

Atıf İçin: Dinçer F, Karadağ F, 2022. Tekstil Fabrikalarında Öz Tüketim Modeli Güneş Enerjisi Santralinde Enerji Kalitesi Analizi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12(2): 704-714.

To Cite: Dinçer F, Karadağ F, 2022. Energy Quality Analysis in Self Consumption Model Solar Power Plant in Textile Factories. Journal of the Institute of Science and Technology, 12(2): 704-714.

Tekstil Fabrikalarında Öz Tüketim Modeli Güneş Enerjisi Santralinde Enerji Kalitesi Analizi

Furkan DİNÇER^{1*}, Fatih KARADAĞ¹

ÖZET: Gelişen teknoloji ve sanayileşme ile birlikte elektrik enerjisi tüketimi her yıl artış göstermektedir. Artan talebe karşı üretilen elektrik enerjisinin de yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları arasından olması önem arz etmektedir. Fabrikalar kendi elektrik enerjisini kendi üretim yoluna giderken aynı zamanda bu durumlar enerji kalitesini de olumsuz olarak etkileyebilmektedir. Bu çalışmada bir tekstil fabrikasının öz tüketim modeli ile kurmuş olduğu güneş enerjisi santralinde enerji kalitesi ile ilgili yaşadığı sorunlar detaylı olarak analiz edilmiş ve ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ölçüm metodu ve ölçümün nasıl gerçekleştirildiği konuları ile ilgili detaylı bilgiler de paylaşılmıştır. Enerji kalitesindeki sorun güneş enerjisi santralinin üretim performansını da olumsuz olarak etkilemekte ve düşük üretim yapmasına neden olmaktadır. Üretim performansın iyileştirilmesi, enerji kalitesinin düzeltilmesine bağlı olduğu için enerji kalitesinin iyileştirilmesi konusunda da çözüm önerileri sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Enerji kalitesi, Tekstil, Güneş Enerjisi, Kırpışma

Energy Quality Analysis in Self Consumption Model Solar Power Plant in Textile Factories

ABSTRACT: With the developing technology and industrialization, electrical energy consumption is increasing every year. It is important that the electrical energy produced against the increasing demand is among the new and renewable energy sources. While factories go to produce their own electrical energy, these situations can also negatively affect energy quality. In this study, the problems related to energy quality in the solar power plant that a textile factory built with a self-consumption model were analyzed in detail and measurements were made. Detailed information about the measurement method and how the measurement is carried out is also shared. The problem in energy quality also negatively affects the production performance of the solar power plant and causes low production. Since the improvement of the production performance depends on the improvement of the energy quality, solution suggestions are also presented for the improvement of the energy quality.

Keywords: Energy quality, Textile, Solar Energy, Flecker

¹Furkan DİNÇER ([Orcid ID: 0000-0001-6787-0850](https://orcid.org/0000-0001-6787-0850)), Fatih KARADAĞ ([Orcid ID: 0000-0002-0272-1376](https://orcid.org/0000-0002-0272-1376)) Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Furkan DİNÇER, e-mail: furkandincer@ksu.edu.tr

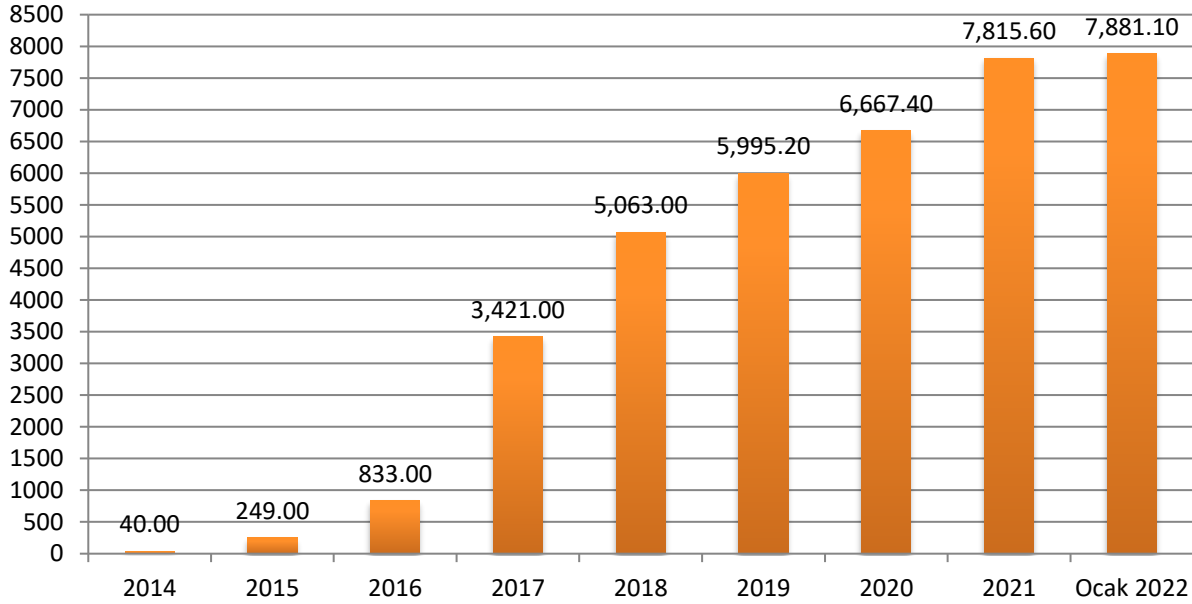
Bu çalışma, Fatih KARADAĞ'ın Yüksek Lisans Tez çalışmasından üretilmiştir.

GİRİŞ

Elektrik enerjisine olan ihtiyaç hızlı bir şekilde artmaktadır. Artan enerji talebini karşılamak için yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına sahip elektrik enerjisi üreten santrallere ihtiyaç bulunmaktadır (Kahraman, 2019). Yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları arasında en bol bulunan, sınırsız ve sürdürülebilir olan kaynak güneş enerjisidir. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretiminde fotovoltaik panellerden yararlanılmaktadır. Fotovoltaik güneş enerjisi santrallerinin kurulu gücü hızlı bir şekilde artmaktadır (Rüstemli ve Ateş, 2012; Rüstemli ve ark., 2013a, Rüstemli ve ark., 2013b).

Ülkemizdeki elektrik enerjisi üretim santrallerinin toplam kurulu güç değeri Haziran 2021 TEİAŞ Kurulu Güç Raporuna göre (Teiaş, 2021) 98.162,4 MW olup, bu santrallerin 7.922 adedi ve 7.219,7 MW'lık kısmını güneş enerjisi santralleri oluşturmaktadır. Ülkemiz güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi konusunda iyi bir konumda olmaktadır. Zamanla düşen maliyetlerle orantılı olarak kurulu güçlerde artış olmuştur ve olmaya devam etmektedir. Ülkemizin güneş enerjisinden elektrik üretimi için kurulu olan güç değerleri değişimi ve Ocak 2022 tarihli değerleri Şekil 1'de verilmiştir.

Kurulu Güç (MW)



Şekil 1. Ülkemizin güneş enerjisinden elektrik üretimi için kurulu olan güç değerleri değişimi ve Ocak 2022 tarihli değerleri (Teiaş, 2022)

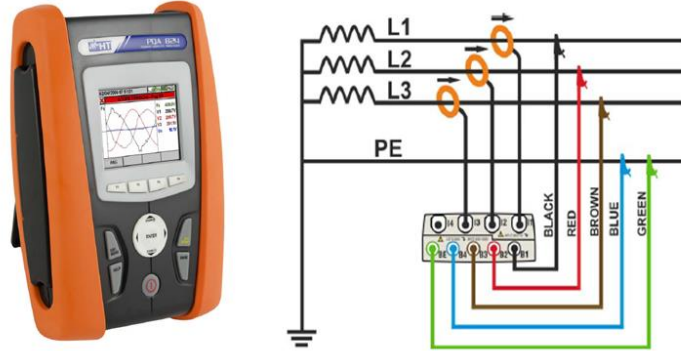
Güneş enerjisi santralleri kurulu gücü hızlı bir şekilde artarken enerji kalitesi konusunda çeşitli sorunları da beraberinde getirmektedir. Güneş enerjisi santralleri buldukları bölgenin elektrik enerjisi tüketim durumu, bağlı buldukları elektrik enerji dağıtım hatlarının karakteristik durumları, hat uzunluğu vb. faktörlere göre enerji kalitesi üzerinde çeşitli etkiler göstermektedir (Akkurt ve Taşdemir, 2021; Dikili ve ark., 2021). Bu etkenler genellikle; hatlarda gerilim yükselmesi, dalgalanma, fliker, ani geçişler vb. olarak üretici ve tüketiciler için sorun olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada bir güneş enerjisi santralinde enerji kalitesinde yaşanan bir sorun üzerine santralin enerji kalitesi deneysel olarak detaylı bir şekilde analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir. Ölçüm metodu ve ölçümün nasıl gerçekleştirildiği konuları ile ilgili detaylı bilgiler de paylaşılmıştır. Enerji kalitesindeki sorun güneş enerjisi santralinin üretim performansını da olumsuz olarak etkilemekte ve düşük üretim yapmasına neden olmaktadır. Üretim performansın iyileştirilmesi, enerji kalitesinin

düzeltilmesine bağlı olduğu için enerji kalitesinin iyileştirilmesi konusunda da çözüm önerileri sunulmuştur.

MATERYAL VE METOT

Gerçekleştirilen güç kalitesi ölçümünde kullanılan güç kalitesi analizörü HT PQA824 mobil tip güç kalitesi analizörüdür. Şekil 2’de HT PQA824 güç kalitesi analizörü ve tesis için kullanılan ölçüm bağlantısı şeması gösterilmektedir. Bu model şebekede meydana gelebilecek güç kalitesi olaylarını da kayıt edebilen yüksek örnekleme frekansına sahip bir güç kalitesi kaydedicisi ve enerji analizörüdür. HT PQA824, IEC 61000-4-30 Ed.3’e göre Class B sınıfı güçlü ve güvenilir bir analizördür.



Şekil 2. HT PQA824 Güç Kalitesi Analizörü ve Tesis için Kullanılan Ölçüm Bağlantısı Şeması

Enerjinin üretilmesinden tüketilmesine kadar olan tüm süreçlerde harmonikler konusunda uyulması gereken kuralları belirleyen ulusal yönetmeliklerimiz ve uluslararası standartlar vardır. Bunlardan başlıcaları; Elektrik Dağıtım ve Perakende Satışına İlişkin Hizmet Kalitesi Yönetmeliği, Elektrik Şebeke Yönetmeliği, EN 50160-1999 Standardı, IEC 61000-4-30 Standardı, IEEE Std 519-2014 Standardı şeklindedir (Ünlüsoy, 2019).

Hizmet kalitesi yönetmeliği özellikle dağıtım tesisleri ve tüketicilerle ilgili, şebeke yönetmeliği ise her seviyede iletim tesisleriyle ilgili konuları ele almaktadır. EN 50160 şebeke enerji kalitesi konusunu ele alan Avrupa Standardı’dır. IEC 61000-4-30 standardı güç kalitesi parametrelerinin ölçümü ile ilgili kural ve teknikleri belirlemektedir. IEEE 519-2014 ise özellikle güç sistemlerinde harmonikler konusunu tüm yönleriyle ele alan standarttır. Ulusal yönetmeliklerimiz genellikle bu standartlar referans alınarak hazırlanmıştır. TS EN 50160 Enerji Kalite Standardı göz önünde bulundurulmuştur (Orucu, 2020).

Elektrik enerjisinin gerilim frekansı açısından kaliteli olarak değerlendirilebilmesi için, TS EN 50160 standardına göre enterkonnekte sisteme bağlı sistemlerin besleme gerilimi anma frekansının normal çalışma şartları altında 1 yıl boyunca ölçülen ve 10 saniyelik ortalama değerlerinin % 99.5’i, şebeke frekansı 50 Hz’in \pm % 1 (49.5 Hz-50.5 Hz) aralığında olmalıdır (Elektrik Piyasası Şebeke Yönetmeliği, 2021).

Elektrik enerjisinin gerilim genliği açısından kaliteli olarak değerlendirilebilmesi için, enterkonnekte sisteme bağlı sistemlerin besleme gerilim genliğinin normal çalışma şartları altında 1 hafta boyunca ölçülen ve 10 dakikalık ortalama değerlerinin % 95’i, şebeke gerilim genliğinin \pm % 10, tamamının +% 10 - % 15 aralığında olması gerekmektedir.

TS EN 50160 standardına göre elektrik enerjisinin dengeli bir gerilim olarak değerlendirilebilmesi için, besleme gerilimi negatif faz sıralı bileşenin 1 hafta boyunca ölçülen ve 10 dakikalık ortalama değerlerinin % 95’i, pozitif faz sıralı bileşenin % 2’sini aşmamalıdır (Elektrik Piyasası Bağlantı ve Sistem Kullanım Yönetmeliği, 2022).

Elektrik enerjisi besleme gerilimi dalga şeklinin kaliteli olarak değerlendirilebilmesi için, 1 hafta boyunca ölçülen harmonik gerilimlerinin 10 dakikalık ortalama değerlerinin % 95'i Tablo 1'de belirtilen değerlere eşit ya da daha az olmalıdır. Akım dalga değerlerinin ve şeklinin kaliteli enerji olarak değerlendirilebilmesi için ölçüm süresi boyunca ölçümü yapılan her bir akım harmoniğinin etkin değerinin Çizelge 1'de belirtilen değerlerden küçük veya bu değerlere eşit olması gerekmektedir.

Toplam harmonik bozulma (THB): Gerilim harmonik bileşenlerinin etkin değerlerinin kareleri toplamının karekökünün, ana bileşenin etkin değerine oranı olan ve dalga şeklindeki bozulmayı yüzde olarak ifade eder (Kürker ve ark., 2018). U_h , harmonik bileşenlerin gerilim etkin değerleri (V), U_1 , Gerilimin kaynağının etkin değeri (V) ifade eder (Maraşlıoğlu, 2018);

$$THB_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{40} (U_h)^2}}{U_1} \times 100 \quad (1)$$

şeklindedir. Toplam Harmonik Bozulma (THB) Limit Değerler, Çizelge 1'de sunulmuştur (Kürker ve ark., 2018).

Çizelge 1. 34,5 kV ve altındaki gerilim seviyesinde uygulanan gerilim harmonikleri sınır değerleri

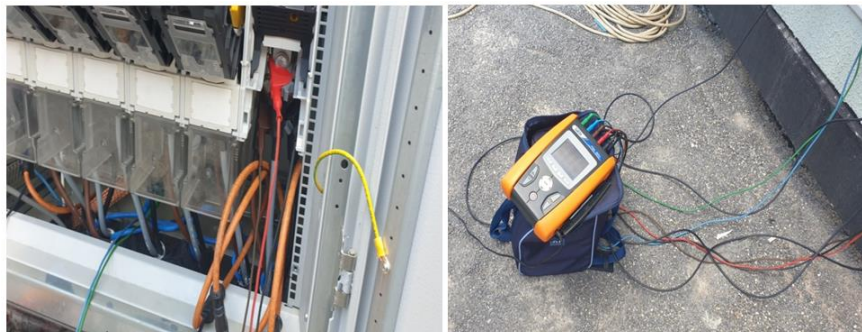
Tek Harmonikler				Çift Harmonikler	
Harmonik Sırası (h)	Sınır Değer (%)	Harmonik Sırası (h)	Sınır Değer (%)	Harmonik Sırası (h)	Sınır Değer (%)
3	5	15	0,5	2	2
5	6	17	2	4	1
7	5	19	1,5	6-24	0,5
9	1,5	21	0,5		
11	3,5	23	1,5		
13	3	25	1,5		

THB için sınır değer 34.5 kV'a kadar olan tesislerde % 5 altında değerler güvenilirdir. THB için % 8 'in üzeri değerler maksimum sınır değeridir. Ayrıca 3. harmonik % 5'in, 5. harmonik % 6 değerinin, 7. harmonik % 5'in altında olmalıdır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, 22.05.2021 saat 11:30 ile 27.05.2021 saat 15:00 arasında gerçekleştirilen ölçümlerde kayıt edilen veriler ile bilgisayar destekli sayısal analiz programlarında gerçekleştirilen analiz sonuçlarına ait değerler paylaşılmıştır. Ölçümler; TESİS-2, 3 ve 4 adlı tesisler için yapılmıştır. Belirtilen bu üç tesis de güneş enerjisi santralidir. Her bir santralin gücü 999 kWe şeklindedir. Analiz çalışmalarında Topview 2.2.0.8. paket programı kullanılmıştır. Şekil 3'te HT PQA824 güç kalitesi analizörü ölçüm bağlantısı – Monoblok gösterilmiştir.

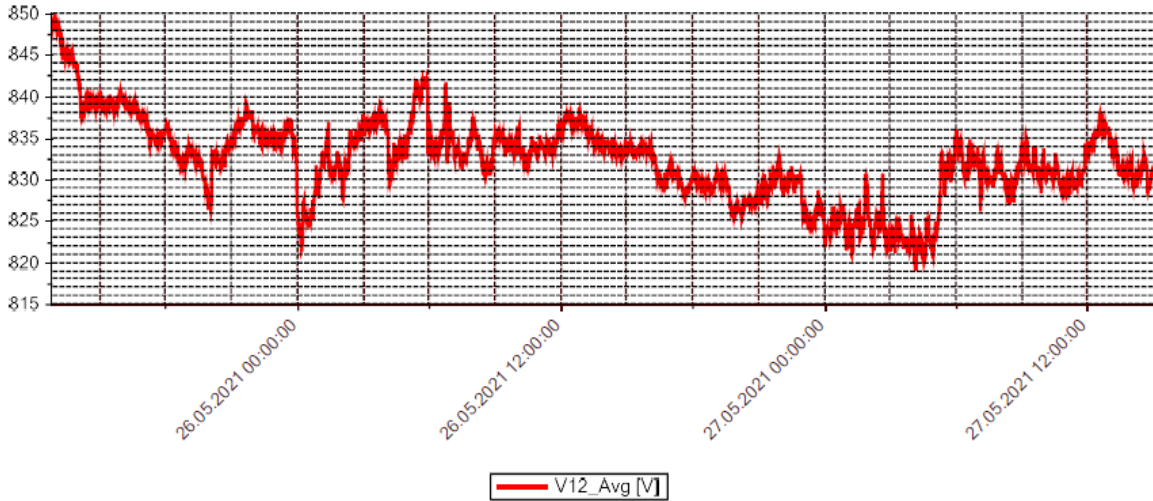
Tesis çalışma gerilimi faz-faz 800 V AC olarak ölçülmüştür. Yükseltici bir trafo ile 800 V AC gerilim değeri 31,5-33 kV seviyesine yükseltilmektedir.



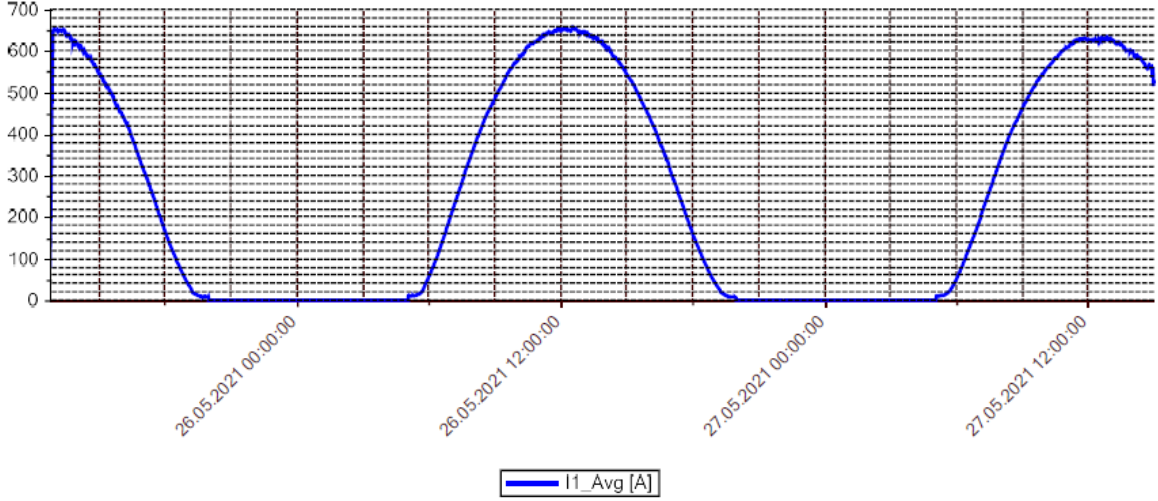
Şekil 3. HT PQA824 Güç Kalitesi Analizörü Ölçüm Bağlantısı – Monoblok

Yapılan ölçümlerde, Toplam Harmonik Bozulma (THB)'nin yüksek olduğu görülmüştür. Gerilim Harmonik değeri güvenli değer olan % 5'in üzerinde ölçülmüştür. Gerilim Harmoniği için THB % 5.91 olarak ölçülmüştür. Güneş Enerjisi Santrali Devredeyken Gerilim değeri daha yüksek ve daha çok sapmalıdır.

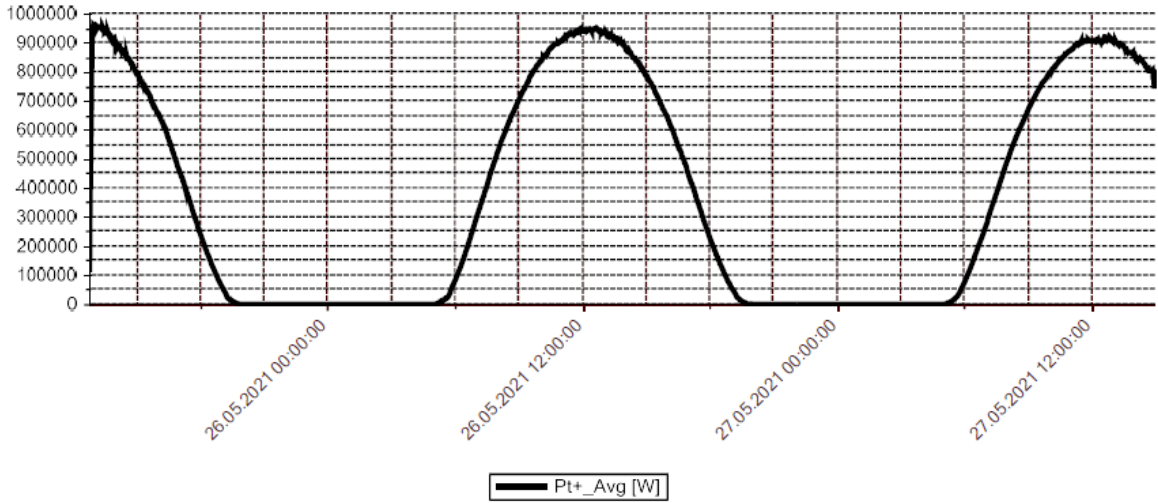
25.05.2021 Salı günü saat 12:47 ile 27.05.2021 Perşembe günü saat 14:59 zaman aralığında TESİS-4 Monoblok Ana TMSŞ de Güç Kalitesi, HT PQA824 Güç Kalitesi Analizörü ile ölçüm yapılmıştır. Şekil 4-6'da sırasıyla TESİS-4 için ölçülen gerilim, akım ve aktif güç değerlerinin değişimi verilmiştir. Gerilim değerlerinin ortalama 830 VAC değerinde olduğu görülmektedir. Akım değerleri ise güneş ışınımına bağlı olarak öğle vakitlerinde 650 A civarlarında olup gün batımına doğru düşmektedir. Aynı şekilde akıma bağlı olarak da güç değerleri de değişmiştir. Gerilim seviyesi yaklaşık aynı kalsa da akım değeri düştüğünden güç de düşmüştür. TESİS-4 Monoblokta yapılan ölçümlerde, Gerilim Harmoniği için ortalama THB % 6.081, en yüksek THB % 6.676 olarak ölçülmüştür. 5. Gerilim Harmoniği için en yüksek 50.91 Volt, akım harmoniği için en yüksek THB % 306.9 olarak ölçülmüştür. Faz faz arası en yüksek gerilim ise 849.9 Volt ölçülmüştür. Şekil 7'de gerilim harmonik değeri, thdV, Şekil 8'de 5. gerilim harmonik değeri, thdV ve Şekil 9'da akım harmonik değeri, thdI gösterilmiştir. Güneş ışınımının özellikle iyi olduğu bulutlanmanın olmadığı, havanın açık olduğu durumlarda dahi aktif güç parazit oluşturur şekilde dalgalanma meydana getirmiştir. Bu durum enerji kalitesinden kaynaklanmakta olup özellikle 5. gerilim harmoniklerinden kaynaklanmıştır. Bu durumun nedeni; ölçümü yapılan güneş enerjisi santrallerinin bağlantı noktasında çok sayıda tekstil işletmesi bulunmaktadır. Bu işletmeler mevcut şebekeyi kirletmekte, kirlenen bu şebekeden güneş enerjisi santralleri de zarar görmektedir. Aynı bağlantı noktasında çok sayıda tekstil işletmesi bulunmaktadır. Bu güneş enerjisi santrallerinde üretilen enerji tüketilmeden direkt olarak şebekeye verilmektedir. 5. gerilim harmoniğinin yüksek olmasının ana nedeni budur.



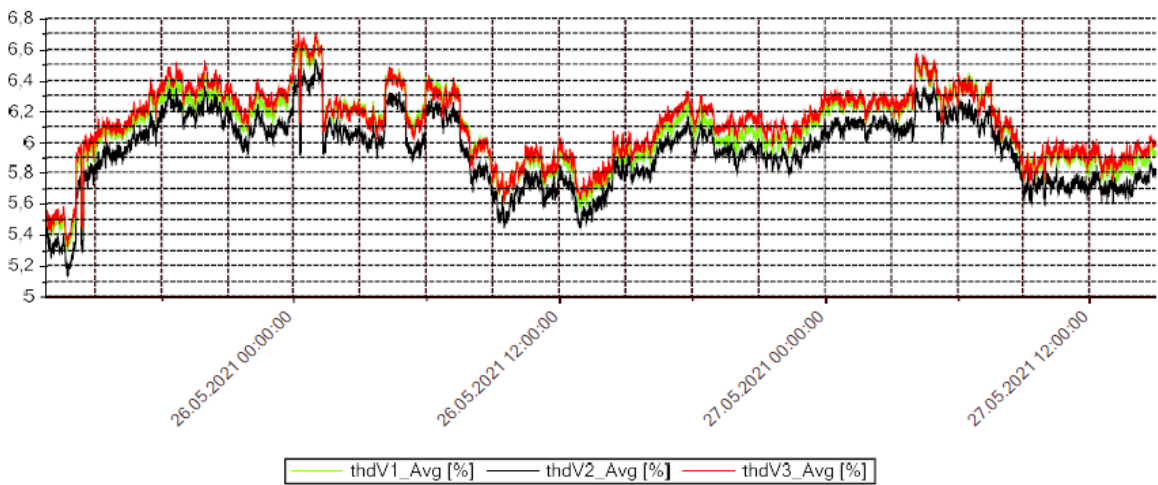
Şekil 4. Gerilim Değerlerinin Değişimi



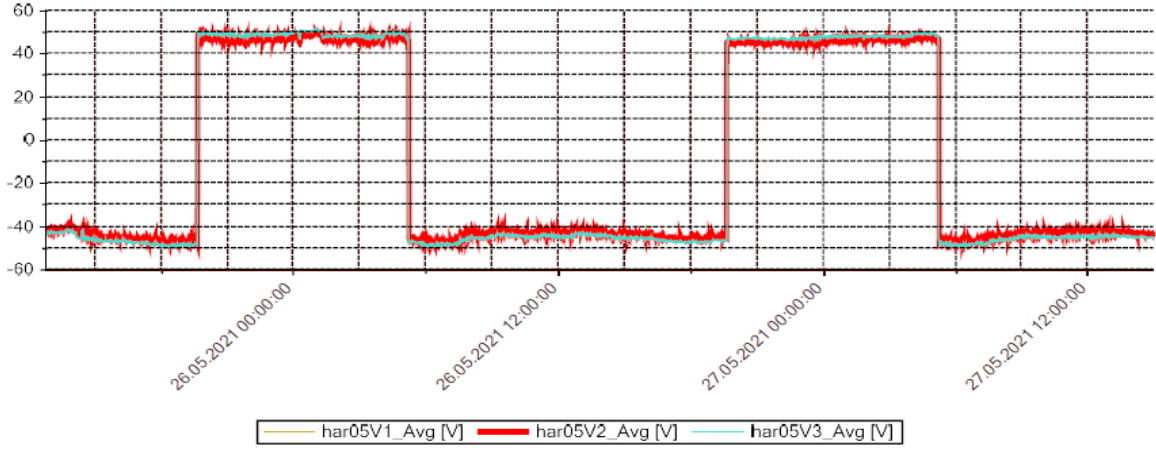
Şekil 5. Akım Değerlerinin Değişimi



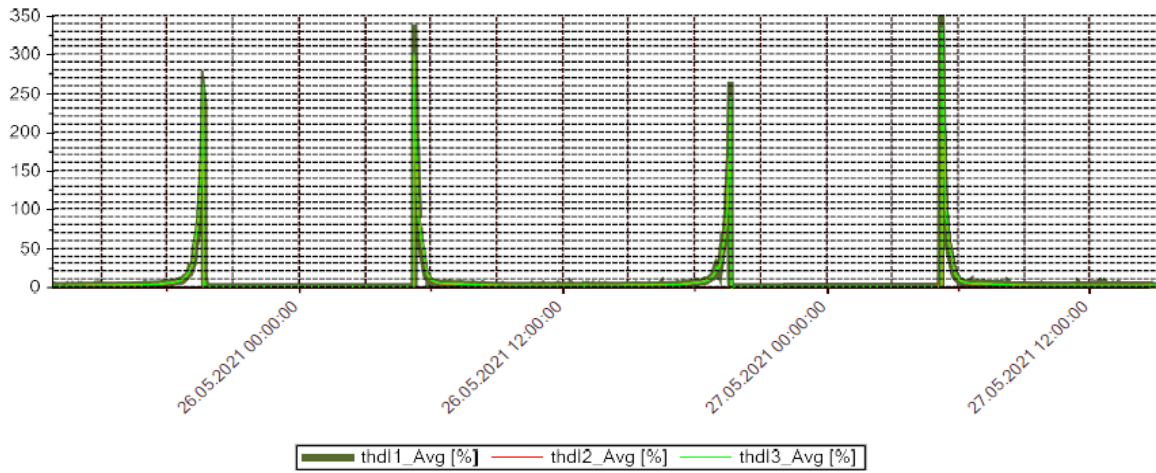
Şekil 6. Aktif Güç Değişimi



Şekil 71. Gerilim Harmonik Değeri, thdV

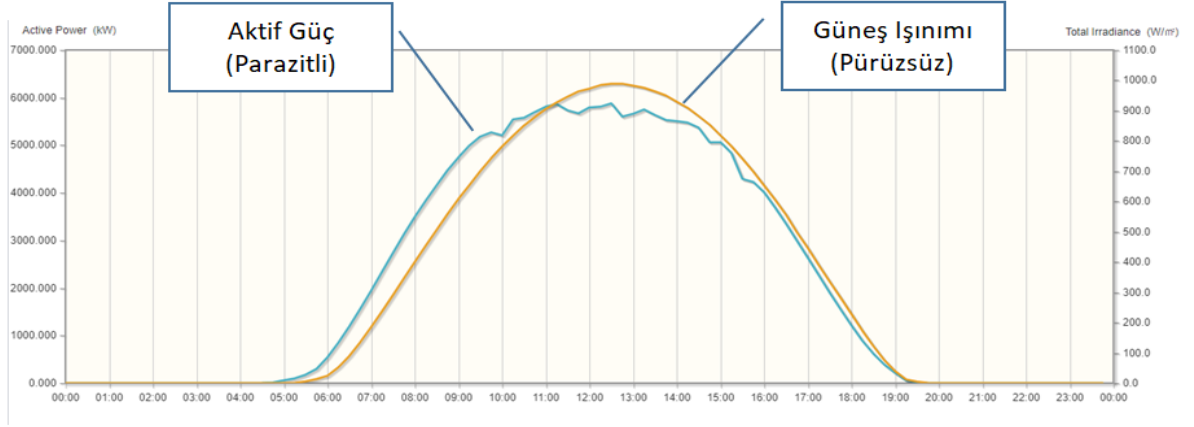


Şekil 8. 5. Gerilim Harmonik Değeri, thdV

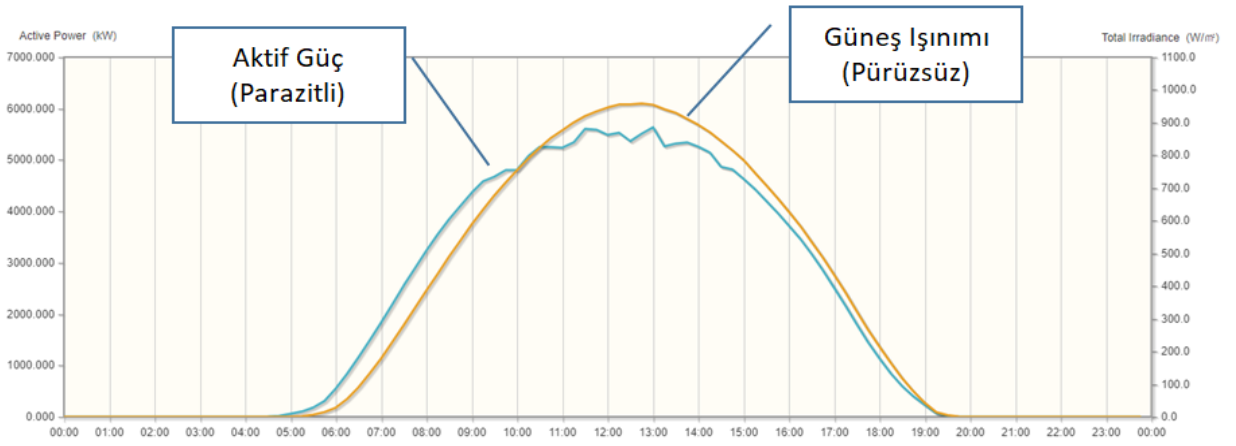


Şekil 92. Akım Harmonik Değeri, thdI

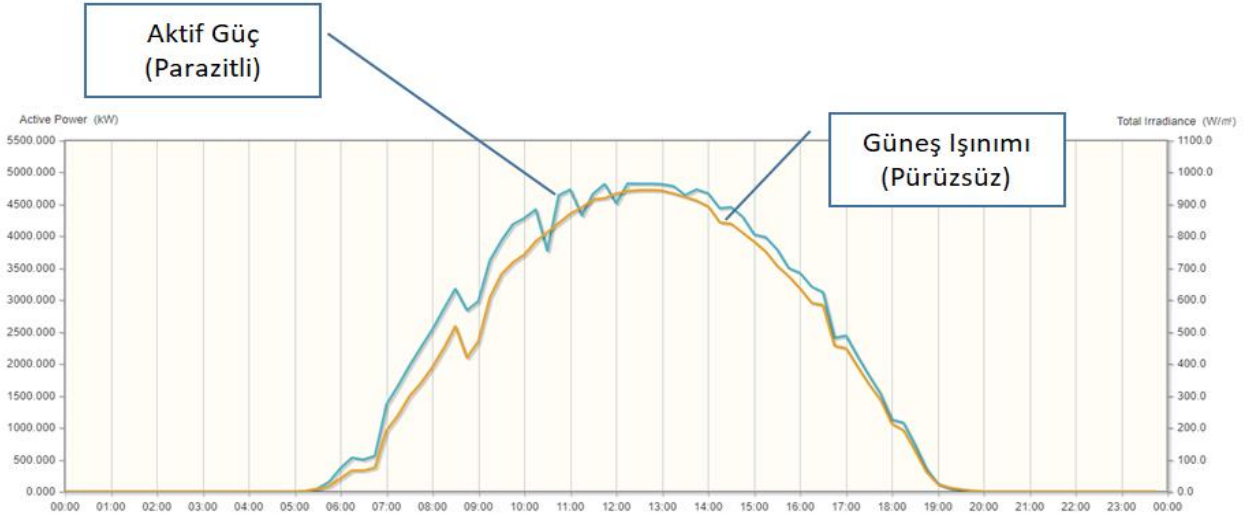
NetEco uzaktan izleme sisteminde tüm Güneş enerjisi santralinin aktif güç değişimi ve Güneş ışınımı karşılaştırıldığında, güneş ışınımında dalgalanma olmamasına rağmen aktif güçte dalgalanma görülmektedir. Şekil 10; 10.05.2021 tarihindeki aktif güç değişimini, Şekil 11; 12.05.2021 tarihindeki aktif güç değişimini, Şekil 12; 23.05.2021 tarihindeki aktif güç değişimini göstermektedir. Buradaki dalgalanmalar enerji kalitesinde meydana gelen sorunlardan ötürü kaynaklanmaktadır. Farklı tarihlerde güneş ışınımının iyi olduğu günlerde ölçümler yapılarak karşılaştırma yapılması sağlanmıştır. Güneş ışınımının özellikle iyi olduğu bulutlanmanın olmadığı, havanın açık olduğu durumlarda dahi aktif güç parazit oluşturur şekilde dalgalanma meydana getirmiştir. Bu durum enerji kalitesinden kaynaklanmakta olup özellikle 5. gerilim harmoniklerinden kaynaklanmıştır. Bu durumun nedeni; ölçümü yapılan güneş enerjisi santrallerinin bağlantı noktasında çok sayıda tekstil işletmesi bulunmaktadır. Bu işletmeler mevcut şebekeyi kirletmekte, kirlenen bu şebekeden güneş enerjisi santralleri de zarar görmektedir.



