyon sisteminin güç faktörü değerleri yukarıda belirtilen değerlere göre yorumlanmıştır.



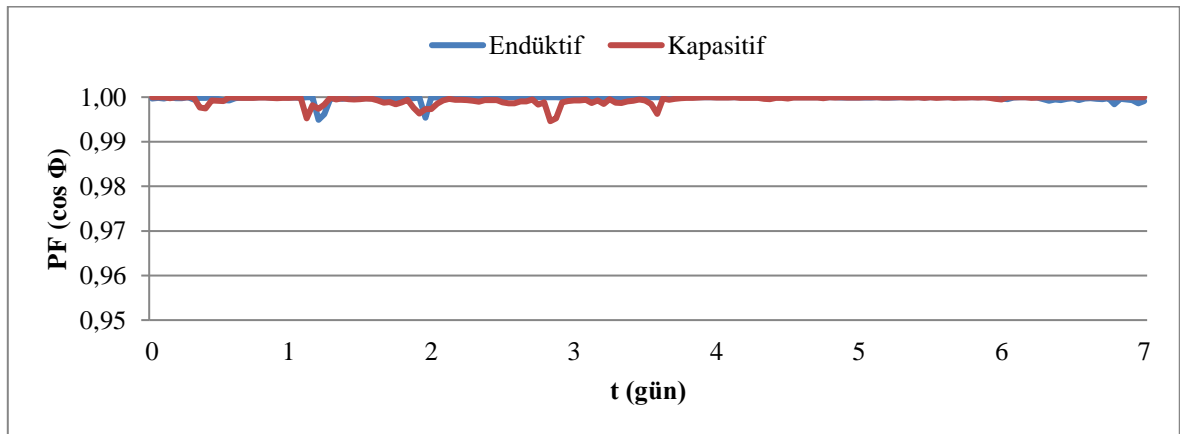
a



b



c



d

Şekil 7. a) Ar-Ge Laboratuvarı hizmet binası için güç faktörü değerinin değişimi
b) İdari Birimler hizmet binası için güç faktörü değerinin değişimi
c) Isı Merkezi hizmet binası için güç faktörü değerinin değişimi
d) Merkezi Kompanzasyon sistemi için güç faktörü değerinin değişimi

Research article/Araştırma makalesi
 DOI:10.29132/ijpas.1373319

Şekil 7.a ve Şekil 7.b incelendiğinde mesai saatlerinde elektrik tüketiminin artmasına paralel olarak güç faktörünün de artış gösterdiği, ideal durum olan 1 değerine yaklaştığı ve kompanzasyon sisteminin etkin olarak devrede olduğu görülmektedir. Mesai saatleri dışında elektrik tüketiminin çok düşük seviyelere inmesi nedeniyle güç faktörü değerinin azaldığı, ideal durum olan 1 değerinden uzaklaştığı ve kompanzasyon sisteminin işlevini tam olarak yerine getirmediği görülmektedir. Şekil 7.c incelendiğinde Isı merkezinde kompanzasyon sistemi olmadığından güç kalitesi analizöründen okunan güç faktörü değeri, kullanılan teçhizatların tükettiği aktif ve reaktif güç değerlerine bağlı olarak değişmektedir. Kompanzasyon sisteminin bulunmadığı Isı Merkezi hizmet binası güç faktörü değerlerinin tamamının EPDK tarafından belirlenen minimum sınır değerlerinin altında olduğu görülmüştür. Şekil 7.d incelendiğinde Merkezi Kompanzasyon sisteminin güç faktörü değerlerinin EPDK tarafından belirlenen minimum sınır değerlerin üzerinde ve ideal değer olan 1'e çok yakın olduğu görülmüştür. Bu durum ise Merkezi Kompanzasyon sisteminin görevini yerine getirdiğini göstermektedir.

SONUÇ

Gerilim kalitesi parametrelerinin incelendiği Munzur Üniversitesi'nin 3 hizmet binası için, gerilimin etkin değeri, frekans ve gerilim dengesizliği değerlerinin EN 50160 Avrupa güç kalitesi standartlarında belirtilen sınır değerleri arasında olduğu görülmüştür. Çalışma kapsamında gerilim kalitesi için elde edilen değerler, Yıldız (2019) ve Sarı (2017)'nin çalışmalarındaki gerilim kalitesi parametreleri için elde ettikleri sonuçlarla benzerlik göstermektedir.

Güç kalitesi parametrelerinin incelendiği merkezi kompanzasyon sistemi için, güç faktörü değeri EPDK tarafından belirlenen minimum sınır değerinin üstünde ve ideal değer olan 1'e çok yakın olduğu görülmüştür. Munzur Üniversitesi kampüs alanının yük dağılımı incelendiğinde, trafolar arasında enerji dağıtımının 3,4 km XLPE kablo ile yapılması nedeniyle kapasitif yükün fazla olduğu görülmektedir. Hizmet binalarının ilk kompanzasyon projesi yapıldığında XLPE kablo kullanımından ileri gelen kapasitif yük dikkate alınmamış ve hizmet binalarında sadece kapasitif yük kompanzasyonu yapılmıştır. Benzer kapasitif yük sorunlarının ele alındığı Yıldız (2019) çalışmasında Bolu Abant İzzet

Baysal Üniversitesi Merkez Kampüsünde yaklaşık 5 km'lik XLPE kablo hattının bulunmasından dolayı kapasitif yükün fazla olmasına rağmen endüktif kompanzasyon sistemi yapılması gerekirken sadece kapasitif kompanzasyon sisteminin kurulduğunu belirtmiştir.

