

Kahramanmaraş Sutcu Imam University Journal of Engineering Sciences



Tekstil Makinelerinin Harmonik ve Güç Kalitesine Etkilerinin İncelenmesi

Investigation Effects of Textile Machinery on the Harmonics and Power Quality

Zeynel BAŞ¹, Ahmet Serdar YILMAZ^{1*}, Serhat ZIBA¹

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Kahramanmaraş, Türkiye

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Ahmet Serdar YILMAZ, asyilmaz@ksu.edu.tr

ÖZET

Son yıllarda enerji kalitesinin önemi artmaktadır. Bu çalışmada, bu faktöre olumsuz etkileri olan harmonikler ele alınmıştır. Harmoniklerin genel tanımlamaları yapılarak bunların enerji sistemi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu amaçla bir tekstil fabrikasında tüketilen enerji kalitesi ve harmonik ölçümü incelenmiştir. Kullanılan dokuma tezgâhı motorları ve invertörler dağıtım şebekesini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu etkiler güç kalitesini ve sistemin verimi düşürmektedir. Bu çalışma ile belirlenen tekstil fabrikasında çeşitli güç kalitesi parametreleri için gerekli ölçümler yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda kompanzasyon sisteminin harmonik oluşumunu etkilediği ve akım-gerilim dalga şeklinde bozukluklar meydana getirdiği gözlenmiştir. Şebekede oluşan bu harmoniklerin etkisinin azaltılması için harmonikli kompanzasyon sisteminin meydana gelen güç kalitesi sorunlarını çözeceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Güç kalitesi, Harmonik Ölçümü, Toplam Harmonik Bozulum (THB), Kompanzasyon

ABSTRACT

In recent years, the importance of power quality has been increasing. In this study, the harmonics with negative effects on these factor are considered. The effect on energy system are analyzed by making general definitions of harmonics. For this purpose, harmonic measurement and energy quality consumed in the textile factory are analyzed. Used weaving loom motors and inverters negatively affect the distribution network. These effects decrease the power quality and efficiency of system. With this study required measurements were made for power quality parameters. As a result of committed analysis, compensation system affects harmonic formation and causes current-voltage waveforms irregularity. To reduce the effects of these harmonics, it is considered that harmonic compensation system will be solved the power quality problems.

Keywords: Power Quality, Harmonic Measurement, Total Harmonic Distortion (THD), Compensation

1. GİRİŞ

Elektrik enerjisini üreten, ileten ve dağıtan kuruluşlar tüketiciye kesintisiz, ekonomik ve kaliteli bir hizmeti sunmayı amaçlamaktadır. Güç sistemlerine bağlanan bazı doğrusal olmayan elemanlar ve bunların yol açtığı olaylar nedeniyle istenilen tam sinüsoidal dalga şeklinden sapmalar olabilmektedir ve bu da tüketiciye temiz enerji sunmayı zorlaştırmaktadır. Tam sinüsoidal dalga şeklinden sapma, genellikle harmonik adı verilen bileşenlerin ortaya çıkması ile ifade edilmektedir. Bu bileşenlerin ortaya çıkmasındaki başlıca etkenlerin başında manyetik ve elektrik devrelerindeki dengesizlik gelmektedir. Doğrusal olmayan yüklerin oluşturduğu harmonik akım bileşenleri sistemde harmonik gerilimlerinin oluşmasına sebep olurlar (Ö.F. Keçecioğlu ve ark., 2013). Harmonik bileşenlerin bu olumsuzluklarının incelenmesi ve giderilmesi bakımından harmonikli sistemlerde detaylı analizlerin gerçekleştirilmesi ve sisteme uygun filtrelerin tasarlanması gerekmektedir.

Harmonik bileşenler sisteme bağlanan lineer olmayan elemanlar sonucunda ortaya çıkmaktadır. Sistemi besleyen gerilim kaynağı tam sinüsoidal olsa bile harmonik akım çeken lineer olmayan elemanlardan dolayı sistemde harmonik gerilimlere sebep olurlar. Sisteme bağlı olan kondansatörler de harmonikli gerilimle beslenmek zorunda kalmaktadır. Harmonik akımları kondansatörlerde delinmeye (patlamaya), kapasite azalmasına ve kondansatör ömrünün kısılmasına sebep olmaktadır. Harmonik bileşenler transformatörlerde güç kayıplarının artmasına ve buna bağlı olarak ısınmaya sebep olmaktadır. Alternatif akım motorları da harmoniklerin sebep olduğu gerilim bozulmalarından etkilenmektedirler. Gerilimdeki harmonikler girdap ve

çekirdek kayıplarını arttırdığı gibi, rotor hızında salımlara ve milin üzerindeki torkun değişmesine yol açmaktadır (E. Akpınar, 2007).

Literatürde, tekstil makinalarının enerji kalitesini olumsuz yönde etkilediği ve kalitesiz enerjinin oluşturabileceği zararlar belirtmiştir (F. Koçyiğit ve ark., 2009). Bu çalışmada Kahramanmaraş'ta 30.01.2017 tarihinde bir tekstil fabrikasındaki üç trafoda ölçümler yapılmış ve ölçüm kayıtları alınmıştır. Kayıtlar sonucunda akım ve gerilim dalga şekillerinde bozulmalar gözlemlenmiştir. Harmoniklerin bozulmaları başlığı altında yapılan ölçümlerdeki harmonik değerleri ile ilgili teknik bilgiler verilmiştir. Kaydedilen bazı değerler grafiksel olarak sunulmuştur. Verilen grafiklerin yorumlamaları aynı bölümde verilmiştir. Sonuç ve tartışma kısmında ise tüm ölçümlere ait genel bir çıkarım ve öneri yapılmıştır.

2. TEKSTİL MAKİNELERİ VE HARMONİK BOZULMALARI

2.1. Tekstil Makineleri

Tekstil sektöründe fabrikanın ihtiyacına uygun farklı tekstil makineleri bulunmaktadır. Ölçüm alınan fabrikada çözü, haşıl ve ham bez üretimi yapan makineler bulunmaktadır. İpliklerinin dokunacak kumaşın özelliklere göre (çözgü tel sayısı, çözgü renk raporu, çözgü uzunluğu) birbirine paralel ve aynı gerginlikte uygun bir şekilde dokuma levendi üzerinde sarılması işlemine çözgü hazırlama denir. Bu işlem müşteri istekleri doğrultusunda, dokuma planlama dairesinden gelen iş emrine göre ipliklerinin levent üzerine aktarılmasıdır. Levent denilen büyük makaralar her dokuma makinesi üreticisi tarafından ayrı olarak tasarlanmış metal aksamli parçalardır. Çözgü ipliklerini, istenilen özelliklere göre, levent denilen büyük makaralara aktarılması işleminde kullanılan dokuma hazırlık makinelerine çözgü makineleri denir.

Çözgü ipliklerine dokumadaki darbeleri ve gerilimli çalışmaya dayanabilecek şekilde mukavemet kazandırmak, dokumadaki çalışma sırasındaki yan yana hareket eden ipliklerin birbirlerine dolaşmalarını için dokumada çalışma kolaylığını sağlama açısından düzgün bir çözgü iplik gövdesi elde etmeye haşılama, bu özellikleri sağlayan sıvıya haşıl denir. Haşılama işlemi çözgü hazırlama işleminden sonra, haşıl makinelerinde yapılır. Seri çözgü makinelerinde hazırlanmış leventler haşıl makinelerinde aynı anda haşıl ve birleştirme işlemine maruz kalır. Haşılama işlemi aynı zamanda ipliklerin kimyasal özelliklerinin korunmasına yardımcı olur. İpliklerin üzerindeki elyaf uçlarının iplik üzerinde kalmasına sebep olarak lif döküntülerini de azaltmaktadır.

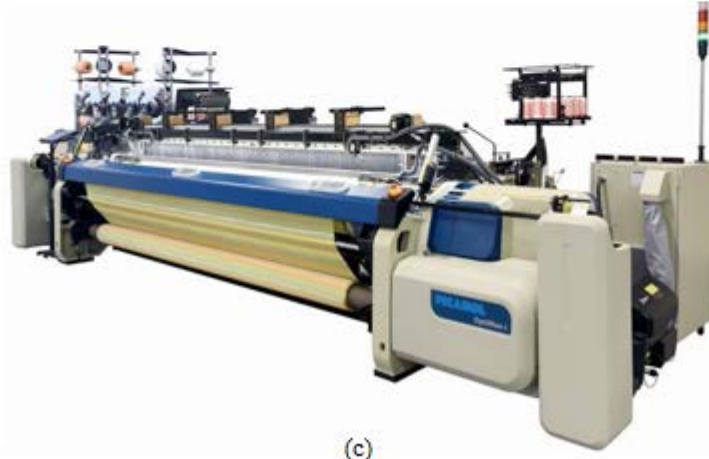
Kumaş üretimi yapan fabrikadan çıkmış, işlenmemiş kumaşlara ham bez adı verilmektedir. Ham bezin kumaş haline gelebilmesi için çeşitli işlemlerden geçmesi gerekmektedir. Ölçüm yapılan tekstil fabrikasında ham bez üretimi yapılmaktadır. Tesiste, 36 adet 6200 Sulzer, 98 adet C marka olmak üzere toplam 324 adet dokuma tezgâhı bulunmaktadır. Bunlardan 6200 Sulzer, 7,5 kW/h yük ve 450 dev/dk' ya sahiptir. İtema ve Picanol ise 5,5 kW/h yük ve 600 dev/dk'ya sahiptir. Şekil 1'de çözgü makinesi, haşıl makinesi ve Picanol marka dokuma tezgâhı gösterilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 1. Çözü makinesi (a), haşıl makinesi (b), Picanol dokuma tezgâhı (c)

2.2. Harmonik Bozulmaları

Sinüzoidal olmayan büyüklüklerin güç sistemi üzerindeki olumsuz etkilerinin giderilmesi ve güç kalitesinin artırılması bakımından harmoniklerin analizi ve harmonik büyüklüklerin seviyesinin belirlenmesi gerekmektedir. Harmonikli akım ve gerilim tepe değerlerinin kullanılmasıyla sistemin görünen gücü,

$$\bar{S} = \bar{V} \cdot \bar{I}^* \quad (1)$$

ile ifade edilmektedir. Görünen gücün yaygın kullanımı ise,

$$S^2 = P^2 + Q^2 + D^2 \quad (2)$$

eşitliği ile verilmektedir. Burada P ve Q sırasıyla aktif ve reaktif gücü belirtmektedir. D, distorsiyon gücü olup,

$$D = (S^2 - P^2 - Q^2)^{1/2} \quad (3)$$

bağıntısı ile ifade edilir. Distorsiyon gücü aktif olmayan bir güç olup sinüzoidal işaretli lineer devrelerde sıfır kabul edilmektedir (C. Kocatepe ve ark., 2003). AC güç sisteminden çekilen akımın yük tarafındaki verimliliğini ölçmek güç faktörü olarak adlandırılır. Sinüzoidal ve sinüzoidal olmayan durumlarla ayırt etmeksizin toplam güç faktörü (PF),

$$PF = \frac{P}{S} \quad (4)$$

olarak tanımlanır ve burada P, aktif gücü belirtmektedir. Temel frekans bileşeni ve diğer harmonik bileşenlere ait güçlerin toplanmasıyla elde edilir. Sistemi olumsuz etkileyen harmonik büyüklüklerin sınırlanmasını amaçlayan standartlarda çok yaygın olarak kullanılan toplam harmonik bozulma (THD), akım ve gerilim için ayrı ayrı tanımlanmaktadır.

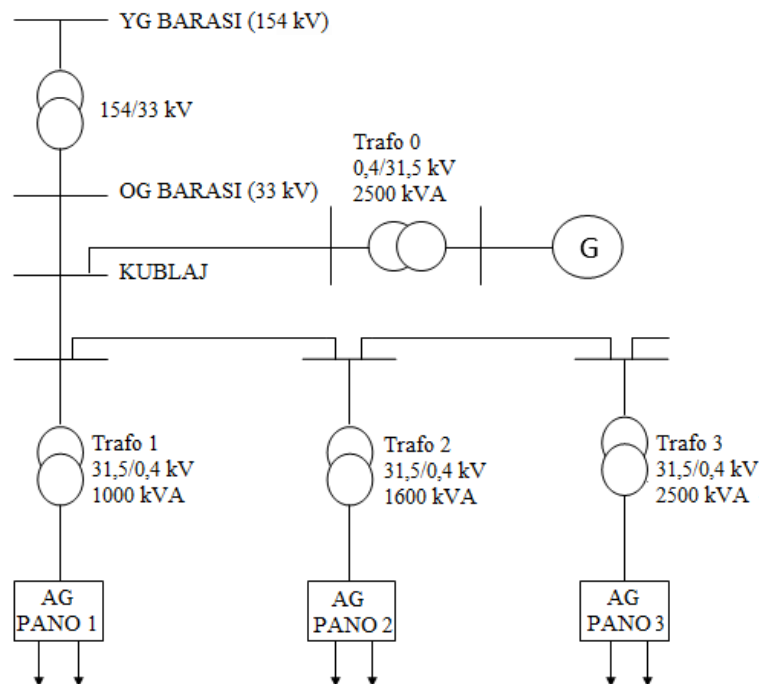
$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}}{V_1} \quad (5)$$

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \quad (6)$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Burada V_n , devreye uygulanan gerilimin n'inci mertebedeki harmoniğinin etkin değeri, I_n , devreden akan akımın n'inci mertebedeki harmoniğinin etkin değeri, V_1 , devreye uygulanan gerilimin temel frekanstaki etkin değeri, I_1 , devreden akan akımın temel frekanstaki etkin değeridir. Eşitliklerden de görüldüğü üzere toplam harmonik bozulum, karmonik bileşenlerin etkin değerlerinin temel bileşen etkin değerine oranıdır ve genellikle yüzde olarak ifade edilmektedir. (C. Kocatepe ve ark., 2003)

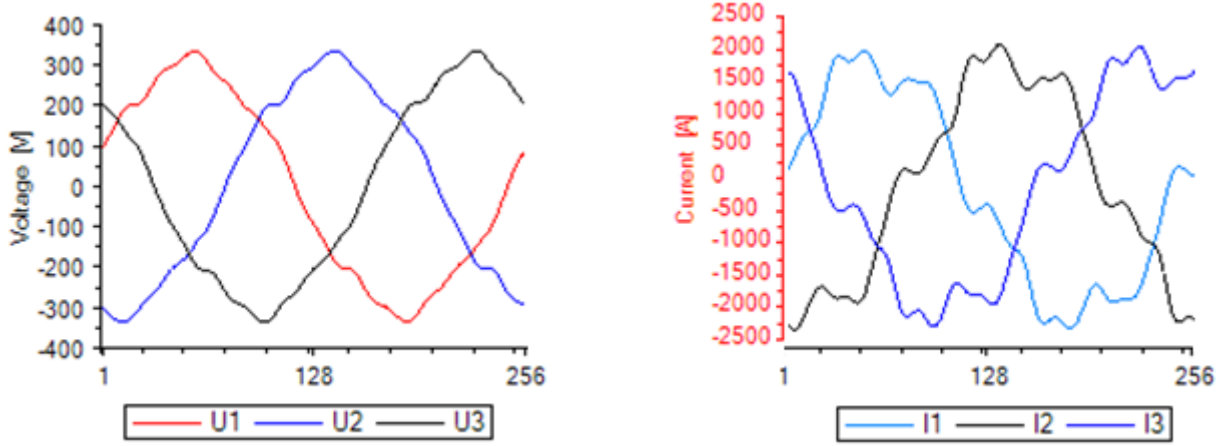
3. BULGULAR

Ölçüm yapılan tesis, kojenerasyon sistemiyle kendi elektriğini üretmektedir. Aynı zamanda ürettiği elektriğin fazlasını mevcut şebekeye satmaktadır. Kojenerasyon sistemiyle mevcut ulusal şebeke arasında fabrikanın anlık enerji ihtiyacına göre alım-satım yapılmaktadır. Ölçüm alınan tekstil fabrikası 3111 kW kurulu güce sahiptir. Birinci trafo 570 kW, ikinci trafo 1205 kW, üçüncü trafo 1336 kW kurulu güce sahiptir. Birinci trafo, 1000 kVA görünür güce ve 31,5/0,4 kV dönüştürme oranına sahiptir. İkinci trafo, 1600 kVA görünür güce ve 31,5/0,4 kV dönüştürme oranına sahiptir. Üçüncü trafo ise 2500 kVA görünür güce ve 31,5/0,4 kV dönüştürme oranına sahiptir. Fabrikada reaktif güçleri bastırmak amacıyla kompanzasyon sistemi bulunmaktadır. Bu sistemde bağlı olan kondansatörler fabrikanın o andaki ihtiyacına göre devreye girip çıkarak aşırı reaktif gücü bastırmaktadır. Böylece %15 reaktif ceza oranının altında kalarak fabrikanın cezaya girmesini önlemektedir. Şekil 2'de ölçüm yapılan tesise ait elektriksel tek hat şeması verilmiştir.

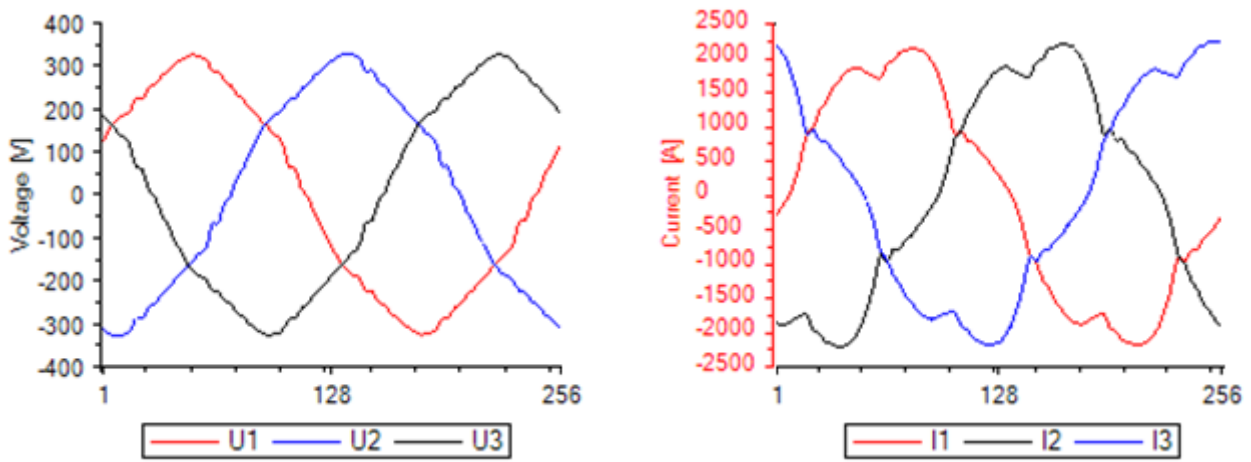


Şekil 2. Tesisin elektriksel tek hat şeması

Ölçümler sırasında aynı anda 251 ölçüme kadar kayıt yapabilen HT ITALIA PQ824 güç analizörü kullanılmıştır. Bu çalışmada akım analizi, gerilim analizi, dalga şekli analizi, harmonik analizi, akım ve gerilim dalgalanmalarının kayıtları, aktif ve reaktif enerji kayıtları, güç faktörü (PF) ve $\cos \phi$ kayıtları kullanılmıştır.

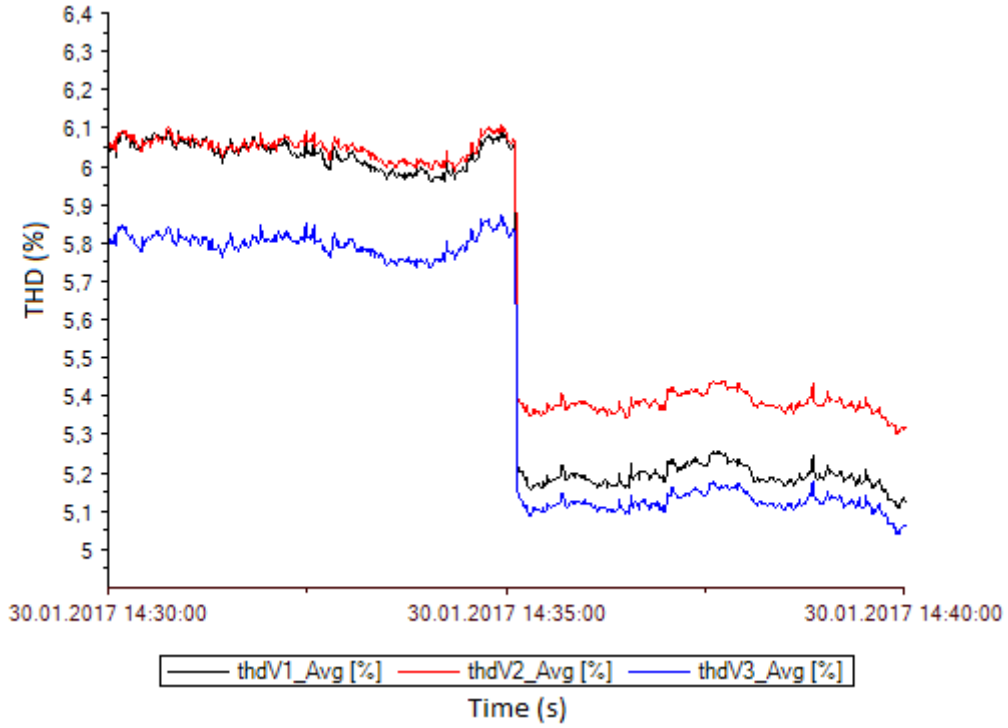


Şekil 3. Kompanzasyon devrede iken anlık akım ve gerilim dalga şekilleri

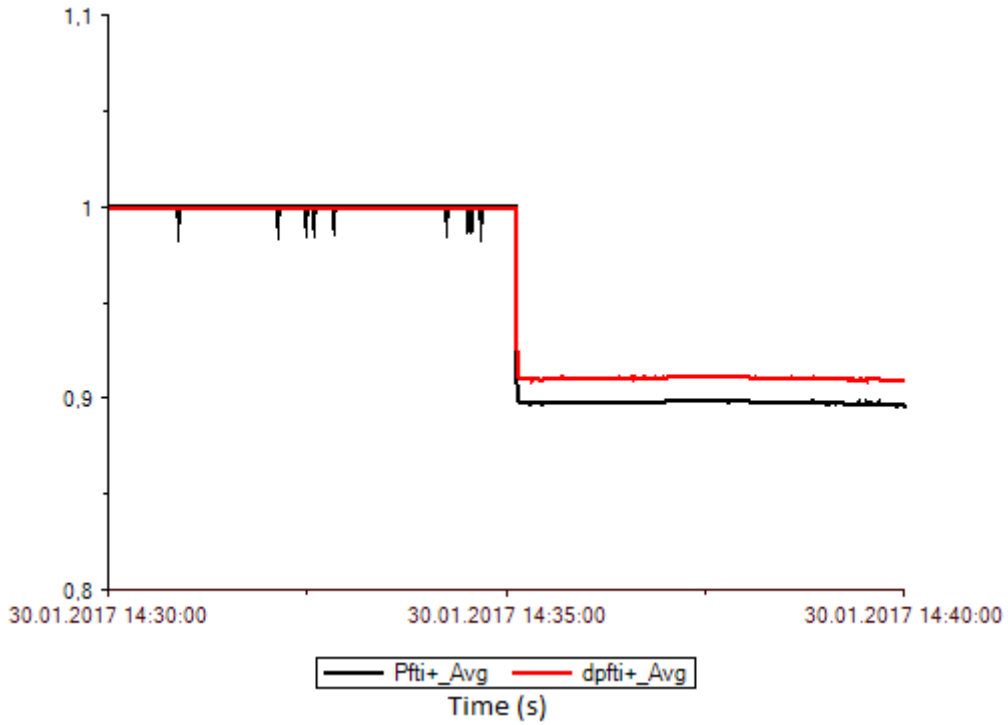


Şekil 4. Kompanzasyon devreden çıkarıldığında anlık akım ve gerilim dalga şekilleri

Gerilim ve akım dalga şekillerindeki bozulmalar, tekstil fabrikasında çok sayıda motor içeren ve tüm gün boyunca benzer yüklerin devrede olduğu bir tüketici olduğunu göstermektedir. Şekil 3 ve 4'den görüleceği üzere kompanzasyon devrede iken alınan anlık akım ve gerilim dalga şekilleri, kompanzasyon devreden çıkarıldığında alınan şekillere göre daha bozuktur. Bunun nedeni kompanzasyon sistemindeki kondansatörlerin sistemin harmonik bozulmasını artırmasıdır. Şekil 5'te üç faz gerilim için ölçülen harmonik bozunum değerleri gösterilmiştir. Kompanzasyon devrede iken % 6 civarında olan toplam harmonik bozulma (THD), kompanzasyon devreden çıkarıldığında % 5,3 seviyelerine kadar düşmektedir.



Şekil 5. Kompanzasyon devrede ve devre dışı iken gerilim harmoniğindeki toplam harmonik bozulum (%)

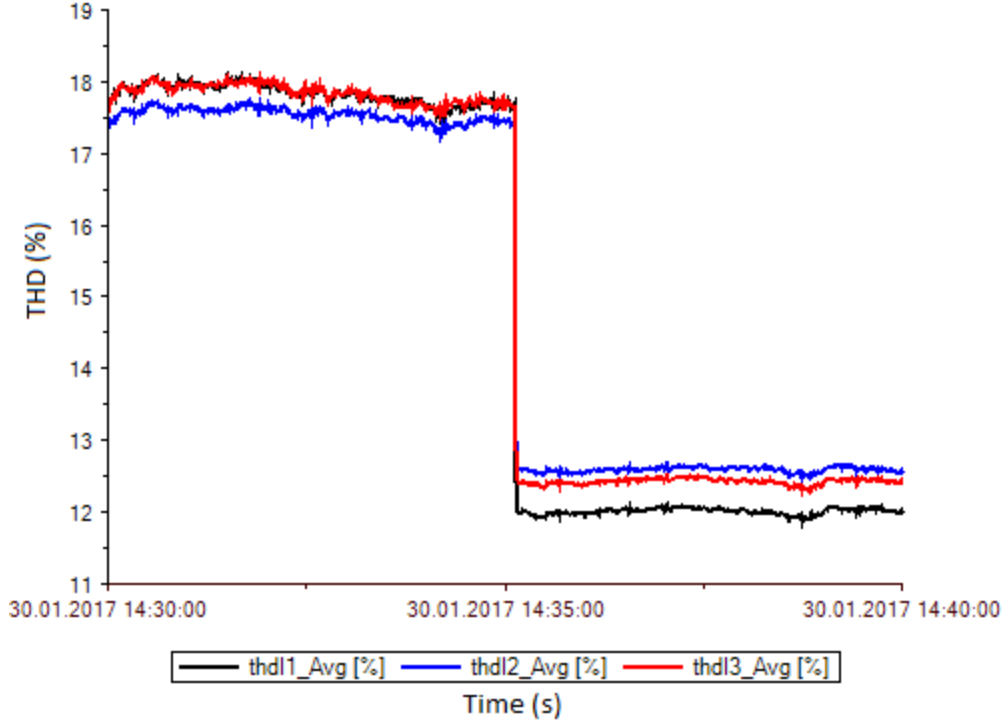


Şekil 6. Kompanzasyon devrede ve devre dışı iken güç faktörü (Pfti) ve $\cos \phi$ (dpfti) değerleri

