



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENERJİ DAĞITIM SİSTEMLERİ İÇİN TÜKETİCİLERİN TALEP
FAKTÖRÜNÜN BELİRLENMESİ

Erkan GÜNEŞ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Mukden UĞUR

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Programı

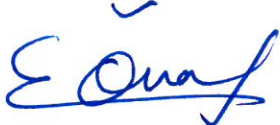
İSTANBUL-2019

Bu çalışma, 1.07.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi


Prof. Dr. Mukden UGUR(Danışman)
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi


Doç. Dr. Ayşe ERSOY YILMAZ
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi


Prof. Dr. Emel ÖNAL
İstanbul Teknik Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Fakültesi



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa’nın aboneli olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

ÖNSÖZ

Türkiye’de elektrik dağıtım sektöründe, çeşitli hesaplarda kullanılan eşzamanlılık katsayılarının günümüz koşullarında sistemlerin ihtiyaçlarını karşılayacak en uygun (optimum) değerinin belirlenmesi için, çeşitli ölçümler ve analizler yapılmak kaydıyla belli bir algoritma doğrultusunda yeniden tespiti için yapılan teknik ve bilimsel bir çalışmadır.

Bu çalışma sonucunda elde edilen, eşzamanlılık (demand factor) katsayılarının enerji sistemleri üzerinde güç hesaplamaları uğraşan herkese yardımcı olmasını dilerim.

Bana bu çalışmayı yapma olanağı veren, çalışmalarımı büyük bir sabır ve özenle inceleyerek, karşılaştığım zorlukları aşmak için bana yol gösteren değerli hocam Prof. Dr. Mukden UĞUR ’a ve bu zorlu tez sürecinde benden desteğini bir an için bile esirgemeyen değerli arkadaşlarım, Arş. Gör. Fatih ATALAR ’a ve Harun Reşit ÇETİN ’e, tüm eğitim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen her zaman yanımda olan sevgili aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Temmuz 2019

Erkan GÜNEŞ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
TABLO LİSTESİ.....	vii
ÖZET	ix
SUMMARY	x
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR.....	3
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	6
3.1. YÖNTEM.....	6
3.2. VERİLERİN TOPLANMASI.....	8
3.3. TRAFOLARIN MEVCUT DURUMU	11
3.4. ELEKTRİK İÇ TESİSLERİ YÖNETMELİĞİNDEKİ DURUM.....	15
3.5. MESKEN GRUBU ABONELERİ İÇİN GÜÇ FAKTÖRÜ (COSΦ)	17
3.6. VERİLERİN ANALİZİ	20
4. BULGULAR.....	22
4.1. KARŞILAŞTIRMA	22
4.2. ŞEBEKE KAYBI VE AZAMI YÜKLENME	24
4.3. PROJE MALİYETİNE ETKİSİ VE KAYIPLAR	25
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	31
KAYNAKLAR.....	32
ÖZGEÇMİŞ	33

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 3.1: Trafo merkezinden yaklaşık puant gücü hesap grafiği.	6
Şekil 3.2: Sayaçtan bilgisayara veri aktarımı.	8
Şekil 3.3: Sayaç optik port bağlantısı.	9
Şekil 3.4: Sayaçlardan veri alımı, genel görünüm.	9
Şekil 3.5: Sayaç okuma arayüz programı.	10
Şekil 3.6: $\cos\Phi$ güç üçgeni.	18
Şekil 3.7: Meskenlerde güç faktörü ($\cos\Phi$).	19
Şekil 3.8: Eşzamanlı yük dizilimi.	20
Şekil 3.9: Sahada ölçülen talep gücü grafiği.	20
Şekil 4.1: Yüklenme yüzdesine göre güç kayıpları grafiği.	28
Şekil 4.2: Trafo gücüne göre malzeme + montaj fiyat değişim grafiği	30

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 3.1: 2016 yılına ait TM yük durumları.	11
Tablo 3.2: 2017 yılına ait TM yük durumları.	11
Tablo 3.3: EDAŞ kurulu gücü ve max puant yükü.....	12
Tablo 3.4: TEİAŞ 'ne ait merkezleri kurulu güç ve yük durumları.....	13
Tablo 3.5: Elektrik iç tesisleri yönetmeliğine göre eşzamanlılık katsayıları.....	15
Tablo 3.6: Diğer tüketiciler ve yükler için eşzamanlılık.	16
Tablo 3.7: Bölgesel ölçüm sonuçları.	21
Tablo 4.1: Mevcut durum ile analize göre önerilen eşzamanlılık katsayıları.....	23
Tablo 4.2: Yeni eşzamanlılık kats. eşzamanlılık denk. değerleri ile karşılaştırılması.....	24
Tablo 4.3: Dağıtım şebekelerinde kullanılan trafoların norm güç değerleri (kVA).	26
Tablo 4.4: 34,5 kV transformatör kayıpları.	27
Tablo 4.5: Yüklenme yüzdesine göre güç kayıpları.	27
Tablo 4.6: TEDAŞ 2018 tüm yıl transformatör birim fiyatları.	30

Simgeler	Açıklama
-----------------	-----------------

kW	: Kilowatt
kWh	: Kilowattsaat
kVA	: Kilovoltamper
kV	: KiloVolt
kVAR	: KiloVar
CosΦ	: Güç Faktörü
P	: Aktif Güç
Qi	: Endüktif Reaktif Güç
Qc	: Endüktif Kapasitif Güç
S	: Görünür Güç
g	: Eşzamanlılık Katsayısı
n	: Daire Sayısı

Kısaltmalar	Açıklama
--------------------	-----------------

TM	: Trafo Merkezi
EPDK	: Enerji Piyasası Denetleme Kurulu
TEDAŞ	: Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.
EDAŞ	: Elektrik Dağıtım A.Ş.
EÜAŞ	: Türkiye Elektrik Üretim A.Ş.
LCD	: Sıvı Kristal Ekran
DSM	: Demand Side Management (Talep Tarafı Yönetimi)
YG	: Yüksek Gerilim
AG	: Alçak Gerilim

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENERJİ DAĞITIM SİSTEMLERİ İÇİN TÜKETİCİLERİN TALEP FAKTÖRÜNÜN BELİRLENMESİ

Erkan GÜNEŞ

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Mukden UĞUR

Türkiye’de elektrik dağıtım sektöründe, çeşitli hesaplarda kullanılan eşzamanlılık katsayılarının günümüz koşullarında sistemlerin ihtiyaçlarını karşılayacak en uygun (optimum) değerinin belirlenmesi için, çeşitli ölçümler ve analizler yapılmak kaydıyla belli bir algoritma doğrultusunda yeniden tespiti için yapılan teknik ve bilimsel bir çalışmadır.

Trafo güçlerinin hesaplanmasında kullanılan çeşitli parametrelerin (eşzamanlılık, $\cos\Phi$, şebeke kaybı, talep güç vs.) ve sahadan elde edilen verilerin analiz sonucunda güncellenmesi, bu değerlerin trafo gücü hesaplarında kullanılarak, en uygun trafo gücünün hesaplanması ve gereksiz yatırımların önüne geçilerek milli ekonomimize olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılması hedeflenmektedir.

Temmuz 2019, 43 sayfa.

Anahtar kelimeler: Eş zamanlılık katsayısı, talep faktörü, talep güç, kurulu güç, güç faktörü, yük profili

SUMMARY

M.Sc. THESIS

DETERMINATION OF DEMAND FACTOR OF CONSUMERS FOR POWER DISTRIBUTION SYSTEMS

Erkan GÜNEŞ

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Electrical and Electronic Engineering

Supervisor : Prof. Dr. Mukden UĞUR

The electricity distribution sector in Turkey, in today's conditions of simultaneity(demand) coefficients used in a variety of calculations to determine the optimum value to meet system needs, and technical and scientific study done to determine again in a certain algorithm direction if performed various measurement and analysis.

By calculating the various parameters (simultaneity factor, $\text{Cos}\Phi$, network loss, demand power etc.) used in the calculation of the transformer powers by the analysis of the data obtained from the field, it is aimed to eliminate the negative effects of the national economy by avoiding unnecessary investments by calculating the most suitable transformer power to be used in the transformer power calculations of these values.

July 2019, 43 pages.

Keywords: Simultaneity Factor, demand factor, demand power, installed power, power factor, load profile

1. GİRİŞ

Türkiye’de elektrik dağıtım sektöründe, çeşitli hesaplarda kullanılan eşzamanlılık katsayılarının günümüz koşullarında sistemlerin ihtiyaçlarını karşılayacak en uygun değerinin belirlenmesi için, çeşitli ölçümler ve analizler yapılmak kaydıyla belli bir algoritma doğrultusunda yeniden tespiti için yapılan teknik ve bilimsel bir çalışmadır.

Yapılan araştırmalar neticesinde ülkemizde yeni tesis edilen transformatör merkezlerinin trafo güçleri gereğinden çok fazla büyük seçilmekte ve milli ekonomimize olumsuz etkileri olmaktadır. Burada konunun en kritik yönü en uygun (optimum) trafo gücünün seçilebilmesidir. Trafo gücü gereğinden büyük seçilirse trafo, trafo merkezi ve merkezden çıkan iletken ve kabloların maliyetinde gereksiz yükselmeler olacaktır.

Trafo gereğinden küçük seçilirse bu defa da kısa zamanda genişletmeye gitmek gerekecek, bu da ek bir maliyet getirecektir. Bu sebeple bu maliyetleri ortadan kaldıracak ve milli ekonomimize katkı sağlayacak yeni hesap cetvellerinin oluşması ülkemiz menfaatlerine doğrudan etkili olacaktır.

Eşzamanlılık katsayısı faktörü, bütün alıcı gruplarının aynı zamanda devreye girmemesi veya kısmi yükte çalışması sebebi ile birden küçüktür. ($g < 1$). Alıcı adedi çoğaldıkça veya alıcı çeşidi arttıkça faktör küçülür. Ancak ne kadar küçüleceğini belirlemek konunun en önemli bölümünü oluşturmaktadır.

Ayrıca mesken grubu tüketicilerde güç faktörü ($\cos\Phi$), yaygın olarak yıllardan beri 0,8 alınmaktadır. Bu değeri günümüz ileri teknolojilerinde kendinden kompanzeli sistemlerin gelişmesinden dolayı 0,8 olarak alınmasının trafo gücünü yaklaşık olarak %25 büyüteceğini böylelikle bu değer tekrar gözden geçirilmesinin önemini gözler önüne sermektedir.

Bu çalışmada çeşitli coğrafik bölgelerdeki ve değişik sosyo-ekonomik alanlardaki alçak gerilim tüketici gruplarından örnek tüketim davranışları izlenmiş ve yük profil analizleri yardımıyla eşzamanlılık (simultaneity factor) katsayısının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Eşzamanlılık katsayısı ve güç faktörü deney ve benzeri yöntemlerle şebekelerde yapılan ölçümlerle saptanmış ve bu ölçümler doğrultusunda analizler yapılarak tavsiyelerde bulunulmuştur.

Böylelikle ülke olarak gereksiz yatırımların önüne geçilerek, daha teknik ve fayda oranı yüksek yatırımlara yönelmeyi sağlayacaktır.



2. GENEL KISIMLAR

Türkiye’de bu konu ile ilgili çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Ancak bu araştırmaların sayısı sınırlıdır. Bunun nedenlerinden biride geçmiş dönemlerde mesken grubu abonelerde, veri kaydetmeye elverişli olmayan mekanik tip sayaçların kullanılmış olmasıdır.

Enerji Piyasası Denetleme Kurumu’nun ve Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.’nin yayımlamış olduğu yeni teknik şartnamelerde elektronik sayaçların piyasaya sürülmesi ile birlikte elektronik sayaçlara yük profili alma özelliği eklenmesinin yanında gerilim bilgisinden akım bilgisine kadar pek çok özellik eklenmiştir.

İstanbul Avrupa yakası elektrik dağıtım bölgesindeki 2017 yılı içerisindeki elektrik tüketiminin %48’ini mesken grubu aboneleri oluşturmaktadır. Bu oran trafo güçlerinin hesabında, mesken grubu tüketicileri için kullanılan eşzamanlılık katsayılarının önemini bir kez daha göz önüne sermektedir.

Sanayinin gelişmiş olduğu batı bölgelerinden Anadolu’ya doğru gidildikçe elektrik tüketimde mesken grubu abonelerinin payı artmaktadır. Özellikle sanayinin çok gelişmediği illerimizde mesken grubu abonelerin çokluğundan dolayı trafo güçlerin en uygun değerde seçilmesi büyük önem arz etmektedir.

Ersan Şentürk ‘ün 1996 yılında enerji dağıtım sistemlerinin optimal bir şekilde dizayn edilebilmesi ve işletilebilmesinde çok önemli bir yer tutan yük karakteristikleri ve bu karakteristiklerin sistem dizaynı uygulanmasını ele alınmıştır [1]. Ersan Entürk, Yük karakteristiklerinin bir dağıtım sistemine veya dağıtım sistemlerinin konut bölgelerine ait kısımlarına uygulanabilmesi için sistemde yer alan yük tiplerinin kesin olarak bilinmesi gerektiğinden bahsetmiştir. Eğer sistemdeki yüklerin tipleri genel olarak aynı yapıya sahip ise, yükler bir grup olarak dikkate alınabilir. En önemli yük karakteristiklerinden olan eşzamanlılık faktörü, diversite faktörü, yük faktörü ve talep faktörlerinin hesaplanabilmesi için sistemin kurulu yükü ve ancak anketler veya ölçümler sonucu elde edilebilen talep, maksimum talep, eşzamanlı talep gibi verilerin elde edilmiş olması gerekliliğinden bahsetmiştir. Bu amaçla hazırlanan tezde her faktör veya ifadenin tarifleri verilerek, yapılacak olan sayısal uygulamalara bir temel oluşturulmasına çalışılmıştır. Yük karakteristiklerinin sistem dizaynı yapılırken nasıl belirlendikleri ve dizayn esnasında ne şekilde kullanıldıkları ayrı bir bölüm altında incelemiş ve yük karakteristiklerin belirlenmesi için yapılan ölçümlerin tipleri de eklenmiştir. Yapılan

uygulamaların birinde gelir düzeyi yüksek konut bölgeleri için yapılan anketler sonucu konutlarda kullanılan elektrikli cihazlar belirlenmiş ve klima ile elektrikli pişirmenin birlikte olduğu, klimanın olduğu elektrikli pişirmenin olmadığı, elektrikli pişirmenin olduğu klimanın olmadığı, klima ve elektrikli pişirmenin her ikisinin de olmadığı durumlar ayrı ayrı dikkate alınarak 4 ayrı model geliştirilmiştir. Gerekli hesaplamalar yapılmış ve ortalama eşzamanlı talep karakteristikleri bölgede yer alan tüketicilerin sayısına bağlı olarak Microsoft Windows altında çalışan "Mathcad 4.0" programı kullanılarak çizdirilmiştir.

Rosin ve diğerlerinin yaptığı çalışmada 2008 yılındaki Amerika enerji departmanının dayandırdığı rapora göre ülkenin enerji tüketiminin %74'ü binaların tüketiminden kaynaklanmaktadır [2]. Bu oran tüm sektörlerin enerji tüketiminin %39'una tekabül etmektedir. Burada enerji tüketimi yönetimi ile ilgili iki yaklaşım bulunmaktadır, bunlardan birincisi tüketimi azaltmak ikincisi ise tüketim zamanını kaydırmaktır.

Johannes Rolink ve Christian Rehtanz, Berlin'de yer alan düşük gerilim şebekelerinin kapasitelerini belirleyerek elektrikli araçların şarj istasyonlarının güçlerinin düzenlenmesini içeren bir çalışma yapmışlardır [3]. Şehir içinde ve kırsalda yer alan düşük, orta, yüksek ve çok yüksek katlı binalarda eş zamanlılık faktörlerini belirlemiş, kurulacak şarj istasyonlarının düşük gerilim şebekeleriyle bağlantı uzaklığının zamana göre değişimini incelemişlerdir.

Ricardo A. M. Flor ve diğerleri, Ulusal enerji ajansına göre talep edilen enerji ile distribütör tarafından tedarik edilen enerji arasındaki teknik ve teknik olmayan enerji kayıpları karşılaştırıldığında her yıl bu kayıplar megawatt-saat (MWh / yıl), olarak ifade edilmektedir [4]. Tüketim, talep ve kurulu güç arasındaki ilişki üzerindeki çalışmalar, ülkenin kültürü ve karakteristik özelliklerine bağlı olarak ölçümden kaynaklanan problemlerin birim tüketimlerinin belirlenmesi elektrik tesislerinin prosedürleri olarak büyük bir ilerlemeyi temsil eder. O zaman tipik yük ve talep faktörleri gerçek tüketim tahminlerine yaklaşmış olur.

B. Gwisdorf ve diğerleri, talep tarafı yönetimi ile dalgalı üretim birimlerini elektrik dağıtım sistemine entegre edilmesi neticesinde üretim birimleri ve tüketim birimlerinin aynı profile kaydırılması olduğunu belirtmiştir. [5].

Bianca Lehde ve Markus Zdrallek, şebeke tasarımının uzun bir uğraş olduğunu ve tarihte bu durum azami yük senaryolarına dayanmaktaydı. Gelecekte bu durum için iki en kötü senaryo vardır;

Bu senaryolardan birincisi yük olarak maksimum talep ve minimum üretim iken diğeri minimum talep maksimum üretimdir [6]. Ancak günümüzde teknolojinin ilerlemesi ile mesken tipi yüklerin bu hesaplamaları karmaşık olmaktan çıkmıştır. Ayrıca burada eşzamanlılık faktörü için dört parametre belirlenmiştir. Bunlar eko faktör, eko limit, gecikme limiti ve gecikme faktörüdür.

Kaija Vill ve Argo Rosin, 1960-1992 arasını değerlendirdikleri yaklaşımlar arasında büyük apartmanlar Estonya konutlarının %79'unu oluşturmaktadır. Tasarım ve yapımdan bu yana bu binaların yük profili önemli ölçüde değişmiştir: 30-50 yıl önce, en yüksek yükler bugünden çok daha düşüktü ve ev içi elektrik sistemi tasarımı için kullanılan eşzamanlılık faktörü değerleri farklıydı [7]. Talep tarafı yönetimi (Demand Side Management, DSM) ve yük toplanmasının uygulanması, konut yük profillerinde ek değişikliklere neden olmuştur. Yüklerin çoğu artık stokastik değil, eşzamanlılıkları artmaktadır. Aynı zamanda, bireysel hane halklarının doğrudan karşılıklı etki altında olduğu bir apartman bloğunda DSM uygulamasının olanakları ve etkileri ile ilgili çalışmalar sınırlıdır.

B. Gwisdorf, S. Stepanescu ve C. Rehtanz 'nın Almanya 'daki dağıtım şebekelerindeki ölçümlere dayanarak elde ettikleri eşzamanlılık fonksiyonu ve parametreleri aşağıdaki formül (2.1)'deki gibidir [8].

$$g(n) = g_{\infty} + \frac{1-g_{\infty}}{n^x} \quad (2.1)$$

Yapılan ölçümlerde, Almanya dağıtım sistem operatörleri, çok sayıdaki daire sayısına sahip binalarda ortalama şu değerlerde, $g_{\infty} = 0.028$ ve $x = 0.7$ parametreler elde ettiler.

Thomas Christ ve diğerleri, Güneş ve rüzgâr enerji kaynaklarının, sürekli kaynaklar olmadığından güneş enerjisi beslemesinin eşzamanlılığı ile güneş ve rüzgâr enerjisi kombinasyonundan beslemesi analizini yapmıştır. [9]. Burada amaç planlanan temel parametrelerin özelliklerini sağlayarak, alçak ve orta gerilim dağıtım şebeke seviyelerine ekonomik ve teknik yeterlilikler ile ilerlemektir. Bölge genişledikçe ve santral sayısı artıkça eşzamanlılık azalmaktadır.

Elektrik iç tesisleri yönetmeliğinde, Eşzamanlı güç (aynı zamanda çekilen güç), kurulu güç değeri eşzamanlılık katsayısı ile çarpılarak bulunur. Konutlarda kurulu güç genel olarak aydınlatma gücü, priz gücü ve biliniyorsa elektrikli ev aletlerinin gücünden oluşur [10].

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. YÖNTEM

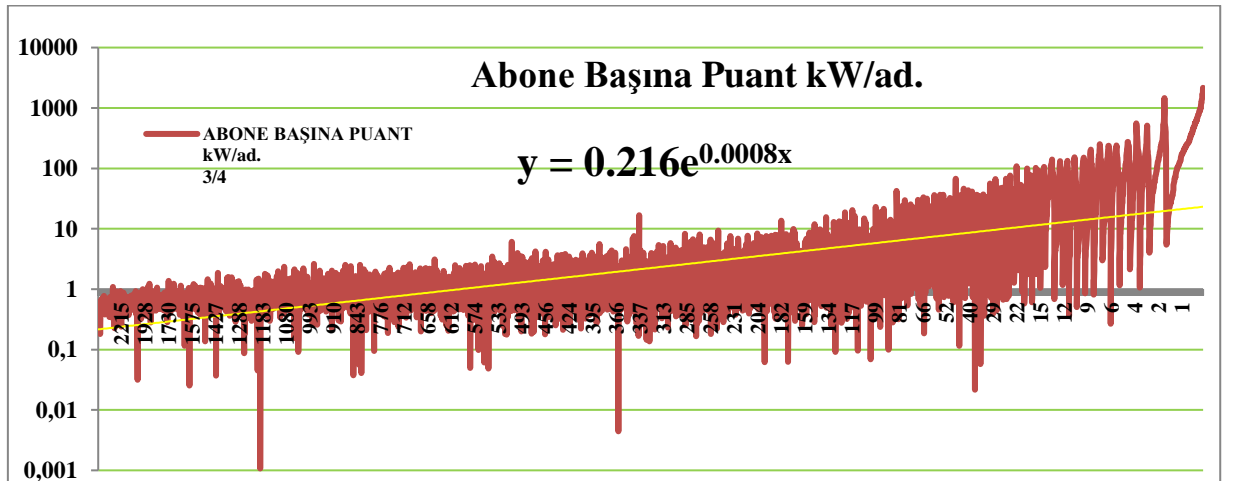
Tümdengelim yöntemi ile genelden özele doğru gidildiğinde, yani trafo ana çıkış tüketim verilerinden yola çıkılıp münferit abone yükü bulunmak istenildiğinde, çeşitli tüketici grupları nedeniyle tüketici başı talep gücüne, analiz sonucunda ulaşılamamaktadır.

Çünkü söz konu trafolar sadece mesken gruplarını beslemediği gibi çeşitli abone gruplarını da beslemektedir. Bunlar **Mesken, Ticarethane, Sanayi, Aydınlatma vb.** tüketici grupları olabilirler.

Bununla ilgili, Avrupa yakası elektrik dağıtım bölgesindeki tüm trafo merkezlerinin tüketici başına puantın eşzamanlılık eğrisi ve formülü elde edilmiştir.

Ancak trafo merkezinin beslemiş olduğu çeşitli tüketici grupları (**Mesken, Ticarethane, Sanayi, Aydınlatma vb.**) nedeniyle grafiğin orta sağından itibaren eşzamanlılık yüksek değerler gösterdiğinden ve doğruluktan saptığından dolayı güvenilirlikten uzaklaşarak, **Abone bazlı Yük Profilleri** olarak çalışma yapmamızı gerektirmiştir.

Aşağıdaki Şekil 3.1'deki grafikte bu durum özetlenmektedir.



Şekil 3.1: Trafo merkezinden yaklaşık puant gücü hesap grafiği.

Burada konun en uğraş verici tarafı sayaçlardan tek tek veri çekip bu verilerin analizini yapmaktır. Günümüzde elektronik sayaçlar tüketicilerin yük kullanım davranışlarını 15'er dakika aralıklarla ve en az 3 aylık periyotlarla kaydettiğinden bu verileri kullanmamız doğru

sonuca ulaşmamız noktasında isabetli bir karar olacaktır. Çünkü net bilgiye erişebilmek için doğrudan tüketicinin faturaya esas sayacının olduğu noktadan itibaren ölçüm yapmak en doğru seçenek olacaktır. Bu verileri tüketici sayaçlarında bilgisayar marifetiyle sayaçların optik portlarından veya RS485 iletişim portundan almak mümkündür.

Ülkemizde coğrafik açıdan mevsim şartları farklılık gösterdiğinden sosyo-ekonomik olarak da yaşam standartlarının birbirinden farklı olmasından ötürü verilerimizin çeşitliliğini arttırmak adına ülkemizde çeşitli illerden Eskişehir, İstanbul Anadolu ve Avrupa Yakası, Afyonkarahisar, Ankara illerimizden çeşitli mesken grubu aboneleri için veriler toplanmış ve işlenmiştir.

Sayaçlardan elde edilen veriler daire bazlı yan yana dizilmiş ve aynı saat ve aynı tarihe denk gelecek şekilde eşzamanlı yük bulunmuştur.

Bulunan eşzamanlı yük daha sonra daire sayısı ile birlikte analiz edilmiştir.

Yüksek hızlı bilgisayarlarda işlenen bu veriler gerçek tüketim verilerini içermektedir.

3.2. VERİLERİN TOPLANMASI

Bu çalışmada ülkemizin çeşitli illerinden çeşitli yerlerin verileri alınmış ve bu veriler işlenmiştir.

Şekil 3.2’de görüleceği üzere optik port ile bağlantı yapılarak sayaçlardan veriler alınmıştır.



Şekil 3.2: Sayaçtan bilgisayara veri aktarımı.

Burada iki adet bilgisayar ile iki adet optik port kullanılmak suretiyle hızlı bir şekilde veri aktarımının sağlanması çalışılmaktadır.

Aktarılan veriler .xlsx formatında kaydedilmiştir.

Sekil 3.3'te görüleceği üzere sayaçların LCD ekranının hemen altındaki sol alt kenarında optik port bağlantı noktası bulunmaktadır.



Şekil 3.3: Sayaç optik port bağlantısı.

Yaklaşık 1,5 metre uzunluğundaki bağlantı kablosu ile bilgisayarın USB portuna bağlantı sağlanmaktadır. Veri aktarımı başladığında sayaç LCD ekranında “rEAd” uyarı yazısı belirmektedir.



Şekil 3.4: Sayaçlardan veri alımı, genel görünüm.

3.3. TRAFOLARIN MEVCUT DURUMU

Giriş bölümünde bahsetmiş olduğumuz trafo güçlerinin gereğinden fazla büyük seçilmiş olmasını göstergeler açıkça ispat etmektedir (Tablo 3.1 ve Tablo3.2).

İstanbul Avrupa Yakasında bulunan 4970 adet trafo merkezinin 2016 yılı yük ve doluluk durumları aşağıdaki tablo 3.1 gösterilmiştir.

Tablo 3.1: 2016 yılına ait TM yük durumları.

	TRAFO ADEDİ	DOLULUK ORANI	GENEL YÜZDESİ	
BOŞTA	146	%0-%10	2,94%	47,97%
	474	%10-%20	9,54%	
	640	%20-30%	12,88%	
	570	%30-40%	11,47%	
	554	%40-50%	11,15%	
İDEAL	523	%50-60%	10,52%	31,15%
	531	%60-70%	10,68%	
	494	%70-80%	9,94%	
YÜKTE	429	%80-90%	8,63%	20,89%
	288	%90-100%	5,79%	
	321	%100 ve üzeri	6,46%	
TOPLAM	4970		100,00%	

Aynı şekilde 8115 trafo merkezinin 2017 yılındaki yük ve doluluk durumları aşağıdaki tablo 3.2 de gösterilmiştir.

Tablo 3.2: 2017 yılına ait TM yük durumları.

	TRAFO ADEDİ	DOLULUK ORANI	GENEL YÜZDESİ	
BOŞTA	418	%0-%10	5,15%	53,59%
	1044	%10-%20	12,87%	
	1079	%20-%30	13,30%	
	950	%30-%40	11,71%	
	858	%40-%50	10,57%	
İDEAL	833	%50-%60	10,26%	28,81%
	788	%60-%70	9,71%	
	717	%70-%80	8,84%	
YÜKTE	618	%80-%90	7,62%	17,60%
	427	%90-%100	5,26%	
	383	%100 ve üzeri	4,72%	
TOPLAM	8115		100,00%	

Tablo 3.1 ve tablo 3.2'ye bakıldığında trafoların 2016 yılı içerisinde **%47,97'lik** kısmı, 2017 yılı içerisinde **%53,59'luk** kısmı, **%50** ve aşağısı yükte çalıştığı görülmektedir.

Trafoların ideal yüklenme oranları %50 ile %80 doluluk oranı olarak kabul edildiğinden ideal yükte çalışan trafo oranı %30 civarında kalmaktadır.

Trafoların yaklaşık %20'lik kısmı ise ideal yüklenme üzerinde çalıştığı gözlemlenmektedir.

Özellikle dikey yapılaşmanın olduğu yerleşim yerlerinde bina altı trafo merkezleri tercih edildiğinden ve bu merkezlerden bina dışındaki enerji istek noktalarına enerjii taşımak mümkün olamamaktadır. Bunun nedeni ise bina altı merkezler genellikle otopark bodrum katlarında tesis edilmekte ve bina dışına enerjiiyi kablo ile taşımak mümkün olamamaktadır.

Bu yüzdendir ki dikey yapılaşmanın olduğu ve sadece mesken grubu abonelerin bulunacağı yerlerde ileri güç hesabı olmayacağından trafo gücünün marjlı hesaplanmaması gerekmektedir.

Tablo 3.3'te 2017 yılına ait Elektrik Dağıtım A.Ş.'nin 8115 trafo merkezinin kurulu gücü ve doluluk oranları gösterilmiştir.

Tablo 3.3: EDAŞ kurulu gücü ve max puant yükü.

TM SAYISI	TOPLAM KURULU GÜÇ (MVA)	MAX PUANT YÜKÜ(MVA)	DOLULUK ORANI
8115	9661,113	4501,0326	% 46,59

2017 yılı İstanbul Avrupa Yakası dağıtım bölgesindeki sanayii tüketici grubu oranı %52 iken %48 'i ise mesken grubu aboneleri ihtiva etmektedir. Hal böyle iken trafoların doluluk oranı **%46,59** bandında kalmaktadır.

Aynı şekilde, TEİAŞ'taki durum incelendiğinde ise konunun daha net olarak anlaşılması sağlanacaktır.

İstanbul Avrupa Yakası TEİAŞ'a ait güç transformatör merkezlerinin kurulu güç ve yük durumları tablo 3.4'te gösterilmektedir.

Tablo 3.4: TEİAŞ 'ne ait merkezleri kurulu güç ve yük durumları.

MERKEZ ADI	TRAFO SAYISI	KURULU GÜÇ (MVA)	2017 YILI MAX PUANT	DOLULUK ORANI
Atışalanı	2x100	200	102,9	51,45%
Büyükçekmece	2x100	200	173	86,50%
Bağcılar	3x100	300	189	63,00%
Ambarlı	4x100	400	322	80,50%
Bahçelievler	3x100	300	160	53,33%
Bahçeşehir	2x100	200	123,2	61,60%
Beylikdüzü	4x100	400	349	87,25%
Davutpaşa	100+2x125	350	271,5	77,57%
Etiler	3x100	300	187	62,33%
Habipler	2x100	200	100,4	50,20%
Hadımköy	2x100	200	143	71,50%
İkitelli	2x125+(3x100)	550	169,2	30,76%
Kasımpaşa	3x100	225	123	54,67%
Küçükköy	3x100	300	186	62,00%
Levent	2x100+50	250	129,2	51,68%
Maslak	2x100	200	109,5	54,75%
Sağmalcılar	3x100	300	238,4	79,47%
Silahtar	100	100	83,4	83,40%
Silivri	2x100	200	88,3	44,15%
Şişli	2x100+50	250	136,4	54,56%
Sultanmurat	2x100	200	156,4	78,20%
Taşoluk	2x100	200	78,9	39,45%
Topkapı	2x100	200	150,2	75,10%
Veliefendi	2x100+2x50	300	181,1	60,37%
Yenibosna	2x100+2x125	450	250,8	55,73%
Yıldıztepe	2x100+125	325	151,2	46,52%
Zekeriyaköy	1x125	125	37,9	30,32%
Aksaray	2x100	200	95,1	47,55%
Alibeyköy	2x100	200	70,5	35,25%
Altıntepe	2x100+50	250	150,5	60,20%
Yenikapı	2x100+50	250	145,4	58,16%
Botaş Silivri	100	100	24	24,00%
TOPLAM		8.225	4.876,40	59,29%

Tablo 3.4 'e göre 32 merkezin bulunduğu ve bu merkezlerin kurulu güçlerinin toplamı 8225 MVA 'dır.

Yaklaşık 8 adet merkezin %50 altı yükte çalıştığı görülmektedir.

Bu tabloya göre, İstanbul Avrupa Yakasındaki TEİAŞ'a ait trafo merkezlerinin doluluk oranı 2017 yılı için **%59,29**'dur.

Trafo merkezlerinin en uygun(optimumu) verimde çalışması için istenilen doluluk oranı aralığı %50-%80 olduğundan ve TEİAŞ'a ait trafo merkezlerinin doluluk oranının %60 bandında olması da ideal bir yüklenme oranına sahip olduğunu göstermektedir.

EDAŞ 'ın kurulu gücü toplamını TEİAŞ'ın kurulu gücü toplamına oranladığımızda TEİAŞ'ın kurulu gücünün EDAŞ 'ın kurulu gücünden daha büyük olması gerekirken,

$$\text{EDAŞ/TEİAŞ} = \frac{9661,13}{8225} = 1,1746$$

EDAŞ 'nin kurulu gücü enerji aldığı TEİAŞ'tan %17,46 daha büyüktür.

Bütün bunlar trafo güçlerinin doğru seçilmediğini EDAŞ 'nin kurulu güçlerinin toplamının aslında TEİAŞ'ın kurulu güçleri toplamını geçmemesi gerektiğidir. Çünkü kapasite TEİAŞ'tan sağlanmaktadır.

Her yıl gelen yeni enerji talepleri ile birlikte, EÜAŞ ve TEİAŞ 'deki genişleme yatırımlarının EDAŞ 'ın genişleme yatırımları ile paralel olmadığını düşündüğümüzde, bu farkın giderek daha da açılacağı anlamına gelmektedir.

EDAŞ 'ine ait bir yılda ortalama 120 adet 1600 kVA 'lık trafo merkezi projesi onaylandığını düşündüğümüzde, 192 MVA 'ta yakın güç EDAŞ 'nin kurulu gücüne ilave edilmektedir.

Ülkemiz genelinde aynı durum söz konusu olduğundan 21 adet dağıtım bölgesinde aynı durum ile karşı karşıya kalmaktayız. Enerjinin bir kısmını dışarıdan ithal ettiğimizden, trafo kayıplarından kaynaklı enerji kayıplarının etkisiyle, dışarıdan ithal ettiğimiz enerji oranını artması söz konusu olabilir.

Bunlara ilaveten gereksiz yere trafo merkezlerinin sayısının arttırılması, ring şebekedeki girdi çıktı sayısını arttıracak gibi buna bağlı olarak aşırı akım kesici röle koordinasyonu için koruma elemanlarının seçici çalışmasını engelleyecektir.

Bütün bunlar gösteriyor ki tesis edilen trafoların, güçlerinin gereğinden çok fazla büyük seçildiği, bundan dolayı ki trafo gücünün büyük seçilmesinde etkili olan Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliğindeki eşzamanlılık katsayılarının tekrar gözden geçirilmesi gerektiğidir.

3.4. ELEKTRİK İÇ TESİSLERİ YÖNETMELİĞİNDEKİ DURUM

Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği Madde 57' ye göre;

Eşzamanlı yükün (gücü) belirlenmesi:

Eşzamanlı güç (aynı zamanda çekilen güç), kurulu güç değeri eşzamanlılık katsayısı ile çarpılarak bulunur. Konutlarda kurulu güç genel olarak aydınlatma gücü, priz gücü ve biliniyorsa elektrikli ev aletlerinin gücünden oluşur.

Konutlarda bir dairenin eşzamanlı yükünün belirlenmesinde aşağıdaki eşzamanlılık katsayıları esas alınmalıdır.

- Kurulu gücün 8 kW 'ye kadar olan bölümü için %60

- Gücün kalan bölümü için %40

Binanın eşzamanlı yükünü belirlenmesi için aşağıdaki eşzamanlılık katsayıları esas alınmalıdır, denilmektedir.

Tablo 3.5: Elektrik iç tesisleri yönetmeliğine göre eşzamanlılık katsayıları.

Daire Sayısı	Eş Zamanlı Katsayı %
3-5	45
5-10	43
11-15	41
16-20	39
21-25	36
26-30	34
31-35	31
36-40	29
41-45	28
46-50	26
51-55	25
56-61	24
62 ve daha fazla	23

Mevcut yönetmelik incelendiğinde **Daire Eşzamanlılık yükünün** belirlenmesinde mesken grup tüketicileri için kurulu gücün 8 kW 'ye kadar olan bölümü için %60 geriye kalan bölümü için %40'lık bir ön hesap öngörülmüştür.

Örneğin; 15 kW kurulu güce sahip bir mesken grubu tüketicinin;

$$\text{Toplam talep gücü} = 8kW \times \%60 + (15kW - 8kW) \times \%40 = 7,6kW$$

7,6 kW daire talep gücü olarak hesaplanmaktadır. Sonrasında **Bina Eşzamanlı yükünün** bulunmasında, binada kaç adet daire var ise oranın tablo 3.5'de karşılık gelen katsayı kullanılmaktadır. Bu örnek için bu binada 52 adet daire var ise şöyle ki;

Tablo 3.5 'deki 52 adet daireye denk gelen bina eşzamanlılık katsayısı 25'dir.

Yani bu binadaki 15 kW kurulu güce sahip bir daire için talep gücü = 7,6 kW x 0,25 = 1,9 kW'tır.

Bunu anlamı 52 adet dairenin aynı anda her birinden çekilen güç **1,9 kW**'tır.

52 daire için toplam talep güç ise **1,9 kW x 52 = 98,8 kW** olmaktadır. Ancak ileriki bölümlerde ölçüm sonuçlarımızdan elde etmiş olduğumuz veriler bu sayının daha büyük bir değer olduğunu gösterecektir.

Elektrik iç tesisleri yönetmeliğinde, tablo 3.6 'de belirtilen diğer tüketiciler ve yükler içinde eşzamanlılık katsayıları bulunmaktadır.

Tablo 3.6: Diğer tüketiciler ve yükler için eşzamanlılık.

Eşzamanlılık Katsayısı			
Bina cinsi	Yük Miktarı	Eşzamanlılık Katsayısı %	
Hastaneler	İlk 50 kVA	40	
	Kalan Yük	50	
Oteller, moteller ve tatil köyleri	İlk 50 kVA	50	
	20- 100 kVA arasında	40	
	Kalan yük	30	
Depolar	İlk 12,5 kVA	100	
	Kalan yük	50	
Diğer binalarda	Tüm yük	100	
	Priz yükü için eşzamanlılık katsayısı- Tüm yapılarda	İlk 10 kVA	100
		Kalan yük	50
Asansör yükü için eşzamanlılık katsayısı:			
	Büro binalarında, otellerde	100	
	Okullarda, Hastanelerde	85	
	Apartman ve diğer binalarda	55	

Ancak tablo 3.6 'deki değerler mesken grubu tüketicilerin eşzamanlılık değerlerini kapsamadığı görülmektedir.

3.5. MESKEN GRUBU ABONELERİ İÇİN GÜÇ FAKTÖRÜ (COSΦ)

Trafo gücü hesabında kullanılan bir diğer önemli parametre ise güç faktörüdür.

Elektrik tesisleri projelerinde trafo gücü hesabında CosΦ değeri yaygın 0,8 olarak kabul edilmektedir.

Ancak gerçek CosΦ değerinin kaçta kaçta tekabül ettiğini bulmamız gerekmektedir.

Eğer pratikte CosΦ değeri 1 'e yakın bir değerde ise bu değeri geleneksel olarak 0,8 almak demek trafo gücünün %25 büyük seçileceği anlamına gelmektedir.

Bu bağlamda, tezin asıl konusu olan eşzamanlılık katsayısı ile ilgilendiğimiz gibi CosΦ değerinin de araştırılması gerekir.

Bundan dolayıdır ki 19 adet trifaze tüketicinin 6 aylık 30'ar dakikalık periyotlarla verileri alınmış ve bu veriler üzerinden CosΦ analizi gerçekleştirilmiş olup, pratikteki CosΦ değerleri hesaplanmıştır.

Hesaplanma yönteminde 19 tüketicinin 30'ar günlük endüktif reaktif ve endüktif kapasitif fark değerleri üzerinden eşzamanlı olarak hesaplama yapılmıştır. EPDK'nin kurul kararları ve ilgili yönetmelikler gereği 9 kW talep gücüne kadar ki meskenlere reaktif güç tarifesi uygulanmamaktadır.

Burada CosΦ (3.1);

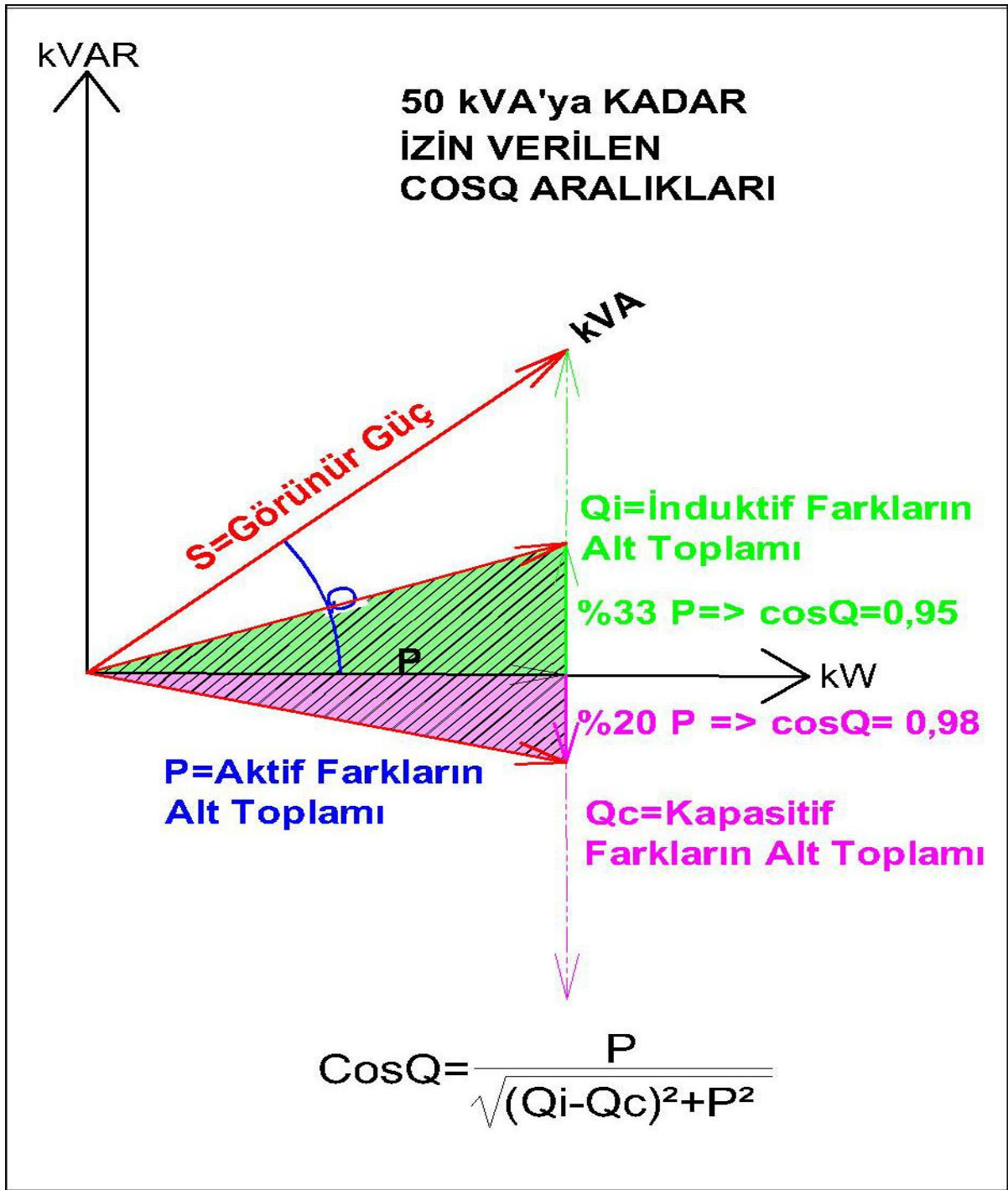
$$\mathbf{Cos\Phi} = \frac{\mathbf{P}}{\sqrt{(\mathbf{Qi}-\mathbf{Qc})^2 + \mathbf{P}^2}} \quad (3.1)$$

formülü uyarınca hesaplanabilir.

P=Aktif güç fark toplamı

Qi=Reaktif endüktif güç fark toplamı

Qc=Kapasitif endüktif güç fark toplamı

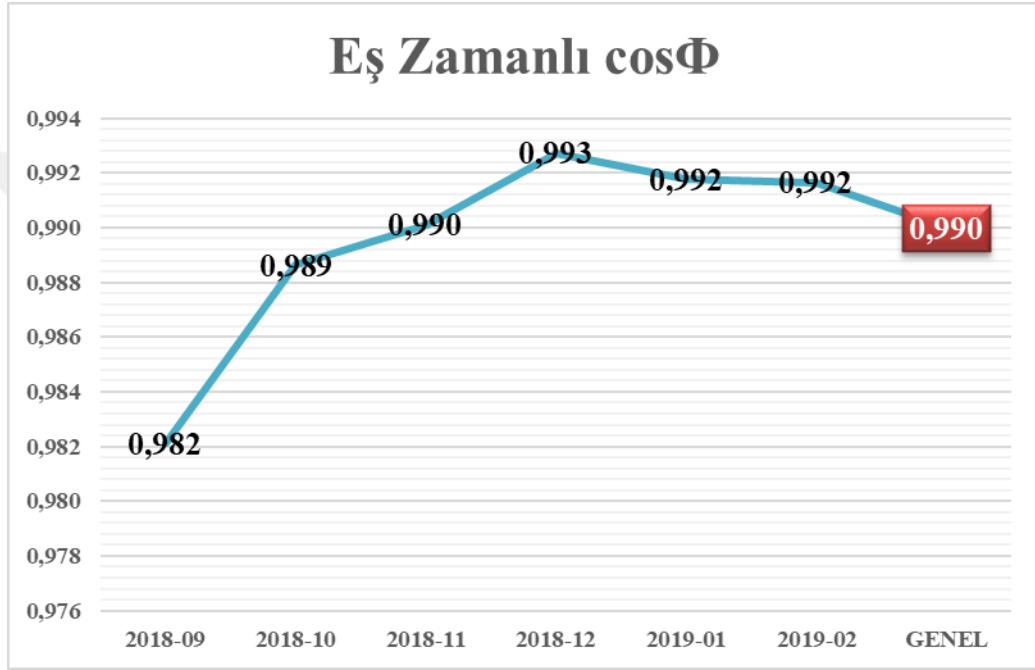


Şekil 3.6: CosΦ güç üçgeni.

Elektrik piyasası tüketici hizmetleri yönetmeliğine göre, kurulu gücü 50 kVA 'nın altında olan müşteriler, çektikleri aktif enerji miktarının **yüzde otuz üçünü** aşan şekilde **endüktif reaktif** enerji tüketmeleri veya aktif enerji miktarının **yüzde yirmisini** aşan şekilde **kapasitif reaktif** enerji vermeleri halinde reaktif enerji tüketim bedeli ödemekle yükümlüdürler (Şekil 3.7).

Sözleşme gücü kurulu gücün %60 olarak alındığında daire sözleşme güçleri 9 kW 'ı geçmediğinden reaktif güç tarifesi meskenlere uygulanmamaktadır. Ancak $\text{Cos}\Phi$ değeri trafo gücü hesabında parametrelerden biri olduğundan, değerlendirmeye almak durumundayız.

Burada 2018/09 ayından itibaren 2019/02 tarihine kadar yük profilleri ile birlikte aktif fark, reaktif endüktif fark, reaktif kapasitif fark değerleri ölçülmüş ve aşağıdaki eş zamanlı grafik oluşmuştur.



Şekil 3.7: Meskenlerde güç faktörü ($\text{Cos}\Phi$).

Şekil 3.7 'deki grafiğe göre geneldeki eşzamanlı $\text{Cos}\Phi$ değeri 0,99 olarak hesaplanmaktadır.

Trafo güçleri kVA olarak hesaplandığından talep gücü olarak hesaplanan kW değerinin kVA dönüşümü için (3.2);

$$\frac{P(kW)}{\text{Cos}\Phi} = kVA \quad (3.2)$$

dönüşümü yapılmaktadır.

Yani $\text{Cos}\Phi$ değeri 0,8 seçiliyor iken aslında mesken tipi tüketicilerde 0,99 seçilmelidir. Bunun anlamı trafo güçlerinin, $\frac{0,99}{0,8} = 1,2375$ oranında, yani %23,75 daha küçük seçilmesi demektir.

3.6. VERİLERİN ANALİZİ

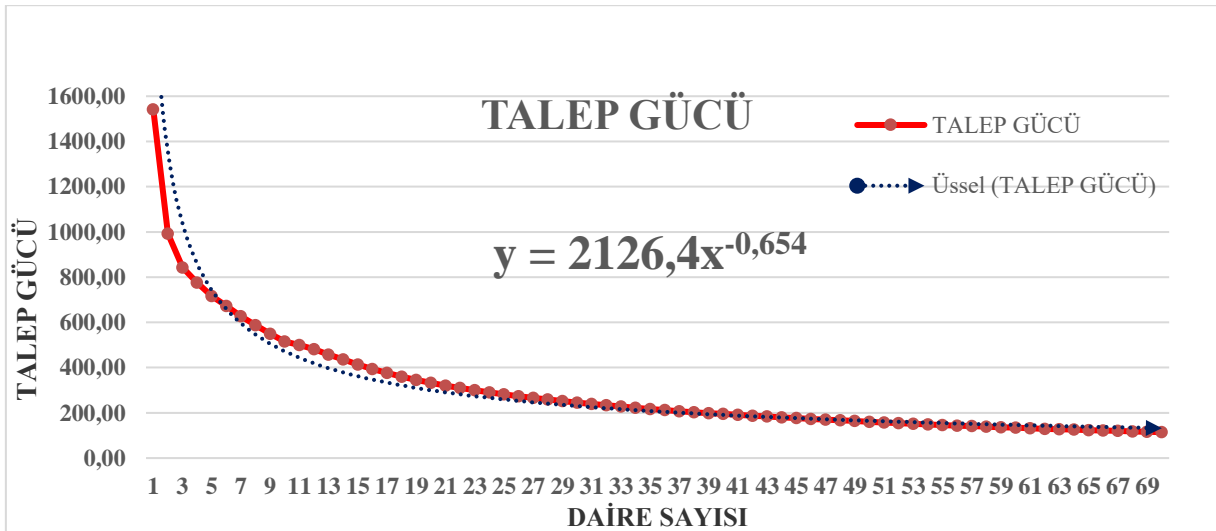
Elde edilen tüketim verileri ile eşzamanlı talep gücün belirlenmesi için aynı gün ve saatte yan yana dizilen yük profili verileri, daire sayısına göre en büyük yük değerlerinin ortalaması alınmıştır.

Bu durum Şekil 3.8 'de gösterilmektedir.

	TESİSAT 1	TESİSAT 2	TESİSAT 3	TESİSAT 4	TESİSAT 5	TESİSAT 6	TESİSAT 7	TESİSAT 8	Tİ
ÖLÇÜM ZAMA	1	2	3	4	5	6	7	8	
2018-01-10 00:00	47,00	42,00	75,00	53,00	141,00	39,00	36,00	37,00	
2018-01-10 00:15	75,00	81,00	48,00	26,00	139,00	67,00	71,00	34,00	
2018-01-10 00:30	48,00	68,00	37,00	27,00	132,00	63,00	42,00	49,00	
2018-01-10 00:45	45,00	42,00	66,00	27,00	106,00	38,00	22,00	27,00	
2018-01-10 01:00	17,00	53,00	60,00	41,00	135,00	31,00	64,00	43,00	
2018-01-10 01:15	39,00	37,00	36,00	63,00	149,00	30,00	41,00	38,00	
2018-01-10 01:30	43,00	55,00	61,00	61,00	76,00	27,00	49,00	32,00	
2018-01-10 01:45	27,00	77,00	52,00	33,00	82,00	41,00	44,00	45,00	
2018-01-10 02:00	38,00	52,00	43,00	26,00	64,00	41,00	32,00	25,00	
2018-01-10 02:15	12,00	32,00	48,00	27,00	51,00	39,00	53,00	46,00	
2018-01-10 02:30	29,00	42,00	68,00	30,00	102,00	38,00	66,00	65,00	
2018-01-10 02:45	48,00	37,00	50,00	64,00	79,00	37,00	13,00	89,00	

Şekil 3.8: Eşzamanlı yük dizilimi.

Şekil 3.9 'deki 2017 yılına ait, 70 adet dairenin bulunduğu bir binada aynı dakikalarda eşzamanlı olarak dairelerin tüketim verileri bilgisayar aracılığıyla analiz edilmiş ve aşağıdaki grafik elde edilmiştir.



Şekil 3.9: Sahada ölçülen talep gücü grafiği.

Bu grafiğin y eksenine karşılık gelen değer bir dairenin toplam daire sayısına göre talep gücünü göstermektedir. x eksenini ise daire sayısını göstermektedir. Şekil 3.9 'deki grafiğin eğrisine denk gelen üssel fonksiyonun denklemi (3.3) elde edilmiştir.

$$y = 2126,4x^{-0,654} \quad (3.3)$$

Eşzamanlı talep gücü denklemin sağlaması amaçlı çeşitli coğrafik bölgelerden ve illerden elde edilen verilerin aynı şekilde eşzamanlılık analizi yapılmış ve benzer sonuçlar elde edilmiştir (Tablo 3.7).

Tablo 3.7: Bölgesel ölçüm sonuçları.

ÖLÇÜM YAPILAN İL	İLÇE	MAHALLE	TESİSAT SAYISI	EŞZ. PUANT (W)	EĞRİYE GÖRE EŞ ZAMANLI TÜKETİM
İSTANBUL AVRUPA	BAYRAMPAŞA	KOCATEPE	7	511,6	610,01
İSTANBUL AVRUPA	SULTANGAZİ	ESKİ HABİPLER	24	270,9	283,81
İSTANBUL AVRUPA	SULTANGAZİ	YUNUSEMRE	20	192,1	317,83
İSTANBUL AVRUPA	EYÜPSULTAN	GÖKTÜRK	19	311,2	328,12
İSTANBUL AVRUPA	ZEYTİNBURNU	CEVİZLİBAĞ	12	401,1	436,48
İSTANBUL AVRUPA	KÜÇÜKÇEKMECE	ATAKENT	19	321,6	328,12
İSTANBUL AVRUPA	BAHÇELİEVLER	ÇOBANÇEŞME	11	237,09	460,72
İSTANBUL AVRUPA	ŞİŞLİ	HALİDE EDİP ADIVAR	27	168	263,79
İSTANBUL ANADOLU	KADIKÖY	SAHRAYICEDİT	10	380,8	488,81
ESKİŞEHİR	MERKEZ	MERKEZ	26	255,6	270,05
ANKARA	SİNCAN	MERKEZ	22	264,5	281,64

Tablo 3.7'deki veriler gösteriyor ki sahada ölçülen talep gücü ortalaması ile eşzamanlılık denklemindeki değer karşılıkları yaklaşık olarak birbiri ile örtüşmektedir.

4. BULGULAR

4.1. KARŞILAŞTIRMA

Verilerin analizi sonucunda hesaplanan talep gücü değerleri ile elektrik iç tesisleri yönetmeliğindeki değerleri karşılaştırdığımızda bariz bir fark ortaya çıkmaktadır.