Çalışma kapsamında incelenen Munzur Üniversitesi'nin 3 hizmet binasının tükettiği toplam aktif güce bakıldığında, hizmet binalarının tükettiği aktif gücün talep gücüne göre çok düşük olduğu sonucuna ulaşılmış ve benzer durumun Yıldız (2019) ve Sarı (2017)'nin çalışmalarında da olduğu görülmüştür. Bunun nedeni; proje hazırlık aşamasında hizmet binalarının talep gücü hesaplanırken eş zamanlılık faktörünün yüksek seçilmesidir. Bu durum ilk yatırım maliyetinin yüksek olmasına sebep olmaktadır. Proje aşamasında talep gücünün doğru hesaplanması ve ihtiyaca yönelik sistem tasarımı yapılmasının, ekonomik ve teknik verimlilik bakımından daha faydalı olacağı düşünülmektedir.

İncelenen her 3 hizmet binası için IEEE 519-2022 standardına göre THB_V değerlerinin tamamının %8 sınır değerini aşmadığı görülmüştür.

IEEE 519-2022 standardına göre THB_I değerlerinin %20'yi aşmaması gerekmektedir. Çalışma kapsamında incelenen 3 hizmet binasından, İdari Birimler hizmet binasında tüm fazlar için %20 sınır değerini aşılmadığı fakat Ar-Ge Laboratuvarı hizmet binasında S ve T fazları için sınır değerinin aşıldığı, Isı Merkezi hizmet binasında ise tüm fazlar için sınır değerinin aşıldığı gözlemlenmiştir.

Munzur Üniversitesi kampüsünün güç hesapları yapılırken eş değerlilik katsayılarının yüksek seçilmesinden dolayı binaların trafo güçleri çok yüksek değerde olmakta ve bunun bir sonucu olarak yüksüz durumda trafo kayıplarında artış meydana gelmektedir. Güven ve Yörükeren (2019) çalışmalarında belirttiği gibi trafoların boşa çalışma akımı, demir kayıplarına ait akım ile harmonik bileşenler içeren mıknatıslanma akımının toplamından ileri gelmekte olup, boşa çalışan trafo yüksüz olmasına rağmen mıknatıslanma akımı nedeniyle harmonik bileşen içeren akım üretmektedir. İncelenen hizmet binalarında, mesai saatleri içinde teçhizat kullanımının artmasına bağlı olarak yükün artışı ile daha az harmonik bileşenin ortaya çıkacağı, günün erken saatlerinde sistemdeki yükün az olması, gerilimin yüksek oluşu ve aşırı uyarmanın meydana gelmesiyle birlikte daha çok harmonik bileşenin ortaya çıkacağı beklenmektedir.

Research article/Araştırma makalesi
 DOI:10.29132/ijpas.1373319

Hizmet binalarının akım harmonik dereceleri incelendiğinde İdari Birimler hizmet binası için 3. harmonik derecesinin, Ar-Ge Laboratuvarı ve Isı Merkezi Hizmet Binası için ise 5. ve 7. harmonik derecelerinin yüksek olduğu görülmüştür. Uluslararası standartlarda belirtilen sınır değerleri göz önünde bulundurulduğunda THB₁ değerlerinin sınır değerlerini aştığı durumlar görülmüş ve bu yüksek harmonik bozulmanın zamanla kondansatör patlamasına, elektronik kartların ve bilgisayar gibi cihazların arızalanmasına sebep olabileceği düşünülmektedir.

