

# Bir Tekstil Endüstrisinde Enerji Kalitesi Ölçümleri ve Enerji Kalitesizliğinin Tesise Maliyeti

## Power Quality Measurements in a Textile Industry and Power Quality Cost to the Industry

Feridun KOÇYİĞİT<sup>1</sup>, Ertan YANIKOĞLU<sup>2</sup>, A. Serdar YILMAZ<sup>3</sup>, Mehmet BAYRAK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fen Bilimleri Enstitüsü  
Sakarya Üniversitesi  
feridunkocyyigit@ttmail.com

<sup>2</sup>Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü  
Sakarya Üniversitesi  
yanik@sakarya.edu.tr, bayrak@sakarya.edu.tr,

<sup>3</sup>Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü  
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi  
asyilmaz@ksu.edu.tr

### Özet

Endüstriyel tesislerde modern yükler ve kontrol cihazları yaygınlaşmaya başladığından, elektrik güç sistemlerinde enerji kalitesi sorunu önemli bir konu haline gelmiştir. Kendi elektrik enerjisi üretim birimi olmayıp enerjisini şebekeden alan bazı endüstriyel tesisler enerji kesintilerinde veya enerji kalitesizliğinde önemli miktarda maddi kayba uğramaktadır. Bu çalışmada bir tekstil endüstrisinde enerji kalitesizliğinden dolayı oluşan ekonomik kayıpları araştırılmıştır. Bu amaçla tesiste altı ay süreyle enerji kalitesi ölçümleri sürekli olarak kaydedilmiştir. Aynı zamanda, tesisteki bütün birimlerde oluşan zararlar, üretim kayıpları ve hatalı üretimler de kayıt altına alınmıştır. Enerji kalitesizliğinin olduğu zamanlar ile endüstrideki üretim ve diğer kayıplar karşılaştırılmıştır. Enerji kalitesizliğinin (özellikle kısa süreli gerilim düşmelerinin) tekstil endüstrisinde büyük maddi zararlara yol açtığı tespit edilmiştir.

### Abstract

Power quality has become a major concern in today's power systems, because of use of many sensitive loads and control equipment in industries has grown up. Some customers which has not local generation unit connected to the power system experience significant economic losses when power is interrupted or when power quality problem occurs. This paper summarizes results of a comprehensive study of the economic value of power quality in a textile industry. For this purpose power quality measurements have been saved in the industry for the period of six months. This measurements are compared with production losses, maloperation, and other losses. Poor power quality (especially voltage sags) causes significant economic losses in textile industries.

### 1. Giriş

Yeni dünya ekonomik düzeninde, günümüz ifadesiyle küresel ekonomide işletmelerin var oluş şartları oldukça ağırlaşmıştır. Uzak Doğunun hızlı bir büyüme ile birlikte üretim merkezi haline dönüşmesi sanayi işletmelerinin kar oranlarını oldukça aşağıya çekmiştir. İki haneli hatta üç haneli sayılarla ifade edilen kar yüzdeleri, oluşan arz fazlası ve yoğun rekabet ile tek haneli rakamlara inmiştir. Gerek pazardaki daralma gerek ise karlılıktaki bu düşüşler sanayi işletmelerini maliyetlerini çok iyi yönetmek zorunda bırakmıştır.

Firmalar maliyetlerini yönetmek için nitelikli insan kaynaklarına yöneldikleri gibi bir diğer ana unsur olan kaliteli enerji teminine de artık dikkat etmektedirler. Enerjinin kalitesizliğinden oluşan her üretim kaybı, verimsizlik dolayısıyla maliyetlerin yükselmesi olarak şirketlerin gelir tabloları ve bilançolarına yansımaktadır[1-4]. Bununla birlikte bu yoğun küresel rekabet ortamında enerji kesintisinden dolayı ya da enerji kalitesizliği problemlerinden dolayı arızalanan bir makinenin üretmediği ürünlerin müşteri veya müşterilere gönderilememesinin cezai sonuçları hatta müşteri veya müşterilerin kaybedilmesiyle sonuçlanabilecek olumsuzluklar günümüz işletmelerinin dayanamayacağı sonuçlardır. Müşteri odaklı işletmelerde bu nedenlerden dolayı elektrik enerjisi de dahil olmak üzere kaynakların kaliteli olmasına ve bunların kalitesinin artırılmasına dikkat edilmektedir.

Bu çalışmada bir tekstil endüstrisinde enerji kalitesi ölçümleri ION 7650 güç izleme ve analiz cihazı ile ölçülmüş, enerji kalitesizliği EN 50160 standardına göre belirlenmiş ve bu kalitesizliğin tesiste meydana getirdiği zararlar hesaplanmıştır.

## 2. Tesisin Tanıtımı

2500 kVA, 34,5/0,4-0,231 kV luk bir transformatör ile beslenen tekstil fabrikasında ana dağıtım panosundan 4 adet dokuma salonuna çıkış yapılmakta ve buralardaki dağıtım panoları üzerinden bu dokuma makineleri ve ilgili salonların klimaları beslenmektedir.

Ölçüm yapılan tekstil fabrikası dokuma hazırlık, dokuma ve apre bölümlerinden oluşmaktadır. Dokuma hazırlıkta 3 adet çözümlü makinesi, dokuma bölümünde 100 adet dokuma tezgahı ve apre bölümünde de 2 adet ram makinesi bulunmaktadır. Ayrıca dokuma salonlarının ve dokuma hazırlık bölümlerinin çalışma ortamının sağlanması için klima santralleri bulunmaktadır.

Dokuma bölümünde adından da anlaşılacağı üzere çeşitli kumaşların dokuması yapılmaktadır. Fabrikada 140 cm ve 300 cm enindeki çeşitli dokuma tezgahları ile döşemelik, perdelik ve yatak örtülük kumaş üretimleri yapılmaktadır. Dokuma tezgahları yüksek teknolojili, tam elektronik kontrollü ( kendi içinde 12 farklı gerilimle çalışır ) olup, gerilim düşmeleri, yükselmeleri ve aşırı akıma karşı korumaları bulunmaktadır. Bu korumaların devreye girmesi duruşla sonlanmakta bu da üretim dolayısıyla maddi kayba neden olmaktadır. Oluşan enerji sorunları sırasında bu hassas makinelerin elektronik kart yada donanımlarına zarar gelebilmektedir. Dokuma bölümünde sadece bir anlık elektrik kesilmesindeki duruşun sonrasında tezgahların devreye alınmasının maliyeti ortalama 5000 USD' dir.

Kumaş dokuma makinelerinde işlem atkı ve çözümlü ipliklerinin bir araya getirilmesiyle oluşmaktadır. Dokuma hazırlıktaki çözümlü makinelerinde ise her biri bir bobinde bulunan ipliklerin binlercesinin yan yana bir levent üstünde bir araya getirilmesi işlemi yapılmaktadır. Dokuma hazırlıkta bulunan çözümlü makineleri de, bilgisayar kontrollü ve dokuma tezgahlarındaki gibi koruma sistemlerine sahiptir. Bu makinelerde duruşlar sırasında encoder sorunu yaşanırsa üstündeki tüm ürün kesilip hurdaya atılmak zorunda kalınabilmektedir. Üstünde 500 kg iplik var iken böyle bir sorun olduğunda bu maliyet yaklaşık 2000 USD olmaktadır. Kesinti ya da gerilim dalgalanmalarına bağlı duruşlarda her seferinde ip kesme gerekmesi bile, sarılmakta olan ipliklerde tansiyon farkı oluşabilip bu da dokuma işleminde verimsizlikle sonuçlanabilmektedir.

Apre bölümündeki ram makineleri kumaşa son haline vermektedir. Bu makinelerle kumaşlar sabitlenmekte, istenilen bazı özellikler sağlanabilmektedir. Talebe göre burada kumaşlara, geç tutuşur, yağ, kir, su itici, kolay temizlenebilir, anti-mite özellikleri verilebilmektedir. Apre bölümündeki ram makineleri de çok hassas makinelerdir. Her birinde 30 a yakın motor ve sürücü bulunmaktadır. Bu kadar karmaşık bir makinenin donanımlarından herhangi birinde oluşan en ufak bir sorun tüm hattın durmasına neden olabilmektedir. Makinelerin kurutma bölümünün uzunluğu 50 m olup, her bir duruşta burada bulunan kumaş hurdaya ayrılmaktadır. Bu da 200 ile 1000 USD arasında bir kayba neden olmaktadır. Sıvama işlemi uygulanıyor ise bu kayıp daha da fazla olmaktadır.

## 3. Enerji Kalitesi Ölçümleri

Enerji üretim, iletim ve dağıtımında özelleştirmeye birlikte enerjiyi sağlayan şirketler ile bu enerjiyi kullanan endüstriyel kuruluşlar arasında enerji, belli standart ve kurallara göre üretilip, dağıtılması gereken bir meta olarak görülmeye başlanmıştır. Enerjiyi üreten ve/veya satan şirket ya da kuruluşlar, enerji kalitesi adı verilen bir takım sınırlar içerisinde üretmek zorunda oldukları elektrik enerjisini müşterilerine kesintisiz ve sorunsuz olarak temin etmek ile yükümlü duruma gelmişlerdir. Sanayide enerji kalitesinin (veya kalitesizliğinin) izlenmesi ve raporlanması belirli güç kalitesi standart ve yönetmeliklerine göre yapılmaktadır.

Ülkemizde de enerji kalitesinin izlenmesi EN 50160 standardının bire bir tercümesi olan **“Elektrik Piyasasında Dağıtım Sisteminde Sunulan Elektrik Enerjisinin Tedarik Sürekliliği, Ticari ve Teknik Kalitesi Hakkında Yönetmelik”**e [5] göre yapılmaktadır.

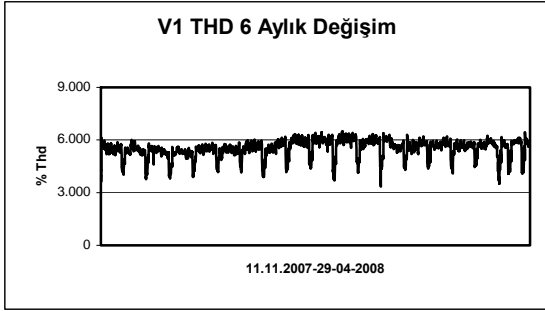
Enerji kalitesi ölçümlerinin bu yönetmeliğe uygun olarak yapılması gerekir. Bu amaçla enerji akışını, kaliteyle ilgili tüm parametreleri hem anlık olarak izleyen hem de sorunları (kaliteden sapmaları) kaydeden cihazlara gerek vardır. Bu cihazların uluslararası veya ulusal olarak akredite olması yani yapılan ölçümlerinin yasal olarak tanınması ve kabul edilebilir olması gerekmektedir. Ölçümler bu şartları sağlayan üç faz ve nötrden ölçüm yapan ION 7650 cihazı ile yapılmıştır (şekil 1.)



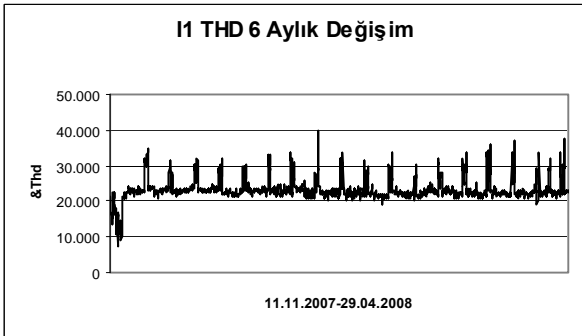
Şekil 1: Enerji kalitesi ölçüm cihazı.

Enerji kalitesini etkileyen bütün parametreler anlık olarak (bir periyotta 1024 örnek alınarak) ölçülüp, ilgili parametreler ethernet bağlantısı yardımıyla merkezi bilgisayara kaydedilmiştir. Bütün bu parametrelerin kaydedilmesinin yanında, enerji kalitesinden sapmalar (EN 50160'a göre) ayrı bir dosyada saklanmaktadır. Özellikle geçici olay ölçümlerinde enerji kalitesizliği kaydedildiğinden, bu sayede gereksiz veriler bilgisayarda yer işgal etmemiş olmaktadır. Enerji kalitesizliğindeki sapmalarda zaman kaydı da olduğundan, bu sayede işletmelerdeki üretim kayıpları ve zararların nedenleri yaklaşık olarak tespit edilmektedir.

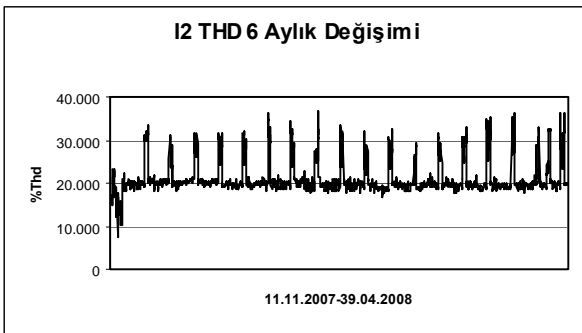
Ölçümün yapıldığı tekstil fabrikasında sürekli bir enerji kalitesizlik sorunu olan harmoniklerin değişimi de izlenmiştir. Söz konusu fabrika yerel dağıtım şebekesine bağlı olup, işletmede kurulu bir otoprodüktör tesisi bulunmamaktadır. Normal olarak %4 ile %7 arasında değişen gerilim harmoniği toplam bozulma değeri sürekli olarak gözlenmiştir. İşletmede değişik zamanlarda artma ve azalmalar meydana gelmekte ve bunda devreye giren dokuma tezgahları ile klimaların etkisi büyük oranda olmaktadır. Şekil 2’de L1 fazındaki gerilim harmoniği % THD değişimi altı aylık süre için verilmiştir.



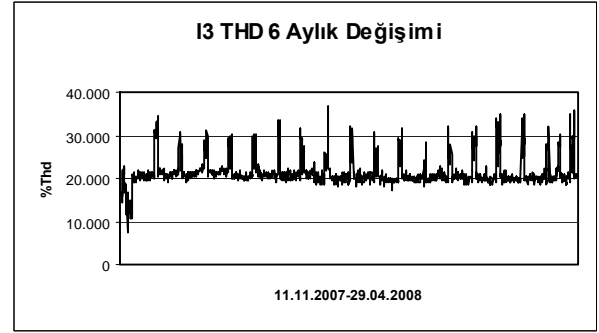
Şekil 2: L1 Fazı gerilim harmoniği değişimi.



Şekil 3: L1 Fazı akım harmoniği değişimi.



Şekil 4: L2 Fazı akım harmoniği değişimi.



Şekil 5: L3 Fazı akım harmoniği değişimi.

İşletmedeki tezgahlarda motor sürücülerinin bulunması ve ayrıca klima tesislerinin çektiği akım harmoniklerini tesiste ortalama olarak %10 ile %40 arasında sürekli değişen bir akım harmoniği ortaya çıkarmaktadır. Bu değerler yürürlükteki yönetmelikteki değerleri zorlamakta ve çoğu zaman aşırı harmonik akımı değerleri ile karşılaşmaktadır. L1, L2 ve L3 fazı için akım harmoniği değişimleri sırasıyla Şekil 3, 4 ve 5 te verilmiştir. Bu eğrilerden her fazdaki %THD değişiminin birbirine çok yakın olduğu yani dengeli bir durum olduğu ayrıca görülmektedir.

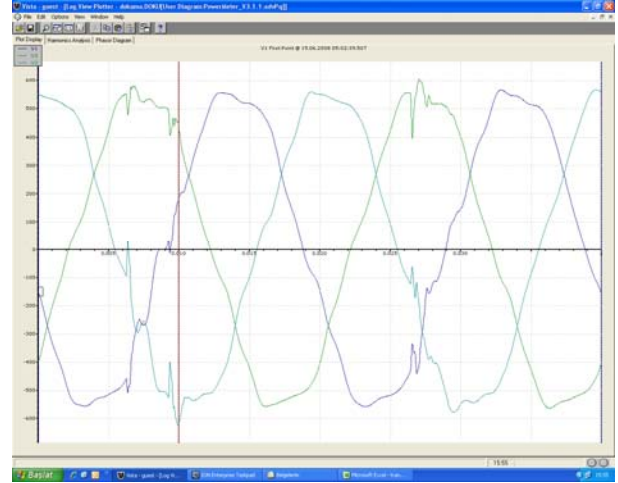
#### 4. Enerji Kalitesizliğinin Maliyeti

Yukarıda özellikleri belirtilen tekstil endüstrisindeki enerji kalitesizliğinin altı ay boyunca oluşturduğu maddi kayıpları tespit etmek amacıyla enerji analizörü yardımıyla oluşan bozukluklar gün, saat ve her bir faz başına ayrı ayrı kayıt edilmiştir. İlgili olaylar meydana geldiğinde fabrikadaki teknik ekip işletmede oluşan duruşları ve arızaları kayıt altına almışlardır. Kaç üretim makinesinin durduğu, kaçının arızalandığı, arızanın içeriği ve süresi ile üretimdeki hatalar kayıt altına alınmıştır. Bu kayıtlar kullanılarak işletmenin üretim bölümlerindeki makinelerin devreye alınması sürecindeki üretim kayıpları planlama bölümüyle birlikte hesaplanmıştır. Bakım-onarım bölümünde de arızalanmış elektronik kart, sürücü gibi donanımların tamir ya da yeniden tedarik etme maliyetleri hesaplanmış, ayrıca bu arızalardan dolayı duruş ve üretim kayıpları zararları da planlama bölümü tarafından hesaplanmıştır.

Tablo 1’de altı aylık süre boyunca kabul edilebilir gerilim değerinden sapmalar görülmektedir. Tablodaki ilk sütunda bu sapmanın süresi, diğer sütunlarda ise sırasıyla her bir fazın geriliminin % olarak aldığı değer belirtilmiştir. Şekil 6’da ise çok sayıda oluşan geçici aşırı gerilimlerden yalnızca bir tanesi görülmektedir. Birkaç kart yanması dışında geçici aşırı gerilimler tesiste büyük maddi zarar oluşturmamıştır.

Tablo 1. Gerilimdeki deęişmeler ve süreleri.

Süre (s)	L1 Fazı	L2 Fazı	L3 Fazı
0,41900	51.382	52.054	51.171
0,34000	57.312	55.229	57.610
0,16000	88.386	89.149	80.255
0,14000	75.291	88.744	74.863
0,32100	93.074	88.362	90.621
0,31900	85.790	86.499	94.818
1,05	73.715	73.992	72.876
0,60000	81.873	81.814	81.660
0,92100	76.361	76.781	76.178
0,16900	5.921	3.927	6.336
0,11900	91.258	88.700	92.205
0,30900	36.312	37.923	37.388
0,93300	15.534	14.714	28.568
0,18100	87.257	88.277	79.876
0,91000	76.054	77.386	75.856
0,96100	88.260	89.317	92.986
0,87900	88.495	89.276	93.221
0,26	80.831	80.257	80.373
0,31900	84.683	88.350	89.196
0,99100	80.595	81.383	81.185
0,17900	92.087	89.654	92.771
0,30900	80.662	81.456	80.934
0,44100	82.763	85.879	87.233
1,01	76.666	77.671	77.203
0,22900	80.475	81.388	80.791
0,79100	80.301	79.627	80.725
0,79000	77.507	78.690	78.503
0,92000	76.215	77.481	76.436
0,98000	86.202	86.877	86.708
0,62900	72.817	73.923	73.006
0,49100	72.626	73.542	72.690
0,13900	91.471	82.469	74.690
0,13000	92.969	77.311	48.946
0,15900	84.499	85.148	84.973
0,21000	87.402	87.646	78.818
0,33900	86.149	86.881	86.436
0,31800	88.878	92.976	88.897
0,39000	84.774	85.409	85.834
0,72100	89.309	86.212	87.191
0,05000	87.875	88.261	87.811
1,07	84.472	84.851	84.596
0,48100	65.800	68.364	65.698
0,24	81.387	81.394	81.809
0,47100	56.146	58.636	57.068
0,24900	104.323	105.075	104.770
0,35000	104.325	105.083	104.823



Şekil 6: Gerilimdeki geçici olaylar.