Şekil 10. 10.05.2021 tarihinde Aktif Güç Değişimi



Şekil 11. 12.05.2021 tarihinde Aktif Güç Değişimi



Şekil 12. 23.05.2021 tarihinde Aktif Güç Değişimi

NetEco uzaktan izleme sisteminde tüm Güneş enerjisi santralının aktif güç değişimi ve Güneş ışınımı karşılaştırıldığında, güneş ışınımında dalgalanma olmamasına rağmen aktif güçte dalgalanma görülmektedir. Buradaki dalgalanmalar direkt olarak enerji kalitesindeki sorundan kaynaklanmakta olup gerilim harmoniklerinin yüksek olmasından ötürüdür.

SONUÇ

Fotovoltaik tabanlı dağıtılmış enerji üretim sistemlerinin şebekeye bağlanması durumunda, güneş ışınımındaki değişimlerin şebekedeki harmonik kaynaklı etkilerinin göz önünde bulundurulması, güç sistemi planlaması ve güvenilirliği açısından büyük önem taşımaktadır.

NetEco uzaktan izleme sisteminde tüm güneş enerjisi santrallerinin aktif güç değişimi ve güneş ışınımı karşılaştırıldığında, güneş ışınımında dalgalanma olmamasına rağmen aktif güçte dalgalanma görülmektedir. Buradaki dalgalanmalar geçmiş tecrübelerimize göre enerji kalitesiyle ilgilidir. Şebekedeki 5. Gerilim harmonik değeri sınır değerindeyken, güneş enerjisi santrallerinin de devreye girmesi ile bu sınır değeri aşılmaktadır.

26.05.2021 Çarşamba günü NetEco ve HT PQA824 ile ölçülen aktif güçler örtüşmektedir. Uzun ölçüm sürecinde NetEco'da görülen dalgalanma bulunmamaktadır. 25.05.2021 Salı günü saat 12:47 ile 27.05.2021 Perşembe günü saat 14:59 zaman aralığında TESİS-4 monoblokta yapılan ölçümlerde, Gerilim harmoniği için THB % 6.081 ortalama ölçülmüştür. Gerilim harmoniği için en yüksek THB % 6.676, 5. Gerilim harmoniği için en yüksek 50.91 Volt, akım harmoniği için en yüksek THB % 306.9, faz faz arası en yüksek gerilim 849.9 Volt ölçülmüştür.

TESİS-4 için ölçülen gerilim, akım ve aktif güç değerlerinin değişimi verilmiştir. Gerilim değerlerinin ortalama 830 VAC değerlerinde olduğu görülmektedir. Akım değerleri ise güneş ışınımına bağlı olarak öğle vakitlerinde 650 A civarlarında olup gün batımına doğru düşmektedir. Aynı şekilde akıma bağlı olarak da güç değerleri de değişmiştir. Gerilim seviyesi yaklaşık aynı kalsa da akım değeri düştüğünden güç de düşmüştür.

25.05.2021 Salı günü TESİS-3 İntvertör 1 AC giriş klemenslerinden yapılan ölçümlerde, Gerilim harmonik değeri için THB güneş enerjisi devredeyken daha değişken davranmaktadır. Güneş enerjisi santrali devreye girdiğinde vektörel bozulma olmaktadır. TESİS-2 İntvertör 2 AC giriş klemenslerinden yapılan ölçümlerde, gerilim harmoniği için THB % 5.22 ortalama ve TESİS-3 İntvertör 1 AC giriş klemenslerinden yapılan ölçümlerde, gerilim harmoniği için THB % 5.597 ortalama ölçülmüştür. Sorun yaşayan TESİS-3 İntvertör 1 AC giriş klemenslerinde, gerilim harmoniği için THB değeri, sorun yaşanmayan TESİS-2 İntvertör 2'ye göre daha yüksektir.

25.05.2021 Salı günü İntvertör AC giriş klemenslerinden yapılan ölçümlerde, sorun yaşayan TESİS-3 İntvertör 1'de, Gerilim Harmoniği için THB değeri, sorun yaşanmayan TESİS-2 İntvertör 2'ye göre % 0.377 daha yüksektir. 25.05.2021 Salı günü TESİS-3 İntvertör 1 AC giriş klemenslerinden yapılan ölçümlerde, Gerilim Harmoniği için THB % 5.597 ortalama olarak ölçülmüştür. 25.05.2021 Salı günü TESİS-3 İntvertör 1 AC giriş klemenslerinden yapılan ölçümlerde, Güneş Enerjisi Santrali Devredeyken Gerilim Harmoniği için THB % 5.507 ortalama olarak ölçülmüştür. Güneş Enerjisi Santrali Devrede değilken Gerilim Harmoniği için THB % 5.605 ortalama ölçülmüştür. Gerilim Harmoniği için en yüksek THB % 5.65, 5. Gerilim Harmoniği için en yüksek 45.04 Volt, akım Harmoniği için en yüksek THB % 13.31, faz faz arası en yüksek gerilim 856.8 Volt ölçülmüştür. 25.05.2021 Salı günü TESİS-2 İntvertör 2 AC giriş klemenslerinden yapılan ölçümlerde, Gerilim Harmoniği için THB güneş enerjisi devredeyken daha değişken davranmaktadır. Güneş enerjisi santrali devreye girdiğinde vektörel bozulma olmaktadır. Gerilim Harmoniği için THB % 5.22, güneş enerjisi santrali devredeyken gerilim harmoniği için THB % 5.231 ortalama ölçülmüştür. Güneş Enerjisi Santrali Devre değilken Gerilim Harmoniği için THB % 5.225 ortalama ölçülmüştür. Gerilim Harmoniği için en yüksek THB % 5.484, 5. Gerilim Harmoniği için en yüksek 42.79 volt, akım Harmoniği için en yüksek THB % 15.96, faz faz arası en yüksek gerilim 851 Volt ölçülmüştür.

