

TÜRKİYE’NİN GÜNEY SANAYİ BÖLGELERİNDEKİ GÜÇ KALİTESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

*Ahmet TEKE**

*M. Emin MERAL**

*Mehmet TŪMAY**

*K. Çağatay BAYINDIR**

Özet: Türkiye’de sanayi sektörü hızla gelişmektedir. Türk sanayisi için mevcut güç kalite seviyesinin tespit edilmesi ve yüksek verimlilik ile karlılık için güç kalitesi (GK) iyileştirme yöntemlerinin ekonomik getirilerinin belirlenmesi büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada, güç kalitesi problemleri ve standartları için geniş bir literatür araştırması gerçekleştirilmiştir. Güç kalitesi problemlerinin etkilerini azaltıcı yöntemler, yaşanan problemler ve bu problemlerden kaynaklanan zararlarla ilgili kapsamlı bir anket formu Türkiye’nin güney organize sanayi bölgesindeki 24 endüstriyel işletmeye yöneltilmiştir. Anket çalışmasından alınan en önemli sonuçlar sunulmuş olup, sonuçların analizine göre geleneksel ve/veya yeni teknolojik çözümler önerilmiştir. Bu çalışma, gelişmekte olan ülkemiz için, güç kalitesi konusunda yapılabilecek çalışmalarda faydalı bir referans olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Güç kalitesi, Güç kalitesi problemlerini azaltma, Güç kalitesi araştırması, Güç kalitesi anketi.

Power Quality Survey on South Industrial Districts of Turkey

Abstract: The industry sector has been rapidly growing in Turkey. It is necessary for Turkish industry to identify its present level of power quality (PQ) and to know about the cost effective PQ improvement devices for higher efficiency and profitability. To this aim, a wide literature survey for PQ problems and standards was performed. Comprehensive questionnaire form concerned power quality knowledge, mitigation methods of PQ problems, real experienced problems and PQ related damages were directed to 24 industrial plants in south industrial districts of Turkey. The key results from the questionnaire survey are presented and the available and new technological solutions are offered analyzing the results. This study will be useful reference for other developing countries.

Key Words: Power quality, Power quality problem mitigation, Power quality survey, Questionnaire for power quality.

1. GİRİŞ

Güç kalitesi, kuşkusuz sanayideki karlılığı ve verimliliği etkileyen en önemli unsurlardan biridir ve yüksek rekabete dayanan iş çevresinde çalışmakta olan firmalar için büyük bir öneme sahiptir (Daehler ve Affolter, 2000). Güç Kalitesi problemleri; gerilimdeki, akımdaki ve frekanstaki değişimler nedeniyle tüketicinin cihazlarının yanlış çalışmasına veya sistemlerde hatalara neden olan problemler olarak tanımlanır (Roger ve diğ., 2003). Bu problemler, özellikle yüksek teknolojinin kullanıldığı üretim aşamalarının kesilmesine ve çok büyük ekonomik kayıplara neden olabilmektedir. Güç kalitesi problemlerinin bütün çeşitleri Roger ve diğ., (2003), Kocatepe ve diğ., (2006)’de kapsamlı olarak anlatılmış olup, Tablo I’de en yaygın güç kalitesi problemlerinin tanımlamaları ve görülme sıklıkları gösterilmiştir (Ken ve Hedman, 2005).

* Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü, 01330, Balcalı, Adana.

Tablo I. Güç kalitesi problemlerinin tüketicilerdeki türü ve yüzdeleri

GK Sorunu	Tanım, Sebep ve GK Standartları	GK Problemlerinin Yüzdeleri
Gerilim Düşümleri	Tanım: Gerilimin RMS değerinin azalması Sebepler: Büyük yüklerin devreye girmesi, uzak sistem hataları, yıldırım Standartlar: IEEE 1159-1995, IEC 61009-2-1	48%
Gerilim Yükselmeleri	Tanım: Gerilim RMS gerilim değerinin artması Sebepler: Büyük yüklerin devreden çıkması, uzak sistem hataları Standartlar: IEEE 1159-1995, IEC 61009-2-1	
Harmonikler	Tanım: Temel frekans bileşeninin (50 Hz) katlarındaki frekans bileşenleri Sebepler: Lineer olmayan büyük yükler, sistem direnci Standartlar: IEEE 519-1992, IEC 61000-4-7	22%
Topraklama hatası	Tanım: Bir elektriksel devre veya elemanın toprağa fiziksel temasının uygun şekilde yapılmamasıdır. Sebepler: Düşük kaliteli elektriksel kablo hataları Standartlar: IEEE 1100-1999	15%
Anahtarlama geçici rejimler	Tanım: Gerilim değerinde ani değişim Sebepler: Kondansatör açıp kapama, yük açıp kapama Standartlar: IEEE 1159-1995, IEC 61000-2-1	6%
Yük etkilenmesi	Yüklerin birbirini etkilemesi	5%
Diğer	Elektromanyetik girişim, güç koşullandırması, zayıf güç faktörü, donanım hatası, kesinti	4%

Tüketicilerden gelen şikâyetlerin hemen hemen yarısı gerilim düşümü veya yükselmesinden kaynaklanmaktadır. Gerilim değişimlerinden sonra, en çok rastlanan sorun ise harmonik bozulmalarıdır, bunu kablo ve topraklama problemleri takip etmektedir. Çoğu güç kalitesi problemi elektrik dağıtım şirketinin sunduğu güçten değil, tüketicinin kendi kullandığı donanım ve cihazlardan veya komşu bir tüketicinin kullanımından kaynaklanır. Tablo II, güç kalitesi problemlerinin nedenleri üzerine Georgia Power Şirketi Roger ve diğ., (2003) tarafından; hem dağıtım şirketi personelinin hem de elektrik tüketicilerinin görüşlerine dayanan anketin sonuçlarını göstermektedir. Her iki görüş açısı birbirinden farklı olsa da, kesin olan şudur ki; güç kalitesi problemleri her iki taraf için de büyük ekonomik kayıplara neden olmuştur.

Tablo II. Güç kalitesi problemlerinin sebepleri üzerine bir araştırma

Tipik nedenler	Tüketici açısından	Dağıtım şirketi açısından
Doğal	60%	66%
Dağıtım şirketi	17%	1%
Tüketici	12%	25%
Komşu tüketici	8%	8%
Diğer	3%	0%

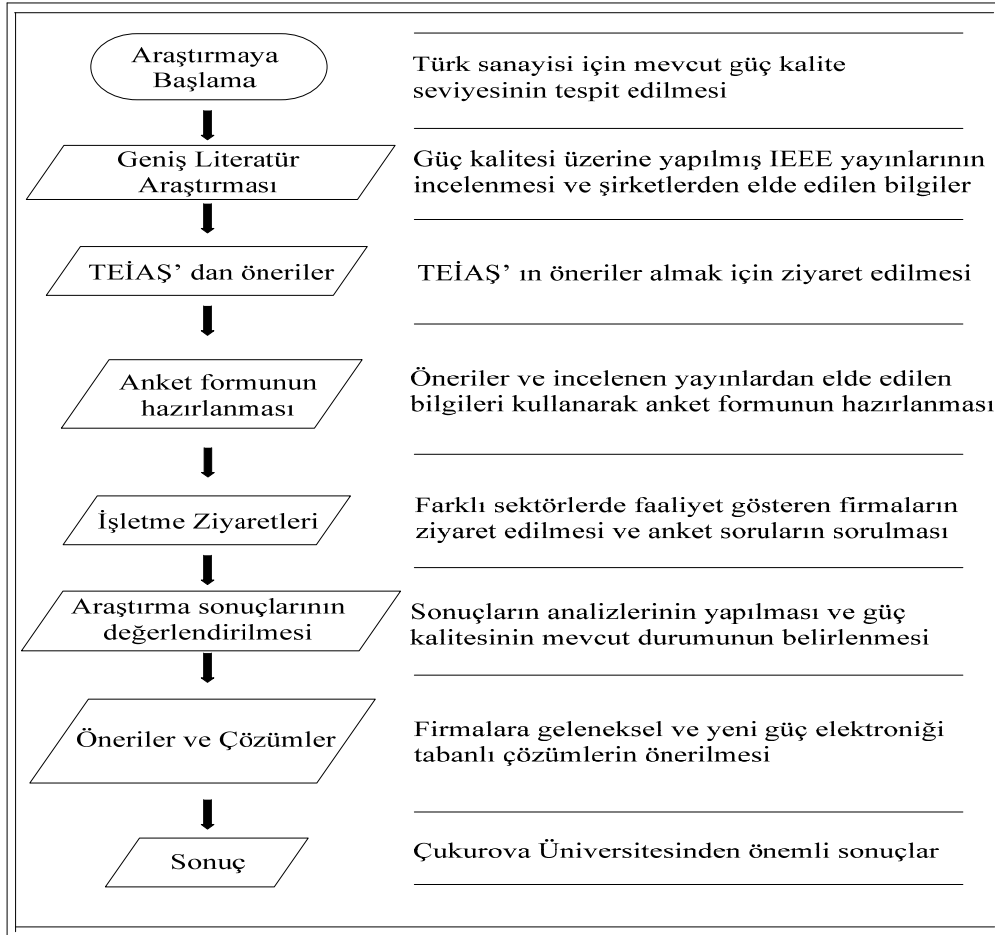
Güç kalitesiyle ilgili problemler Amerikan sanayisine yılda 170 milyar dolar, Avrupa sanayisine 55 milyar dolara mal olmaktadır (Perry ve Dorr, 2003). Türkiye' deki güç kalitesi güç kalitesi problemlerinden kaynaklanan maliyet, elektriğin kullanım miktarı ve sanayi gelişimiyle orantılıdır.

Güç kalitesi problemlerinin yol açtığı ekonomik kayıplar nedeniyle, işletmelerdeki güç kalite seviyesini belirlemek için araştırma çalışmalarına artan bir ilgi vardır. Bu amaçla çok sayıda araştırma çalışmaları yayınlanmıştır (Antonio, 2003, Hughes ve Chan, 1996, Tjader ve Bollen, 2003, Shih ve diğ., 2001, Koval ve diğ., 2003).

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin güney organize sanayi bölgesindeki güç kalitesi problemlerinin çeşitlerini belirleyerek, maliyetleri etkileyen problemler için çözümler üretip işletmeleri yönlendirmektir. Bu araştırma çalışması, uluslararası literatürdeki daha önceki araştırma/anket çalışmalarından, şu açılardan farklılık göstermektedir:

- (i) Çalışma Türkiye'nin 4 farklı sanayi bölgesi olan Adana, Mersin, İskenderun ve Gaziantep organize sanayi bölgelerinde gerçekleştirilmiştir.
- (ii) Anket formları daha kaliteli ve güvenilir bilgi sağlayan kişisel görüşmeler ve işletmelerde yaşanmış problemler doğrultusunda doldurulmuştur.
- (iii) Anket katılımcılarının cevapları doğrultusunda güçlü bilgi analizi için istatistiksel sonuçlar verilmiştir.
- (iv) Sonuç olarak sunulan tavsiyeler sadece müşteriler için değil, aynı zamanda elektrik üretim şirketleri içindir.

Şekil 1'de verilen akış diyagramı araştırma çalışmasının organizasyonunu özetlemektedir.



Şekil 1:
Araştırma çalışmasının akış diyagramı

Çalışmanın bu giriş bölümünden sonraki 2. Bölümünde, işletmelerin elektrik profilleri ve uygulanan ankete ait form sunulmuştur. 3. Bölüm, formun sonuçlarının detaylıca tartışılması ve anket konusu işletmelerdeki güç kalitesi problemlerinin etkilerini içermektedir. Mevcut çözümler 4. Bölümde önerilmiş ve ayrıca gelişmiş teknolojik çözümlerin ekonomikliği tartışılmıştır. Son olarak çalışmanın belirgin sonuçları ve ana hususları sonuçlar bölümünde özetlenmiştir.

2. ARAŞTIRMA İÇERİĞİ

Takip eden alt bölümlerde araştırmadaki endüstriyel işletmelerin profilleri, anket formu ve verilen cevaplar detaylı olarak tartışılarak sunulmuştur.

2.1. Araştırmadaki Endüstriyel İşletmelerin Profilleri

Ankete katılan endüstriyel işletmeler (fabrikalar) 8 hizmet sektörüne ayrılmıştır. Tablo III, incelenen sektörlerin kurulu güce göre dağılımını göstermektedir.

Tablo III. İş sektörlerinin dağılımı

Sektör	İsim	Taşıma Kapasitesi
Demir Çelik	I1-I5	55,5%
Enerji Santrali	PS1, PS2	23,6%
Tekstil	T1-T9	12,2%
Kimyasal	C1, C2	2,7%
Gıda	F1, F2	2,5%
Plastik	PL1, PL2	2,3%
Otomotiv	A1	1,0%
Kağıt	PR1	0,2%

Tablo IV, her bir sektördeki işletmelerin gerilim seviyelerini ve kurulu güçlerini göstermektedir.

Tablo IV. İşletmelerin bilgileri

Gerilim Seviyesi			Toplam kurulu gücü (MVA)			
			<10	10-50	50-150	>150
İşletmeler	15 kV	8.3%	-	F1, T4	-	-
	31.5 kV	70.8%	A1, PL1, PR1, T2, T6, T7	C1, C2, F2, I2, I5, PL2, T3, T5, T8, T9	-	I4
	154 kV	20.9%	-	-	I1, PS1, PS2	I3, T1

Tablo I'de gösterildiği gibi, güç kalitesi problemlerinden çoğu; büyük yüklerin devreye alınması ve çıkarılmasının neden olduğu gerilim/düşümü yükselimi (48%) ile doğrusal olmayan yüklerden kaynaklanan harmoniklerdir (22%). İncelenen işletmelerdeki yüksek güçte motorların (>75 kW), doğrusal olmayan karakteristiğe sahip yüksek güçte olan motor sürücülerinin (>75 kW) ve kesintisiz güç kaynaklarının (>25 kVA) bulunma oranı sırasıyla 79%, 66% ve 41% şeklindedir.

2.2. Anket Formları ve Cevaplar

Anketteki sorular hazırlanırken, dikkat edilen en önemli hususlar; literatür araştırma bulguları, pratik deneyimler ve bazı yetkili kuruluşlar ile tüketicilerin önerileri olmuştur. Sorular daha çok; güç kalitesi problemleri, güç kalitesi izleme, güç kalitesi problemlerine yol açan hataların meydana gelme sıklığı, güç kalitesi bozulmalarının nedenleri ve güç kalitesi bozulmalarının ekonomik maliyeti üzerine yoğunlaşmıştır. Adana, İskenderun, Gaziantep ve Mersin organize sanayi bölgesinde faaliyet gösteren 24 endüstriyel işletme Tablo V'de gösterilen anket formunu doldurmuştur.

Tablo V. Anket formu ve işletmelerin cevabı

GÜÇ KALİTESİ ARAŞTIRMA ANKETİ	Cevaplar (%)	
	EVET	HAYIR
BÖLÜM 1: Güç Kalitesi Problemleri: Gerilim yükselmesi, düşümü, kesintiler ve harmonikler		
1. İşletmenizde hiç gerilim düşümü ölçümünü yaptınız mı?	38	62
2. Son zamanlarda işletmenizde gerilim düşümü ve kesilmesiyle ilgili problemler yaşadınız mı?	79	21
3. Gerilim düşümü ve kesilmesiyle ilgili problemler üretim kaybı ve ekonomik zarara sebep oldu mu?	86	14
4. İşletmenizde hiç harmonik ölçümü ve analizi yaptırınız mı?	84	16
5. İşletmeniz harmoniklerden etkileniyor mu?	24	76
6. İşletmeniz yarattığı harmonikler size bağlı sistemleri veya işletmenizi etkiliyor mu?	8	92
7. İşletmenizde harmonik kaynağı yükler mevcut mu?	70	30
8. İşletmenizde harmonik kaynaklı bir probleminiz var mı?	4	96
9. Harmonikler işletmenizde hiç üretim kaybı ve ekonomik zarara yol açtı mı?	20	80
BÖLÜM 2: GÜÇ KALİTESİ: Güç kalitesi problemlerini azaltıcı metotlar		
10. Harmonikleri eleyecek cihazları kullanarak karlılığınızı arttırabileceğinize inanıyor musunuz?	79	21
11. Gerilim düşümü ve kesilmesini yok edici cihazları kullanarak karlılığınızı arttırabileceğinize inanıyor musunuz?	75	25
12. İşletmenizde hiç bir pasif veya aktif güç filtresi var mı?	54	46
BÖLÜM 3: GÜÇ KALİTESİ: Teknik sorular		
13. İşletmeniz trafo girişinde/çıkışında V, I, S, P ve Q değerlerini ölçecek ve kaydedebilecek herhangi bir güç kalitesi analizörü mevcut mu?	71	29
14. İşletmenizde elektrik güç kalitesi ile ilgili herhangi bir araştırma yaptırınız mı?	58	42
15. Enerji piyasası düzenleme kurulu tarafından belirlenen yeni reaktif güç limitleri ve güç faktörü düzenlemesi hakkında bilginiz var mı?	75	25
16. Yeni limitler ve düzenlemeler nedeniyle işletmenizde modernizasyon gerekmekte midir?	46	54
17. Kısa devre dayanım gücünüzle ilgili herhangi bir analiz yaptırınız mı?	50	50
18. Periyodik olarak röle test ve bakımları yaptırmakta mısınız?	50	50
19. Rölelerin yanlış koordinasyonundan kaynaklanan hatalardan olumsuz etkilendiniz mi?	12	88
20. Periyodik olarak devre kesici açma ve kapama testlerini yaptırmakta mısınız?	54	46
21. Periyodik olarak işletmenizin topraklama ölçümlerini yaptırmakta mısınız?	100	0

3. CEVAPLARIN TARTIŞILMASI

Cevapların çoğu (86%) gerilim düşümleri ve kesilmelerinin işletmelerde önemli problemlere neden olduğuna işaret etmektedir. Katılımcıların çoğu için (76%), yaşadıkları önemli problemlerin sebebi harmonikler değildir. Sadece 40% oranındaki endüstriyel işletme, güç kalitesi analizörüne ve izleme cihazlarına sahiptir. Cevaplara göre çoğu işletme yeni teknolojik gelişmelere karşı isteklidir. Katılımcıları çoğu güç kalitesi problemlerinin etkilerini azaltıcı ve/veya yok edici cihazların yaygınlaşmasını istemekte ve bu cihazları kullanarak karlılığı arttırabileceklerine inanmaktadırlar.

Anket çalışmasına göre, endüstriyel işletmeleri en çok etkileyen ve en çok rastlanan güç kalitesi problemleri gerilim düşümleri ve kesilmeleridir. Bu işletmelerde gerilim düşümü ve kesilmesi problemlerinin meydana gelme sıklığı sırasıyla, yılda ortalama 78 ve 15 kez olmaktadır. Genelde bu problemler ürün kaybına, işlemlerin yeniden başlatılmasına ve dolayısıyla büyük ekonomik zararlara sebep olmaktadır. Bununla birlikte, genellikle yaz aylarında yüksek sıcaklık ve nem nedeniyle yaşanan problemlerin sayısı artmaktadır.

Cevaplara göre, büyük ekonomik kayıplara sebep olan işletme problemleri şöyle olmuştur:

- I3 işletmesinde, kesinti nedeniyle demir üretimimin kesilmesi ve ark fırınının kullanılacak şekilde bozulması
- T1 işletmesi PS2 enerji santrali tarafından beslenmektedir. Kısa devre hatası, iki işletmenin eş zamanlı olarak arıza yaşamasına sebep olmaktadır. Bir defasında, T1 işletmesinde büyük yüklerin tekrar devreye girmesi 17 saati bulmuştur.

- F1 işletmesi gerilim düşümü, yükselmesi ve kesilmelerinden yılda en az 170000 \$'la en çok zarar gören işletmelerden biridir. Bu işletmelerin gerilim düşümü ve enerji kesintisi yaşama sıklığı yılda sırasıyla 12 ve 18 kez olmuştur.
- Gerilim düşümleri ve geçici hal problemleri T6 işletmesindeki bazı kontrol kartlarının bozulmasına ve yılda en az 1000\$'a mal olmaktadır.
- **I3 işletmesinde, kesicilerin ve kapasitör bankalarının kullanılamaz hale gelmesine neden olan gerilim yükselmeleri yaşanmaktadır.**

İşletmelerin yaklaşık yarısı hiç bir kısa devre testi, röle bakım testi ve güç faktörü araştırması yaptırmamıştır. Ancak, tüm Demir-Çelik işletmeleri harmonik ölçümleri ile aktif ve pasif filtrelerin kullanımı hakkında bilinçlidir.

Harmonikler kapasitör sigortalarının patlamasına ve kontrol mekanizmalarının yanlış çalışmasına neden olmaktadır. Cevaplara göre, harmonikler araştırma konusu işletmelerde önemli bir problem olmamakla beraber, T2 ve T5 işletmeleri ayarlanabilir hız sürücüler ve konvertör gibi çok sayıda harmonik bozucu yüklerle sahip olduğundan en çok harmonik problemine yol açan ve aynı zamanda harmoniklerden en çok etkilenen işletmelerdir.

Tablo VI sorulara verilen Evet/Hayır cevaplarını göstermektedir. Cevaplar, işletmelerde yaşanmış olan olaylardan elde edilen deneyimlere dayanmaktadır.

Tablo VI. Anket sorularına verilen cevaplar

		Cevaplar (Evet/Hayır)																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Endüstriyel işletmeler	A1	H	H	H	H	H	H	E	H	H	H	E	H	H	E	E	E	E	H	E	E	
	C1	H	H	H	E	H	H	H	H	H	E	E	H	E	H	E	H	E	H	H	E	E
	C2	E	E	E	E	E	H	E	H	H	E	E	H	E	E	E	E	E	H	H	E	E
	F1	E	E	E	E	E	H	E	H	H	E	H	E	E	H	E	E	E	H	H	H	E
	F2	H	E	E	E	H	H	H	H	H	E	E	H	E	E	H	H	H	E	H	E	E
	I1	H	E	E	E	H	H	H	H	H	E	E	E	E	E	E	H	H	H	H	E	E
	I2	H	E	H	E	H	H	E	H	H	E	E	E	H	E	H	E	H	H	H	H	E
	I3	E	E	E	E	H	H	E	H	H	E	E	E	E	E	E	E	E	E	H	E	E
	I4	H	E	E	E	H	H	E	H	H	E	H	E	E	E	E	H	H	H	H	E	E
	I5	H	E	E	E	E	H	E	H	H	H	H	E	H	E	E	H	H	E	H	H	E
	PL1	H	E	E	E	H	H	H	H	H	E	E	H	E	E	E	E	E	E	H	E	E
	PL2	E	H	E	E	H	H	E	H	E	E	H	E	E	E	E	E	H	E	H	H	E
	PR1	H	E	E	E	H	H	E	H	H	E	E	H	H	H	H	H	H	H	H	E	E
	PS1	H	E	E	E	E	H	E	H	H	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
	PS2	E	H	E	E	H	H	H	H	H	H	H	E	E	E	E	H	E	E	H	E	E
	T1	E	E	E	E	H	E	E	H	E	E	E	E	E	H	E	E	H	H	E	H	E
	T2	H	E	E	H	E	H	E	E	H	E	E	H	E	H	E	H	E	E	H	E	E
	T3	H	H	E	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	E	H	H	E
	T4	H	E	E	H	H	H	H	H	H	E	E	H	H	H	E	H	H	E	E	H	E
	T5	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	H	E	E
	T6	E	E	E	E	E	H	E	H	E	E	E	H	E	E	H	H	H	H	H	H	E
T7	H	E	E	E	H	H	E	H	H	H	E	E	E	E	E	H	E	H	H	H	E	
T8	H	E	E	E	H	H	E	H	H	E	E	E	E	H	E	E	H	H	H	H	E	
T9	E	E	E	E	E	H	E	H	E	E	E	H	H	H	H	H	E	H	H	H	E	

4. GÜÇ KALİTESİ PROBLEMLERİNİN AZALTILMASI

Endüstriyel işletmelerin güç kalitesi problemlerine karşı olan zayıflıklarının iyileştirilmesi için, kullanacakları ayarlanabilir hız sürücü, PLC ve bilgisayar gibi elektronik elemanların, elektriksel tesisat sistemlerinde bulunması gereken yerlerinin doğru bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Bu

aşama tamamlandıktan sonra, tasarım konuları ve hataları düzeltecek donanımlar daha da net olarak belirlenebilir (Antonio ve diğ., 2003).

Güç kalitesini ölçümleri, güç kalitesi problemlerini analiz etmek için gerçekleştirilmesi gereken ilk adımdır. Problemlere karşı alınabilecek önlemler, maliyet ve teknik sınırlamalar göz önüne alınarak düşünülmelidir. En uygun çözüm, problemin çeşidine, problemlerden etkilenen kullanıcı sayısına ve mevcut çözüm yöntemlerinin değerlendirilmesine bağlıdır (Kennedy ve diğ., 1997). Tablo VII, güç kalitesi problemlerine karşı alınabilecek geleneksel ve güç elektroniği tabanlı yeni çözümleri özetlemektedir.

Tablo VII. En yaygın güç kalitesi problemleri için çözümler

Güç Kalitesi Problemi	Geleneksel Çözümler	Güç Elektroniği Tabanlı Yeni Çözümler
Gerilim düşümü yükselmesi	Kesintisiz güç kaynağı (UPS)	Dinamik Gerilim İyileştiricisi (DGI)
Enerji Kesintisi	UPS, beklemede olan jeneratör, mekanik anahtarlı transfer sistemleri	Statik Transfer Anahtarı (STA)
Harmonikler	Pasif Filtre	Aktif Güç Filtresi (AGF)
Geçici Olaylar	Parafudr	Dağıtım Sistemi Statik Senkron Kompanzator
Düşük Güç Faktörü	Mekanik anahtarlamalı kapasitörler, Senkron kompanzator	Statik VAR Kompanzatorü, Dağıtım Sistemi Statik Kompanzator

4.1 İşletmelerde Kullanılan Mevcut Çözümler

Ankete katılan işletmelerdeki UPS sistemleri; kontrol birimleri ve ofis çalışmaları için gerilim düşümü/yükselmesi problemlerinin etkilerini azaltmak amacıyla kullanılmaktadır. Kesintileri azaltmak için bazı kritik bölümlerde genelde bekleme modunda çalışan jeneratörler kullanılır. Anket konusu işletmelerdeki, bekleme modunda çalışan jeneratörlerin ve alternatif besleme fiderlerinin (ikincil kaynak) bulunabilirliği sırasıyla 54% ve 16% şeklindedir.

İşletmelerdeki reaktif güç; mekaniksel anahtarlamalı kapasitörler (41,6%), Senkron Kompanzator (4%) ve Statik VAR Kompanzatorüyle mekaniksel anahtarlamalı kapasitörlerin kombinasyonu ile (54,6%) kompanze edilmektedir. Harmonikleri yok etmek için kullanılabilir Aktif Güç Filtresi ve Pasif Güç Filtresinin bulunabilirliği sırasıyla 12,5% ve 41%'dir. İşletmelerdeki otoproduktör grubunun bulunabilirliği ise 33%'tür.

4.2. Güç Kalitesi Problemlerin Etkisini Azaltabilecek Cihazlar

Güney organize sanayi bölgesindeki işletmeler genellikle geleneksel çözümleri tercih etmektedir. Geleneksel çözümler ucuz ve kolay uygulanabilir fakat genellikle sadece belirli yükleri korurlar. Özellikle ileri teknoloji kullanan işletmeler için geleneksel çözümler yeterli olmazsa, güç elektroniğine tabanlı (özel güç donanımları veya esnek AC iletim sistemleri) çözümler uygulanabilir.