Enerji kalitesi kayıtları ile planlama bölümünün hesapladığı zararlar zaman ve süreleri ile birlikte karşılaştırılmış, tesiste enerji kalitesizliğinden dolayı altı ay boyunca oluşan maddi zararın yaklaşık \$179000 olduğu (tekstil işletmelerinin girdilerinin büyük çoğunluğunun Dolar ya da Euro bazında olduğundan) tespit edilmiştir.

## 5. Sonuçlar

Yapılan ölçümlerden de görüldüğü gibi, tekstil endüstrisinde harmonik akımları standartların üstünde olmasına rağmen, enerji kalitesizliğinden dolayı oluşan maddi kayıpların yaklaşık tamamı ani gerilim değişmelerinden (özellikle kısa süreli gerilim düşmelerinden) oluşmaktadır. Bu kayıplar ölçüm yapılan tesisin yıllık net karının % 15'i civarındadır.

Tekstil endüstrisi çok geniş kapsamlı olup, farklı makine parkları ile çok değişik prosesleri olan bir sektördür. Dolayısıyla enerji kalitesizliği kayıpları işletmeye göre farklılık gösterecektir. Yeni kurulacak bir işletmenin arsa maliyeti, yetişmiş eleman temini vs. gibi yatırım fizibilite parametreleri arasına kaliteli elektrik enerjisi maliyeti de mutlaka girmelidir.

Ülkemiz tekstil sektörünün ciddi bir küresel rekabet ve varlığını devam ettirme sıkıntısı bulunmaktadır. Bu nedenle yaklaşık 3 milyon kişiyi istihdam eden bu sektörü yaşatmaya çalışan hükümet de teşvik ve destek paketleri üretmekte ve bunlardan faydalanmayı da doğu ya da güneydoğu bölgelerine işletmeleri taşıma ana koşulunu bağlamaktadır. Bu bölgelere gidecek sanayicilerin fabrikalarına elektrik enerjisi alacakları yerdeki enerji kalitesini, prosesleri ve kayıplarını ciddi etkiliyor ise, göz önünde bulundurmaları gerekir.

## 6. Teşekkür

Bu çalışmaya katkılarından dolayı Schneider Electric Türkiye şirketine ve Gürkan ERDENİZ'e teşekkür ederiz

## 7. Kaynaklar

- [1] Sözen, A., Bayrak, M., Yeğın, E.M., “Bir Kağıt endüstrisinde Enerji Kalitesizliğinin Maliyeti”, *Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu*, Kocaeli, 2007.
- [2] Grupta, C.P., Milanovic, J.V., Aung, M.T., “The Influence of Process Equipment Composition on Financial Losses due to Voltage Sags”, *11<sup>th</sup> International Conference on Harmonics and Quality of Power*, 2004.
- [3] Davis, E.J., Emanuel, A.E., Pileggi, D.J., “Evaluation of Single-Point Measurements Method for Harmonic Pollution Cost Allocation” *IEEE Trans. On Power Delivery*, Vol.15, No.1, 2000.
- [4] Nooij, M., Koopmans, C., Bijvoet, C., “The Value of Supply Security the Costs of Power Interruptions: Economic Input for Damage Reduction and Investment in Networks”, *Elsevier Energy Economics*, 2007.
- [5] <http://www.epdk.gov.tr/mevzuat/yonetmelik/> “Elektrik Piyasasında Dağıtım Sisteminde Sunulan Elektrik Enerjisinin Tedarik Sürekliliği, Ticari Ve Teknik Kalitesi Hakkında Yönetmelik”.