Yapılan ölçümlerde, Gerilim Harmoniği için THB güneş enerjisi devredeyken daha değişken davranmaktadır. Güneş enerjisi santrali devreye girdiğinde vektörel bozulma olmaktadır. Fotovoltaik Güneş santralleri % 3 değerinin altında harmonik üretirler. Yapılan ölçümlerde, Toplam Harmonik Bozulma (THB)'nin yüksek olduğu görülmüştür. Gerilim Harmoniği güvenli değer olan % 5'in üzerinde ölçülmüştür. Gerilim Harmoniği için THB % 5.91 olarak ölçülmüştür. Güneş Enerjisi Santrali Devredeyken Gerilim değeri daha yüksek ve daha çok sapmalıdır.

NetEco uzaktan izleme sistemi, 01.03.2021 tarihinden itibaren incelendiğinde invertörlerde 1800 adetten fazla "Abnormal Residual Current" hatası verildiği gözlemlenmiştir. Özellikle bu hataların yaklaşık yarısı TESİS-3 adlı güneş enerjisi santralinde meydana geldiği gözlemlenmiştir. Farklı bir güneş enerjisi santralinde çok az görülen bu hata, diğer santrallerde yaklaşık olarak her santralde 300 kere gözlemlenmiştir.

NetEco ve HT PQA824 ile yapılan ölçümlerde enerji kalitesinden dolayı güneş enerjisi santralinin üretiminin düştüğü tespit edilmiştir. Sorunların çok yaşandığı söylenen invertörlerde harmonik bozulmanın daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

HT PQA824 ile yapılan ölçümlerde gerilim harmoniğinin kritik sınırdaki olduğu tespit edilmiştir. Gerilim Harmoniği için THB % 5 değerinin üzerindedir. 5. gerilim harmoniğinin kritik sınırdaki olduğu tespit edilmiştir. Özellikle 5. gerilim harmoniği % 5 - % 6 değerleri arasındadır.

Güneş ışınımının özellikle iyi olduğu bulutlanmanın olmadığı, havanın açık olduğu durumlarda dahi aktif güç parazit oluşturur şekilde dalgalanma meydana getirmiştir. Bu durum enerji kalitesinden kaynaklanmakta olup özellikle 5. gerilim harmoniklerinden kaynaklanmıştır. Bu durumun nedeni; ölçümü yapılan güneş enerjisi santrallerinin bağlantı noktasında çok sayıda tekstil işletmesi bulunmaktadır. Bu işletmeler mevcut şebekeyi kirletmekte, kirlenen bu şebekeden güneş enerjisi santralleri de zarar görmektedir. Aynı bağlantı noktasında çok sayıda tekstil işletmesi bulunmaktadır. Bu güneş enerjisi santrallerinde üretilen enerji tüketilmeden direkt olarak şebekeye verilmektedir. 5. gerilim harmoniğinin yüksek olmasının ana nedeni budur.

Fotovoltaik Güneş santralleri % 3 altında harmonik üretirler. Yakın civarda bulunan diğer fotovoltaik güneş enerjisi santralleri de şebekede harmonik artışına neden olabilmektedir. Yapılan ölçümler sırasında invertörü kapatacak kadar yüksek harmonik değerleri ölçülmemiştir. Ancak, invertörlerin çokça "abnormal residual current" hatası vermesi izolasyon empedansı ile ilgili sorun olduğunu açık bir şekilde göstermektedir. İzolasyon empedansının çok düşmesi artık akım hatasını meydana getirmektedir. Bundan ötürü üretim kaybı da yaşanmaktadır. Harmonik filtre yapılması ve özellikle 5. gerilim harmoniğinin düşürülmesi sistem için faydalı olacaktır. Ayrıca toprak izolasyon empedansı da takip edilmelidir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Doç. Dr. Furkan DİNÇER danışmanlığında, Fatih KARADAĞ'ın Yüksek Lisans Tez çalışmasından üretilmiştir.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

KAYNAKLAR

Akkurt F, Taşdemir B, 2021. Muhtelif Altyapı Ürünleri Üreten Bir Döküm Fabrikasının Enerji Etüdü. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(1): 512 – 525.

- Dikili K, Kopaç M, Erdoğan B, Topuz A, 2021. Doğalgaz Yakıtlı Kombine Çevrim Santralinde Enerji ve Ekserji Analizi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(3): 2268 – 2277.
- Elektrik Şebeke Yönetmeliği, 2021. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-6730/elektrik--sebeke-> (Erişim Tarihi: 11.02.2022).
- Elektrik Piyasası Bağlantı ve Sistem Kullanım Yönetmeliği, 2022. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/23-2-3/mevzuat> (Erişim Tarihi: 11.02.2022).
- Kürker F, Taştın R, Karadağ K, 2018. Elektrik Tesisinde Harmonik İncelemesi ve Harmonik Filtreli Kompanzasyon. Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 3 (3): 43-51.
- Kahraman G, 2019. Türkiye’de Kentleşmenin Enerji Tüketimi ve Karbon Salınımı Üzerine Etkisi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(3): 1559 – 1566.
- Maraşlıoğlu B, 2018. Open-End İplik Tesislerinde Enerji Kalitesinin İncelenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi: 1-73.
- Orucu E, 2020. Endüstriyel Tesislerde Aktif Harmonik Filtre Uygulaması İle Elektrik Güç Kalitesinin Düzenlenmesi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi: 1-81.
- Rüstemli S, Ates M, 2012. Measurement and Simulation of Power Factor using PIC16F877. Przegląd Elektrotechniczny (Electrical Review), 88(6): 290-294.
- Rüstemli S, Cengiz MS, Dinçer F, 2013a. Elektrik Tesislerinde Harmoniklerin Aktif Filtre Kullanılarak Yok Edilmesi ve Simülasyonu. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2(1): 30–38.
- Rüstemli S, Dinçer F, Unal E, Karaaslan M, Sabah C, 2013b. The analysis on sun tracking and cooling systems for photovoltaic panels. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 22: 598-603.
- Teiaş, 2022. Kurulu Güç Raporu-Ocak 2022, <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/kurulu-guc-raporlari>, (Erişim Tarihi: 02.03.2022).
- Ünlüsoy, B., 2019. Enerji Kalitesi, TS EN50160 Standardı ve Ülkemizdeki Uygulamaları”, Schneider Elektrik San. ve Tic. A.Ş., İstanbul.