Munzur Üniversite kampüsünde yer alan hizmet binaları arasında seçilen 3 hizmet binasının güç kalitesi yönünden birbiriyle karşılaştırılması yapıldığında THB₁ değerleri dışında kalan güç kalitesi parametrelerinden gerilimin etkin değeri, gerilim dengesizliği, frekans, THB_V değeri ve gerilim için bireysel harmonik dereceleri ilgili standartlarda belirlenen sınır değerleri aralığında olduğu görülmüş ve 3 hizmet binasının da sonuçlarının birbiriyle benzerlik gösterdiği görülmüştür. THB₁ değeri ve bireysel harmonik dereceleri incelendiğinde, kompanzasyon sisteminin olduğu, doğrusal olmayan yük olarak bilinen ve harmonik üreten kesintisiz güç kaynağının olmadığı İdari Birimler hizmet binasının güç kalitesi standartlarına uygun olmakla birlikte güç kalitesi yönünden en verimli hizmet binası olduğu söylenebilir. Kesintisiz güç kaynağına sahip Ar-Ge Laboratuvarı hizmet binasında THB₁ değerinin sınır değerini aştığı görülmüştür. Kesintisiz güç kaynağının elektrik kesintilerinde veri kaybının önüne geçmesi, ani gerilim yükselmelerini regüle etmesi gibi avantajlarından dolayı hizmet binalarında kullanılmasına ihtiyaç duyulduğundan harmonik probleminin meydana geldiği kaynağın çıkışına pasif filtre bağlantısının yapılması harmoniklerin giderilmesi için gerekli olmaktadır. Hem kesintisiz güç kaynağı hem de kompanzasyon sistemi bulunmayan Isı Merkezi hizmet binası incelendiğinde ısınma için kullanılan teçhizatlardan kaynaklı THB₁ değerlerinin sınır değerinin çok üstünde olduğu ve kompanzasyon sisteminin bulunmamasından dolayı da güç kalitesi yönünden verimliliğinin düşük olduğu söylenebilir. Isınma için kullanılan teçhizatların çıkışına bireysel pasif filtre bağlantısının yapılması önerilir.

TEŞEKKÜR

Bu makale birinci yazarın yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması bildirmemektedir.

ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ BEYANI

Yazarlar bu çalışmanın araştırma ve yayın etiğine uygun olduğunu beyan eder.

KAYNAKLAR

- Acarkan, B. (2006). Ofis donanımının harmonik etkinliğinin kestirimi ve harmonik analizi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Bollen, M.H. (2000). Understanding power quality problems. In voltage sags and interruptions. Vol. 3, IEEE press.
- Bütün, İ.M. (2021). Elektrik güç sistem harmoniklerinin yapay arı kolonisi algoritmasıyla kestirimi, Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi, Ankara.
- Büyük, M., Tan, A., İnci, M. ve Tümay, M. (2017). A notch filter based active damping of LLCL filter in shunt active power filter. International Symposium on Power Electronics (Ee), Novi Sad, Sırbistan, ss. 1-6.
- Büyük, M., İnci, M., Tümay, M. (2017). Performance comparison of voltage sag/swell detection methods implemented in custom power devices. Rev. Roum. Sci. Techn.-Électrotechn. et Énerg, 62 (2), ss. 129-133.
- Edomah, N. (2009). Effects of voltage sags, swell and other disturbances on electrical equipment and their economic implications. CIRED 2009 - 20th International Conference and Exhibition on Electricity Distribution - Part 1, Prague, Czech Republic, pp. 1-4.
- EI-Arini M. M., Youssef M.T. ve Hendawy H.H. (2006). Voltage sag analysis and its reduction to improve power system performance. 2006 Eleventh International Middle East Power Systems Conference, El-Minia, Egypt, pp. 87-92.
- Güven, A.F. ve Yörükeren, N. (2019). Yalova Üniversitesi merkez kampüsünde elektrik enerji kalitesini etkileyen harmoniklerin incelenmesi. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, c. 9(1), ss. 123-143.
- Jouanne, A. ve Banerjee, B. (2001). Assessment of voltage unbalance, IEEE Transactions On Power Delivery, 16 (4), 782-790.
- Karadeniz, M. (2022). Güç sistemlerinde sınırlı sayıda ölçüm cihazı kullanılarak güç kalitesi olaylarının izlenmesi ve yük modellemesi için yeni yaklaşımlar. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.

Research article/Araştırma makalesi
DOI:10.29132/ijpas.1373319

- Kaymaz, K., Aydın, Ç. M. ve Zengin, B. (2017). Tunceli ili ekonomisine katkı sağlayan bazı sektörlerin incelenmesi. *Bilim ve Gençlik Dergisi*, 5 (2), 131-145.
- Latran, B.M. ve Teke, A. (2014). Güç kalitesi problemlerini düzelten dağıtım sistemine paralel bağlı evirici tabanlı kompanzatorların incelenmesi, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 29 (4), 793-805.
- Öztura, H.Ş. (2015). Power Quality and Harmonic Analysis of Iron and Steel Industry, Master's Thesis, Yaşar University, İstanbul.
- Sarı, M. (2017). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Avşar Kampüsünün enerji kalitesinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş.
- URL-1, 2020. <https://www.endoks.com/2020/02/20/5-sorida-guc-kalitesi-nedir-nasil-iyilestirilir/>, Erişim tarihi: 20.04.2023.
- URL-2,
<https://www.evm.ua/image/catalog/uslugi/standart-en-50160.pdf>, Erişim tarihi: 08.05.2023.
- URL-3,
https://www.hioki.cn/system/upgrade_attachments/attachments/000/000/103/original/3196QE_07.pdf?1482225696, Erişim Tarihi: 30.01.2023
- URL-4,
<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9848440>, Erişim Tarihi: 08.05.2023
- Yıldız, H. (2019). BAİBÜ Merkez Kampüs elektrik enerji dağıtım sisteminin enerji verimliliği ve enerji kalitesi açısından incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu.