

KONUT BÖLGELERİNDE DAĞITIM TRAFOLARININ GÜÇ İHTİYACI VE TRAFOLARA GELEN YÜKÜN GÜÇ KALİTESİNE ETKİLERİ

Bora ALBOYACI

E.Mustafa YEĞİN

Nuran YÖRÜKEREN

Ö.Özgür GENCER

H.Basri ÇETİNKAYA

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü
41040 Veziroğlu Kampüsü/İZMİT, Tel: +90 262 335 11 48/1260

alboyaci@kou.edu.tr

emy@kou.edu.tr

yorukeren@kou.edu.tr

ogencer@kou.edu.tr

cetinkaya@kou.edu.tr

Anahtar Kelimeler : Enerji Kalitesi, Yük Tahmini, Harmonik

ÖZET :

Elektrik enerjisi dağıtım şebekelerinin oluşturulmasında dağıtım transformatörlerinin maliyetleri, yıllık yatırım maliyetleri içerisinde büyük bir yer kaplamaktadır. Kullanılan dağıtım trafoları enerji kalitesi de dikkate alınarak amaca uygun seçilmelidir. Bu çalışmada, toplu konut bölgesinde 8822 adet konutu besleyen, 13.2 MVA kurulu güce sahip, açık ring olarak çalıştırılan 14 adet dağıtım transformatörü incelenmiştir. Dağıtım trafolarından 12 adeti 1000 kVA gücünde 2 adeti ise 630 kVA gücündedir. Yapılan çalışmalar sonucunda dağıtım trafolarına konutlardan gelen eş zamanlı güç ve bu güçlerin oluşturduğu enerji kalitesi problemleri incelenmiştir.

1. GİRİŞ

Genel anlamda bir enerji dağıtım sistemi dağıtım transformatörü, açma-kapama cihazları, kablolar ve koruma cihazlarından oluşmaktadır. Dağıtım şebekeleri için yapılan yatırım masraflarının 1 kW'lık elektrik gücü içindeki payının %45-%55 olduğu tespit edilmiştir[1]. Toplam yatırım maliyeti içindeki paylarının oldukça yüksek olması, gerekse bu şebekelerin tüketicilerle doğrudan doğruya temasta bulunması daha tasarım aşamasından başlamak üzere dağıtım şebekelerine verilmesi gereken önemi ortaya koymaktadır. Alçak gerilim dağıtım şebekesinde kullanılan transformatörlerin güçleri, beslenen tüketicilerin kurulu güçlerinden hareketle eş zamanlı yükler göz önüne alınarak belirlenir. Eş zamanlı yüklerin doğru tespit edilememesi, yapılan tasarımları yetersiz kılmakta veya ekonomik olmaktan uzaklaştırmaktadır. Bu çalışmada, anlık değerleri kayıt edebilen enerji analizörleri yardımıyla konut bölgeleri ve ticaret merkezlerinin beraber beslenmeleri durumundaki yükler ölçülerek eş zamanlılık katsayılarının belirlenmesi ve güç kalitesini artırıcı önlemlerin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Önceki yıllarda yapılan tahminlerde, yaz tepe yükünün %130'una, kış tepe yükünün %170'ine karşılık gelen

dağıtım trafoları, konutlar bölgeleri için seçilmekteydi[2]. Ancak bu yöntemin tüketicilerin saatlik veya anlık değişimlerini, yük eş zamanlılığını ve iklim koşullarını dikkate almaması nedeniyle artık kullanılmamaktadır.

Yeterli ve ekonomik bir dağıtım transformatörü seçimi için yük tahmininin, transformatörün termal yapısının ve ekonomik bilgilerinin doğru olarak belirlenmesi gerekir. Yük tahmini oluşturulurken trafonun beslediği konut sayısı, bu konutlarda kullanılan cihazların güçleri ve cihazların verimleri gibi değerler dikkate alınmalıdır. Ayrıca yük tahmini değerleri ele alırken iklim koşulları da değişken olarak düşünülmelidir[3]. Transformatörün termal yüklenmeleri için, üretici firmalardan gerekli bilgileri alınarak, ekonomik kısıtlamalarla beraber değerlendirilip karar verilmelidir.

2. TRAFÖ GÜCÜNÜN BELİRLENMESİ

Dağıtım transformatörlerine gelen toplam güç değeri ya trafoya gelen belirli güç değerlerini alarak veya toplam güç değerini alıp bu değerlerin belirli bir kısmını alarak belirlenebilir. Kış ve yaz mevsimlerindeki talep faktörleri bu mevsimlerdeki en büyük gücün kurulu güçlerine oranı olarak hesaplanabilir. Transformatöre gelen gerçek güç değerini bulabilmek için denklem 1'deki formülden yararlanılır.

$$S_{TR} = \frac{N \cdot P \cdot TF \cdot TF_e}{\cos \phi} \cdot I_{yp} \quad (1)$$

Denklem 1'de,

S_{TR} : Trafoya gelen talep güç (kVA)

N : Trafodan beslenecek konut sayısı

P : Konutun kurulu gücü (kW)

TF : Konut sayısına bağlı talep faktörü

TF_e : Konutun cinsine bağlı talep düzeltme faktörü

I_{yp} : Yük profili

$\cos \phi$: Güç katsayısı

Denklem 1’de talep faktörü değerleri Elektrik İç Tesisat Yönetmeliğinden veya National Electrical Code(NEC) standartlarında bulunmaktadır[4,5]. Talep düzeltme faktörü içerisinde bir çok değişkeni almaktadır. Örnek olarak konut bölgelerinden beslenen bütün konutlar eşit alana veya aynı kurulu güce sahip değildirler. Bu değeri gerçeğe yaklaştırmak için kullanılacaktır. Konut bölgelerinde ayrıca trafonun kayıplarını hesaplayabilmek ve yüklenmesini belirlemek için yük profilleri oluşturulmalıdır.

3. ANALİZ YÖNTEMİ

14 adet dağıtım transformatöründen yaklaşık altı aydır ölçümler alınmaktadır. Bu ölçümler enerji analizörleri ile transformatörlerin sekonder ana baralarından gerçekleştirilmiştir. Ayrıca uygun görülen trafo çıkışlarından belli bölgelerdeki konutlar için ölçümler alınmıştır. Alınan ölçümler analizör tarafından 15 dakikada bir kaydedilmektedir. Analizör akım, gerilim, güç(aktif, endüktif reaktif, kapasitif reaktif), harmonik değerlerini ölçebilmektedir. Analizörlerin hafızaları 15 dakikalık ölçümlerle yaklaşık 10 gün sürede dolmaktadır. Bu nedenle bir diz üstü bilgisayara kaydedilip ölçümlere devam edilmektedir. Yapılan ölçümler sonucunda konut bölgelerinin yük profilleri, güç faktörleri ve güç kalitesi değerleri belirlenebilmiştir.

3.1. Yük Profiline Oluşturulması

Normal olarak günlük yük eğrileri 15 dakikalık zaman aralıklarında aylık dönemler halinde değerlendirilmiştir. Bu durumda her gün için 96 adet değer kaydedilmiştir. Günlük eğriler kullanılarak haftalık aylık ve yıllık ortalama eğriler birbirinden elde edilebilmektedir[6].

3.1.1. Ortalama yük eğrisi

Ortalama yük eğrisi denklem 2’den elde edilmiştir.

$$M(t) = \frac{\sum_{d=1}^n P_d(t)}{n} \quad t=1, \dots, 96 \quad (2)$$

Denklem 2’de;

$M(t)$: İlgili duyulan periyottaki güç değeri

$P_d(t)$: Ölçüm alınan herhangi bir gündeki herhangi bir t anındaki güç değeri

n : Ölçüm alınan gün sayısı

3.1.2. Standart sapma

Elde edilen 96 nokta için Denklem 3’teki standart sapma formülü uygulanarak standart sapma eğrileri elde edilmiştir.

$$S^2(t) = \frac{\sum_{d=1}^n (P_d(t) - M(t))^2}{n - 1} \quad (3)$$

Yukarıda bulunan değerler gerçek değerlerdir. Bundan sonraki işlemleri kolaylaştırmak ve birim değerlerle çalışmak için, bulunan değerler birim değerlere çevrilmiştir. Belli bir aralıkta çekilen toplam enerjiyi bulmak için denklem 4 kullanılmıştır.

$$W = \int_1^{24\text{saat}} P_m(t).dt = \sum_{d=1}^{96} M(t) \cdot \frac{15}{60} \quad (4)$$

Benzer şekilde elde edilen aylık enerji(kWh) değerleri bu aralığa bölünürse birim güç değerleri denklem 5’den elde edilebilir.