Güç elektroniğine dayalı çözümler her ne kadar pahalı olsa da bir grup elektriksel yükleri koruyabilir ve dağıtım sistemine de uygulanabilir. Güç elektroniği tabanlı çözümlerin işletmeler için uygun olup olmadığı, kesintilerin ve gerilim düşümlerinin verdiği ekonomik zararlarla ilgilidir (Lamedica ve diğ., 2001). Ekonomik zararlar işletmelerde yapılacak geniş araştırmalarla elde edilebilir. ABD araştırma raporlarına göre Douglas (1993) kısa kesintiler ve gerilim düşümleri 1,8 milyon dolara mal olmaktadır. Güç kalitesi problemini ortadan kaldıracak donanımların maliyetinin sağlayacağı avantajlara oranı 1/2'dir ve bu hassas yüklerin sayısının artmasıyla ileriki zamanlarda 1/3'e kadar çıkabilir. Örnek olarak, gerilim düşümlerine hassas olan bir işletmede kurulacak olan bir Dinamik Gerilim İyileştiricinin kendini amorti etme süresi 3 ile 4,5 yıl arasında sürmektedir. Güç kalitesi problemlerine karşı kullanılabilir özel güç donanımlarının amorti etme ve ekonomiklikleri Shih ve diğ., (2001), Lamedica ve diğ., (2001), McGranaghan ve Roettger, (2003), Prudenz ve diğ.,(2003) çalışmalarında sayısal örneklerle sunulmuştur.

Ülkemizde 2009 yılına kadar sistemlerin güç faktörünün 0.99'a yükseltilmesi öngörülmektedir ve işletmeler sistemlerini bu limitlere getirmek için reaktif güç kompanzasyonuna ağırlık vermeye

başlamışlardır. Güç faktörü (1) eşitliğinden hesaplandığından, yeni kapasitör bankları yüklenmeden önce sistemde detaylı bir harmonik analizi yapılması gerekmektedir çünkü

$$\text{güç faktörü} = \frac{\cos \varphi}{\sqrt{1 + THB^2}} \quad (1)$$

φ : gerilim ve akım dalga formlarının arasındaki açı, THB: toplam harmonik bozulma.

Sistemde yüksek dereceli harmoniklerin bulunması, güç faktörünün yanlış hesaplanmasına ve hatalı ölçümlere neden olabilir. Sistemlere yeni eklenen kondansatör bankların kapasite değerleri ve çalışma gerilim seviyeleri mevcut bulunan kondansatörlerle aynı olmalıdır. Banklardaki kapasite farklılığı kompanzasyon sırasında gerilim artışına neden olabilir. Güç kalitesiyle ilgili başka kritik bir nokta, kapasitörlerin lineer olmayan yüklerden kaynaklanan harmonik akımlarını arttırabilmesi nedeniyle rezonans riski oluşmasıdır. Şayet sistemde rezonans riski varsa, en basit ve etkili çözüm kapasitör banklarındaki her kapasitöre seri reaktör yerleştirilmesi ve böylece bankın belirli bir harmonik frekansa ayar edilmesidir. Seri reaktör yardımıyla seri/paralel rezonans riski azaltılabilir. Bununla birlikte güç elektroniği tabanlı Aktif Güç Filtresi yardımıyla harmonik akımlar yok edilebilir ve seri/paralel rezonans riski azaltılabilir.

Mekanik anahtarlamalı sistemlerle, reaktif güç temininin kısa sürede yerine getirilmesi zordur. Bu durumda uygulanacak en iyi yöntem, sistemin reaktif güç ve gerilim değişimlerini sürekli izleyerek, devrenin ihtiyacı olan reaktif gücü çok kısa sürede sağlamaktır. Bu ise en uygun biçimde anahtarlama işlemlerini sağlayan yarı iletken elemanlarla yapılan tristör kontrollü statik VAR kompanzatorlarla gerçekleştirilebilir. Statik VAR kompanzatorlar hızlı ve esnek bir yapıya sahiptir ve yüksek güvenilirlik ve düşük bir işletme maliyeti vardır. Güç sistemlerinde kullanımı giderek artan tristör kontrollü statik VAR kompanzatorlar (SVK), sürekli ve hızlı bir reaktif güç ve gerilim kontrolü sağlama kabiliyetleri sebebiyle sistemin performansını ve kalitesini pek çok yönden geliştirebilmektedirler. Bunlar, güç frekansında geçici aşırı gerilimlerin kontrolü ve kararlılığın arttırılması, gerilim düşümlerinin önlenmesi, iletim ve dağıtım sistemlerinde dengesiz yükleri besleyen üç fazlı sistemlerin dengelenmesi, sürekli devreye girip çıkan yüklerin sebep olduğu gerilim salınımlarının önlenmesi olarak sıralanabilir (Arıkan ve diğ., 2004).