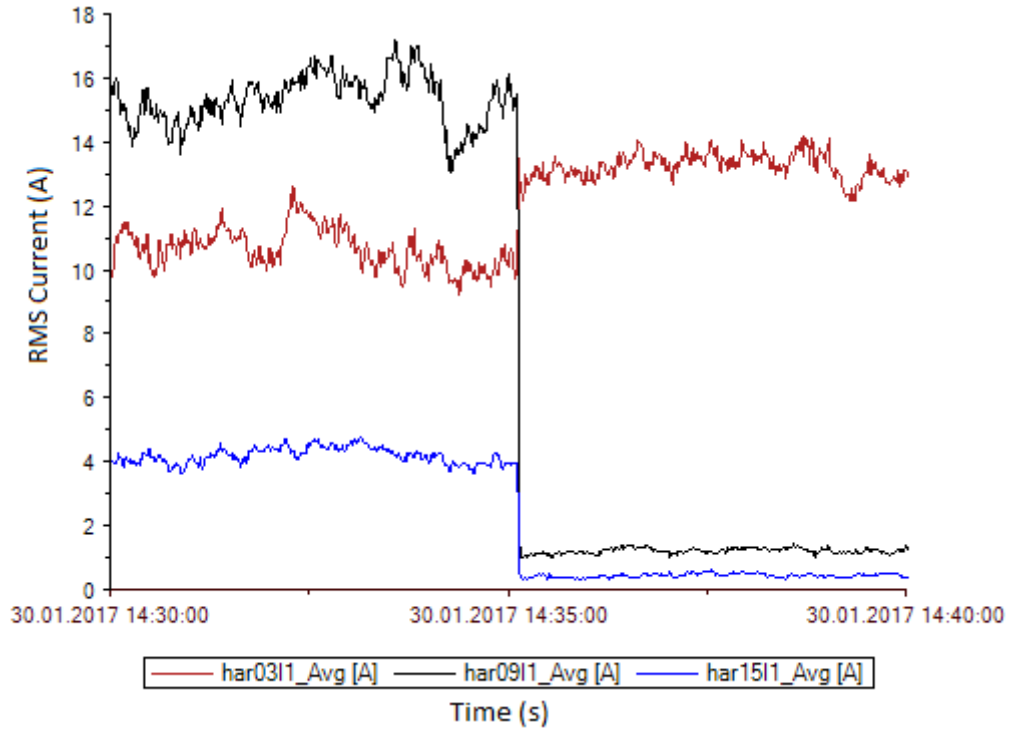
Şekil 6'dan görüleceği üzere sistemin güç faktörü ve $\cos \phi$ değeri kompanzasyon devrede iken 1 civarındadır. Ancak kompanzasyon devreden çıkarıldığında güç faktörü 0,89 civarına, $\cos \phi$ değeri ise 0,91 civarına düşmektedir. Bunun nedeni,

$$PF = \frac{\cos \phi}{1 + THD_1^2} \quad (7)$$

güç faktörü ile $\cos \phi$ arasındaki eşitliğin bulunmasıdır.

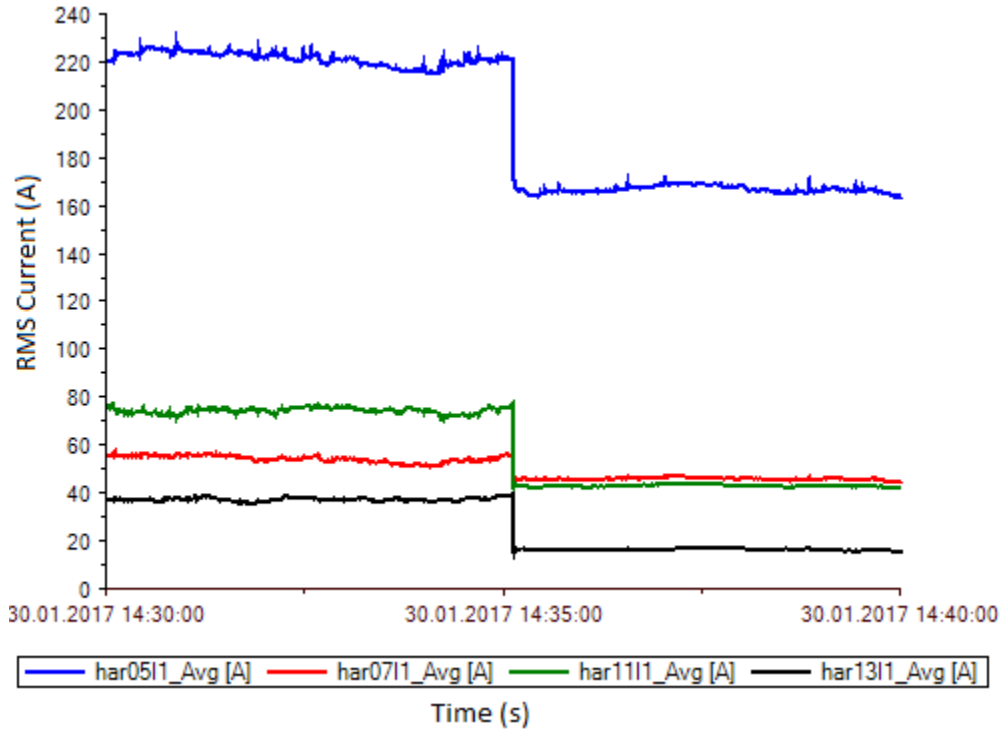


Şekil 7. Kompanzasyon devrede ve devre dışı iken akım harmoniğindeki toplam harmonik bozulum (%)



Şekil 8. Kompanzasyon devrede ve devre dışı iken 3, 9 ve 15. harmonik değerleri (A)

Şekil 7'de üç faz akım için ölçülen harmonik bozulum değerleri gösterilmiştir. Kompanzasyon devrede iken % 18 civarında olan toplam harmonik bozulum (THD), kompanzasyon devreden çıkarıldığında % 12,5 seviyelerine kadar düşmektedir. 3, 9 ve 15. harmoniklerin büyüklüklerine ait grafik şekil 8'de gösterilmiştir. Kompanzasyon devrede iken 15 A civarında olan 9. harmonik değeri, kompanzasyon devreden çıkarıldığında 1 A seviyelerine düşmektedir. Aynı şekilde 15. harmonik değeri 4 A seviyesinden 0,5 A seviyelerine düşmektedir. Ancak 3. harmonik değeri 11 A seviyelerinden 13 A seviyelerine çıkmaktadır.



Şekil 9. Kompanzasyon devrede ve devre dışı iken 1. faza ait 5, 7, 11 ve 13. harmonik değerleri (A)



Şekil 10. Ölçüm alınan fabrikaya ait transformatöre akım ve gerilim problemlerinin bağlanması

Şekil 9'da görüldüğü gibi kompanzasyon devrede iken 220 A olan 5. harmonik büyüklüğü kompanzasyon devreden çıktığında 170 A'e kadar düşmektedir. Aynı şekilde 7. harmonik 58 A'den 45 A seviyesine, 11. harmonik 78 A'den 44 A seviyesine, 13. harmonik değeri ise 40 A'den 18 A seviyesine düşmektedir. Elde edilen sonuçlara göre sistemde 5, 7 ve 11. harmoniklerin baskın olduğu görülmektedir. Ölçüm alınan trafonun bağlantısı şekil 10'da gösterilmiştir.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yapılan bu çalışmada dokuma tezgâh motorlarının çoğunlukta olduğu bir tekstil fabrikasının çeşitli güç kalitesi parametreleri açısından değerlendirebilmek için ölçümler yapılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde akım dalga şeklinin şekil 6 ve 7’de verilen grafiklere bakıldığında 5, 7 ve 11. harmoniklerin baskın olduğu gözlenmiştir. Akım ve gerilim için toplam harmonik bozulum değerleri incelendiğinde akım ve gerilim için bozunum değerinin yönetmeliklerde belirtilen sınırlara uygun olmadığı görülmüştür. Yüksek harmonik değerleri zamanla kondansatörlerin tahribatına, elektronik kart arızalarına, gereksiz şalter açmalarına, dokuma tezgâhı motorlarının arızalarına neden olacaktır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde mevcut durum için 5, 7 ve 11. akım harmonikleri için pasif filtre uygulamasının ya da harmonikli kompanzasyon sisteminin sonuç getireceği düşünülmektedir.

5. KAYNAKLAR

Akpınar, E. (2007). Kompanzasyon ve Harmonik Filtreleme – 2, *EMO İzmir Şubesi*, 21-23.

HTITALIA PQA824 Kullanma Kılavuzu

<http://www.derstekstil.name.tr/dokuma-hazirlik/konik-cozgu-makinesi.html> (08.02.2017)

<http://www.derstekstil.name.tr/dokuma-hazirlik/hasil-makinesi.html> (08.02.2017)

Keçecioğlu, O.F., Tekin, M., Özalp, A., Sekkeli, M., Yılmaz, A.S. (2013). Medikal Yoğunluklu Dağıtım Şebekelerinde Güç Kalitesi İncelemesi, *Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu*, 98-102.

Kocatepe, C., Uzunoğlu, M., Yumurtacı, R., Karakaş, A., Arıkan, O. (2003). Elektrik Tesislerinde Harmonikler, *Birsen Yayınevi*, İstanbul.

<http://www.kontrolkalemi.com> (05.02.2017)

Koçyiğit F., Yanıkoğlu, E., Yılmaz, A.S, Bayrak M. (2009). Effects of Power Quality on Manufacturing costs in Textile Industry, *Scientific Research and Essays*, Vol.4(10), 1085-1099.

Koçyiğit F., Yanıkoğlu, E., Yılmaz, A.S, Bayrak M. (2008). Bir Tekstil Endüstrisinde Enerji Kalitesi Ölçümleri ve Enerji Kalitesizliğinin Tesise Maliyeti, *Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu*.