$$P_{\text{birim}} = \frac{E_{\text{ay}}}{24.30} \quad (5)$$

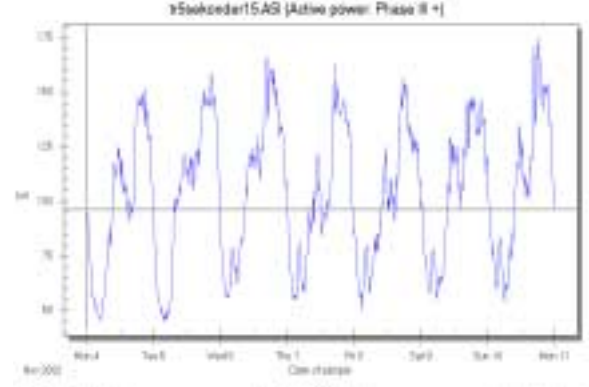
Denklem 5’den elde edilen birim güç değeri yardımıyla, denklem 2,3’teki büyüklüklerde birim değerler cinsinden denklem 6 ve 7’deki gibi yazılabilir.

$$m(t) = \frac{M(t)}{P_{\text{birim}}} \quad (6)$$

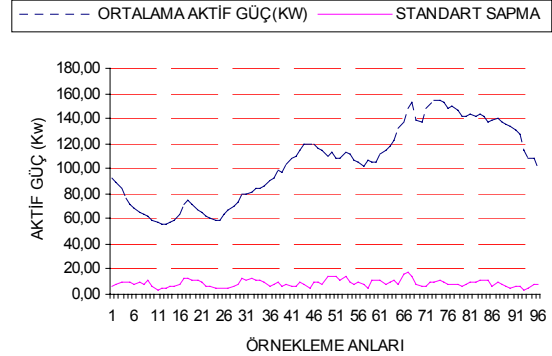
$$s^2(t) = \frac{S^2(t)}{P_{\text{birim}}^2} \quad (7)$$

4. UYGULAMA

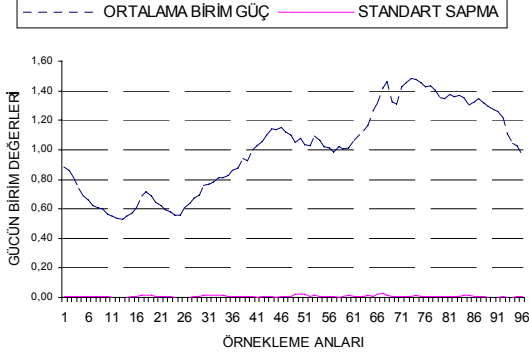
Yukarıda yapılan incelemeler ışığında 1000 kVA gücündeki dağıtım trafosunun bir haftalık yük değişimi incelenmiştir. Dağıtım trafosu 332 adet konutu ve bir adet ilk öğretim okulunu beslemektedir. Dağıtım trafosunun 16 adet sekonder çıkışı bulunmaktadır. Burada alınan ölçümlerin anlaşılabilir olması için sadece bir haftalık kısmı şekil 1’de verilmiştir. Ancak şekil 2’de oluşturulan güç değerleri yaklaşık altı aylık ölçümlerin ortalamasıdır.



Şekil 1. Dağıtım Trafosunun Bir Haftalık Yüklenmesi



Şekil 2. Ortalama Güç ve Standart Sapma Eğrileri



Şekil 3. Ortalama Birim Güç ve Standart Sapma Eğrileri

Yük profilleri şekil 2 ve 3'de sırasıyla gerçek ve birim değerler için oluşturulmuştur. Bu değerler, trafoya konutlardan dolayı gelecek olan yükün hesabında da kullanılacaktır. Uzun dönem ölçümleri göstermiştir ki, Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği'nde kullanılan talep faktörleri gerçek değerlerden oldukça uzaktır. 1000 kVA'lık bir dağıtım transformatörü hiç bir zaman 200 kVA'nın üzerinde yüklenmemiştir. Gece saatlerinde ise neredeyse tüm dağıtım trafoları boşta çalışmaktadır. Sekonder taraftaki açma kapama cihazları boyutlandırılırken dağıtım transformatörünün 1000 kVA'lık kurulu gücü dikkate alınmaktadır. Dolayısıyla seçilen açma kapama cihazları 5 katı büyük seçilmiş olacaktır.