5. SONUÇLAR

Güç kalitesi aynı iş sektöründe üretim yapan işletmelerin rekabetinde etkin olmakla birlikte, sanayinin gelişmesinde de önemli rol oynar. Anket formunun sonuçlarına göre endüstriyel işletmeler için en önemli problemler ekonomik kazancı, verimliliği ve rekabet gücünü etkileyen güç kalitesi problemleridir. Bu araştırma çalışması, güney bölgedeki sanayinin güç kalitesi seviyesini tespit etmektedir. Gerilim düşümleri, yükselmeleri ve kesilmeler işletmelerin en sık karşılaştığı güç kalitesi problemleridir. Cevaplara göre çoğu işletme yeni teknolojik gelişmelere karşı isteklidir. Katılımcıları çoğu güç kalitesi problemlerinin etkilerini azaltıcı ve/veya yok edici cihazların yaygınlaşmasını istemekte ve bu cihazları kullanarak ekonomik zararları en aza indirebileceklerini ve karlarını arttırabileceklerini düşünmektedirler.

Güç kalitesi problemlerini azaltmak için, öncelikle güç kalitesi analizörü kullanılarak kapsamlı ölçümler yapılması gereklidir. Ölçüm sonuçları, problemleri belirlemek için detaylı bir şekilde analiz edilmelidir. Güç kalitesi problemleri için çözümler, pratik ve ucuz olmalıdır. Geleneksel çözümler çeşitli işletmelerdeki problemleri başarılı bir şekilde azaltabilir. Şayet geleneksel çözümler, işletmeler için yeterli olmazsa güç elektroniği tabanlı cihazlar uygulanabilir. Bu cihazları kullanmadan önce, cihazların kendini amorti etme süresi ve hataların ekonomik zararları arasında bir optimum maliyet hesabı yapılması gerekir.

6. KAYNAKLAR

1. Daehler P. ve Affolter, R. (2000) "Requirements and Solutions for Dynamic Voltage Restorer, Case Study," *IEEE Power Engineering Society Meeting*, pp. 2881-2885.

2. Roger Dugan C., Mark McGranaghan F., Surya S., ve Wayne Beaty H., (2003) *Electrical Power Systems Quality*, 2nd Edition, New York, McGraw-Hill, , pp. 528.
3. Kocatepe C., Umurkan N., Attar F., Yumurtacı R., Uzunoğlu M., Karakaş A., Arıkan O., Baysal M., (2006) “Enerji Kalitesi ve Harmonikler”, *EMO Yayınları*, Yayın No: EG/2006/1.
4. Ken D., ve Hedman H., (2005) “The Role of Distributed Generation in Power Quality and Reliability: Final Report,” *Energy and Environmental Analysis*.
5. Perry C., ve Dorr D., (2003) “Custom Power Choices Abound,” *EPRI PEAC Corp.*, Mar 1.
6. Antonio Ardito A., Stefano M. ve Alberto P., (2003) “ A Survey of Power Quality Aspects at Industrial Customers in Italy,” *International Conference on Electricity Distribution*, pp. 1-5.
7. Hughes M.B. ve Chan J. S., (1996) “Canadian National Power Quality Survey Results,” *IEEE Proceedings, Transmission and Distribution Conference*, pp. 45 – 51.
8. Tjader A. C. E. ve Bollen M. H. J., (2003) ”Power Quality and Transients, Appearance in Swedish Industry; Evaluation of Questionnaire,” *IEEE PES Transmission and Distribution Conference and Exposition*, pp. 19 – 23.
9. Shih-An Y., Chan-Nan L., Liu E., Yu-Chang H. ve Chinug-Yi H., (2001) “A Survey on High Tech Industry Power Quality Requirements,” *IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition*, pp. 548 – 553.
10. Koval D. O., Bocancea R. A., Kai Y., ve Hughes M. B., (1998) “Canadian National Power Quality Survey: Frequency and Duration of Voltage Sags and Surges at Industrial Sites,” *IEEE Transactions on Industry Applications*, Volume 34, pp. 904 – 910.
11. Kennedy, B., Samotyj, M., ve McGranaghan, M., (1997) ”Design of a Workbook for Analyzing Utility/end User Power Quality Concerns”, *Electricity Distribution. Part 1: Contributions. CIRED. 14th International Conference and Exhibition*, Volume 1, pp. 29/1-29/5.
12. Lamedica R., Esposito G., Tironi E., Zaninelli D. ve Prudenzi A., (2001) “A Survey on Power Quality Cost in Industrial Customers,” *IEEE Power Engineering Society Winter Meeting*, pp. 938 – 943.
13. Douglas J., (1993) “Solving Problems of Power Quality,” *EPRI Journal*, pp. 6-15.
14. McGranaghan M. F. ve Roettger W. C., (2003) “The Economics of Custom Power,” *IEEE Transmission and Distribution Conference and Exposition*, pp. 944-948.
15. Prudenzi A., Quaia S.ve Zaninelli D., (2003) “Surveying PQ aspects in Italian Industrial Customers”, *IEEE Transmission and distribution conference and exposition*, pp. 211 – 216.
16. Arıkan O., Uzunoğlu M. ve Kocatepe C., (2004) “Enerji Sistemlerinde Gerilim Çökmeleri/2”, *3E Dergisi*, Sayı 120.