Denklem 1'de bilinmeyen olarak güç faktörü değeri vardır. Bu değer, yerine ya yüketicilerin tek tek güçleri ve güç faktörleri ele alınarak çözüm yapılabilir. Ancak bu çok pratik ve kolay bir yöntem değildir. Bu nedenle ölçüm alınan noktalarda ortalama bir değer alınmıştır. Güç faktörü yaklaşık olarak 0.74 ile 0.94 arasında değişmektedir. Ancak bu değerlerin ağırlıklı ortalaması alındığında 0.85 gibi bir değere yaklaşmaktadır. Çalışmalarda güç faktörü 0.85 olarak kabul edilmiştir ve güç faktörünün gün içindeki değişimi Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Dağıtım Trafolarının Sekonder Baralarından Güç Faktörü Değerleri

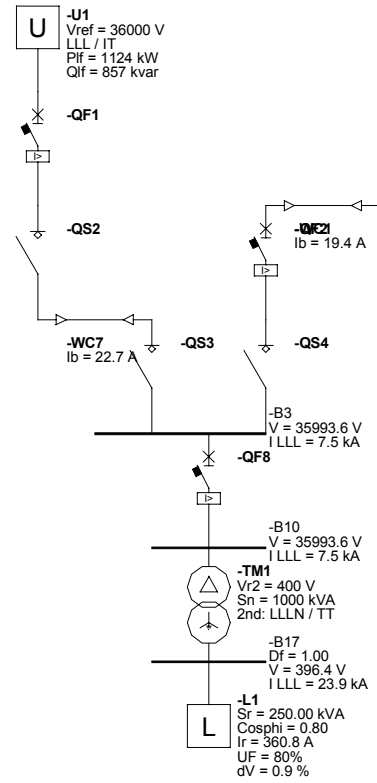
5. GÜÇ KALİTESİ

Dağıtım transformatörlerinin sekonder baralarında alınan ölçümler ayrıca güç kalitesi değerlendirmeleri için kullanılacaktır. Alınan ölçümler akım ve gerilim harmonikleri cinsinden değerlendirilmiştir. Uluslararası standartlarda olması gereken değerler aşağıdaki tabloda verilmiştir[7].

Tablo 1. Dağıtım Sistemlerinde Standart Akım Harmonikleri

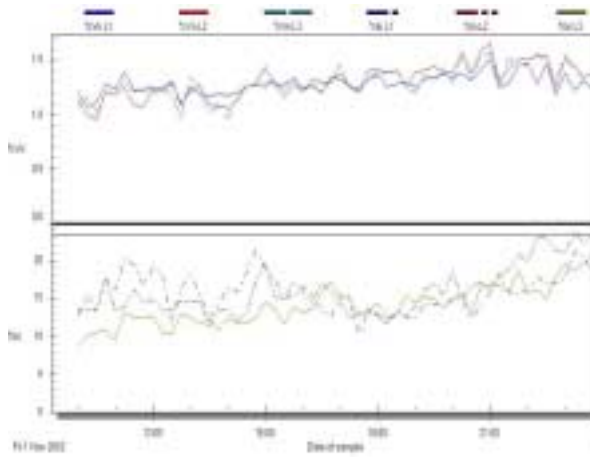
I_{sc}/I_L	$h < 11$	$11 < h < 17$	$17 < h < 23$	$23 < h < 25$	$35 < h$	TDD
< 20	4	2	1.5	0.6	0.3	5
$20 < 50$	7	3.5	2.5	1	0.5	8
$50 < 100$	10	4.5	4	1.5	0.7	12
$100 < 1000$	12	5.5	5	2	1	15
> 1000	15	7	6	2.5	1.4	20

Tablodaki I_{sc} akımı ölçüm alınan noktada hesaplanan en büyük kısa devre akımını, I_L ölçüm alınan noktadaki en büyük yük talep akımını göstermektedir. Tablo 1.'de belirlenen sınırları değerlendirebilmek için ölçüm alınan noktadaki en büyük kısa devre akımını hesaplamak gerekir. Şekil 5'te ABB DOC SACE kısa devre programında yapılan hesaplamaların sonucu gösterilmiştir. Aynı kol üzerinde 7 adet dağıtım trafosu mevcuttur. Ancak kolaylık olması açısından Şekil 5'te besleme noktası ve sadece bir adet dağıtım trafosu gösterilmiştir. İndirici merkezin gücü 500 MVA'dır.

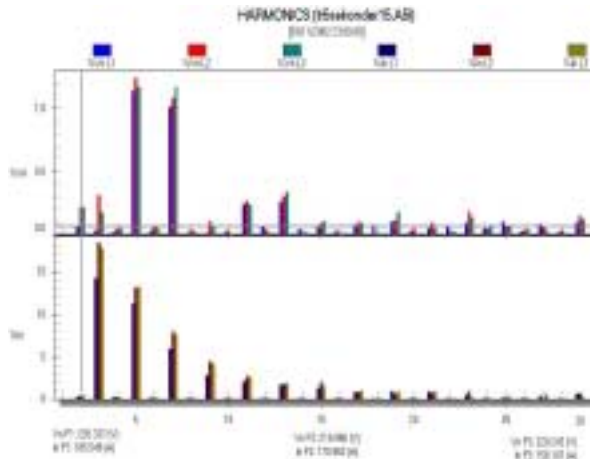


Şekil 5. Ölçüm Alınan Noktada En Büyük Kısa Devre Akımının Hesabı

Hesaplamalardan ölçüm alınan noktada en büyük kısa devre akımının değeri 23.9 kA olarak bulunmuştur. Bu noktada yükün en büyük talep akımı ise 361 A'dır. En büyük kısa devre akımını, ölçüm alınan noktada ki talep akımına oranladığımızda $23900/361=66$ değeri bulunur. Bu oran değerindeki toplam bozulma seviyesi ise %12 veya daha küçük olmalıdır. Ölçümlerden bir güne ait toplam harmonik bozulma(THB) akım ve gerilim değeri şekil 6'da verilmiştir. Toplam harmonik bozulma değeri dağıtım şebekesinde %10-25 arasında değişmektedir. Ayrıca şekil 7'de herhangi bir ölçüm anında ki akım harmonik spektrumunu verilmiştir.



Şekil 6. Trafolarının Sekonder Baralarından Ölçülen Akım ve Gerilim THB Değerleri



Şekil 7. Trafolarının Sekonder Baralarından Ölçülen Akım THB Değerlerinin Spektrumu

6. SONUÇ

Yapılan uzun dönem ölçümler ve incelemeler sonucunda dağıtım şebekemizde kullanılan dağıtım trafolarının ancak %20-30'u ile yüklenebildikleri ve sekonderdeki akım harmoniklerinin ise olması gereken değerlerin çok üzerinde olduğu görülmüştür. Ancak toplu konut bölgelerinin dışında kullanılan ticaret ve konut bölgelerini besleyen trafolarında ise yıl içinde belirli günlerde çok fazla yüklenme olduğu da gözlenmiştir. Bunun nedeni olarak kış aylarında

kullanıcıların bu bölgelerde ısınmalarını elektrikli ısıtıcılarla veya kaçak kullanımlarının önüne geçilememesi gösterilebilir.

Sekonder baralarda oluşan aşırı harmoniklerin nedeni ise ülkemizdeki cihazlar için henüz yasal bir harmonik standardın oluşmamasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca trafoların magnetik devreleri nedeniyle bir harmonik kaynağı olmaları, yanlış tahminlerden dolayı sekonderleri yüklenemeyince kendileride bir harmonik kaynağı olarak davranmaktadırlar. Bunun önüne geçmek için mevsimselliği de dikkate alınan daha doğru tahminlerin yapılması ve konutlarda kullanılan cihazlarda bir harmonik standardın getirilmesi gereklidir.

7. KAYNAKLAR

- [1] L. Heinhold, "Power Cables and Their Applications", Published by Siemens, Berlin, 1990.
- [2] A. Sargent, R.P. Broadwater, J.C.Thompson, "Estimation of Diversity and KWHR-to-Peak-KW Factors From Load Research Data", IEEE Trans. Power Systems, Vol.9,No.3, pp.1450-1456, Aug 1996.
- [3] C.S.Chen, M.S.Kang, "Temperature Effect to Distribution System Load Profiles and Feeder Losses", IEEE Trans. Power Systems, Vol.16,No.4, pp.916-921, Nov 2001.
- [4] Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği, 2001.
- [5] NEC, National Electrical Code 1981.
- [6] J.A. Jardini, H.P. Schmidt, C. Tahan, "Distribution Transformer Loss of Life Evaluation: A Novel Approach Based on Daily Load Profiles", IEEE Trans. Power Delivery, Vol.15, No.1, pp.361-366, Jan 2000.
- [7] IEEE Industry Application Society/Power Engineering Society, IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems, IEEE Std. 519-1992, April 1993.