Bu durumu bir örnek üzerinden göstermek istersek;

Örneğin, 52 dairelik bir binanın eşzamanlı talep gücü, elde edilen eşzamanlılık denkleminde (3.3) göre: $y = 2126,4x^{-0,654}$

Burada $x = 52$ ise $\Rightarrow y = \frac{160,46 W}{Daire}$ olarak bulunmaktadır.

Toplam talep güç = $\frac{160,46 W}{Daire} \times 52 Daire = 8,344 kW$ 'tır.

Mevcut yönetmeliğe göre 3.4.' üncü bölümde yapmış olduğumuz hesaba göre ise bu rakamın 98,8 kW olması gerektiğidir.

İki sayıyı birbirine oranladığımızda ise $\frac{98,8 kW}{8,344 kW} = 10,82$ katı elde edilmektedir.

Bunun anlamı mevcut yönetmeliğe göre hesaplama yapıldığında, talep güçleri yaklaşık 10 kat daha büyük seçilmiştir.

Hal böyle iken; (3.3)' deki eşzamanlılık denklemini sağlayacak yeni katsayıları önerebiliriz.

Tablo 4.1 'de yürürlükteki mevcut yönetmelikteki eşzamanlılık katsayıları ve kurulu güç yüzde oranlarına karşın, analiz neticesinde elde edilen eşzamanlılık denkleminin (3.3) değerlerini yaklaşık olarak sağlayacak yeni eşzamanlılık katsayıları ve kurulu güç yüzde oranları kullanılabilir.

Tablo 4.1: Mevcut durum ile analize göre önerilen eşzamanlılık katsayıları.

MEVCUT YÖNETMELİK			ÖNERİ		
Daire Sayısı	Bağımsız bölüm sayısı Eşzamanlı Katsayı (%)	Kurulu Güç Oranı (%)	Daire Sayısı	Bağımsız bölüm sayısı Eşzamanlı Katsayı (%)	Kurulu Güç Oranı (%)
3-5	45	Kurulu gücün 8 kW 'ye kadar olan bölümü için %60, gücün kalan bölümü için %40	2-3	27	30
5-10	43		4-7	26	20
11-15	41		8-11	25	15
16-20	39		12-15	24	10
21-25	36		16-19	23	10
26-30	34		20-23	22	10
31-35	31		24-27	21	8
36-40	29		28-31	20	8
41-45	28		32-35	19	8
46-50	26		36-39	18	8
51-55	25		40-45	17	7
56-61	24		46-50	16	7
62 ve üzeri	23		51-55	15	7
-	-		56-60	14	7
-	-		61-65	13	7
-	-		66 ve üzeri	12	7

Tablo 4.1'deki önerilen yeni eşzamanlılık katsayılarının, eşzamanlılık denklemini değerlerini sağladığını gösteren değerler tablo 4.2 'deki gibidir.

Elektrik iç tesisleri yönetmeliğinin 57. Maddesi uyarınca, kurulu gücün 8 kW 'ye kadar olan bölümü için %60, gücün kalan bölümü için %40 olan kurulu güç oranı, zaten yüksek değerlerde olan eşzamanlılık katsayılarının etkisiyle talep gücün daha da asimetrik yükselmesine neden olmaktadır.

Bundan dolayıdır ki, eşzamanlılık katsayılarının yanında, kurulu güç yüzde oranlarının da güncellenmesi kaçınılmazdır.

Tablo 4.2: Yeni eşzamanlılık kats. eşzamanlılık denk. değerleri ile karşılaştırılması.

Daire Sayısı	Eşzamanlılık Denklemine göre Talep güç (W)		Önerilen yeni eşzamanlılık katsayıları ve kurulu güç oranına (%) göre talep güç (W)
	Maks.	Min.	
2-3	1351,36	1036,59	1215
4-7	858,81	595,59	780
8-11	545,79	443,17	562,5
12-15	418,66	361,81	360
16-19	346,86	309,98	345
20-23	299,76	273,57	330
24-27	266,06	246,34	252
28-31	240,55	225,06	240
32-35	220,43	207,89	228
36-39	204,09	193,68	216
40-45	190,50	176,38	178,5
46-50	173,86	164,63	168
51-55	162,52	154,68	157,5
56-60	152,87	146,13	147
61-65	144,56	138,68	136,5
66 ve üzeri	137,30	132,11	126

Tablo 4.2 ‘deki sonuçlar gösteriyor ki, yukarıdaki tablo 4.1 ‘deki yeni eşzamanlılık katsayıları sahadaki verileri doğrulamaktadır.

4.2. ŞEBEKE KAYBI VE AZAMI YÜKLENME

TEDAŞ tarafından Mart 2016 yılında yayınlanan “TEDAŞ Yetkisi Kapsamındaki Projelerin Onayına İlişkin Usul ve Esasları” kapsamındaki Ek Form- 6 ‘ya göre trafo gücü hesaplarında %10 şebeke kaybı eklenmektedir.

Buna ilaveten bölüm 3.5. ‘te bahsetmiş olduğumuz mesken grubu aboneleri için güç faktörünün ($\cos\Phi$) 0,99 alınmaması ve yaygın olarak 0,8 alınmasından dolayı seçilecek trafo güçleri %23,75 oranında daha büyük seçilmektedir.

Eşzamanlılık katsayılarının büyüklüğünden kaynaklanan gereğinden büyük talep gücüne ek olarak, %10 şebeke kaybı eklenmesi ve güç faktöründen kaynaklı %23,75’lik artış, toplamda seçilecek trafo gücünün %33,75 büyük seçilmesine neden olmaktadır.

Bu durum Avrupa’da ise seçilecek transformatör tipi;

- **Kuru tip ise** toplam çıkış yük miktarı maksimum olarak; trafo gücünün %90 'ını,
- **Hermetik yağlı tip ise** toplam çıkış yük miktarı maksimum olarak; trafo gücünün %80 'ini aşamayacak şekilde tasarlanmaktadır.

Not: Elektrik kuvvetli akım tesisleri yönetmeliğinin 37. maddesi (g) bendi uyarınca, “İnsanların yoğun bulunduğu paniğin yaşanabileceği tüm yapılar, bodrumlar, yüksek katlı binalar, hastaneler, tiyatrolar, alış-veriş merkezleri, okullar gibi yapılar bağımsız olarak yüksek gerilimle enerjilendirildiğinde ana bina içindeki transformatörler güvenlik açısından **kuru tip** olmalıdır.” Denilmektedir.

4.3. PROJE MALİYETİNE ETKİSİ VE KAYIPLAR

Önceki bölümlerde temel olarak bahsetmiş olduğumuz trafo güçlerinin gereğinde büyük seçilmesinin, transformatör kayıplarına etkisini inceleyeceğiz.

Transformatör kayıplarını etkileyen parametreler aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

Talep güçlerinin kW cinsinden olmasına karşın, transformatör norm güç değerlerinin kVA cinsinde seçiliyor olmasının nedenini özetlersek;

- Transformatörlerde bakır kayıplarının yanında demir kayıpları da vardır,
- Demir kayıpları, giriş gerilimine bağlıdır,
- Ancak bakır kayıpları, sargılardan geçen akımın miktarına bağlıdır.

Böylece toplam kayıp, gerilim ve akıma bağlı olduğundan (VA) ve faz açısına ve dolayısıyla güç faktörüne bağlı olmadığından kW olarak değil de kVA olarak seçilmektedir.

Dağıtım şebekelerinde kullanılan 16 farklı güçteki transformatörün norm güç değerleri tablo 4.3 'de gösterilmiştir.

Tablo 4.3: Dağıtım şebekelerinde kullanılan trafoların norm güç değerleri (kVA).

Sıra No	Dağıtım Şebekelerinde Kullanılan Transformatörlerin Norm Güç değerleri (kVA)
1	25
2	50
3	100
4	160
5	200
6	250
7	315
8	400
9	500
10	630
11	800
12	1000
13	1250
14	1600
15	2000
16	2500

Trafolar bakır sargılı veya alüminyum sargılı olarak üretilmektedirler.

Herhangi bir yüklenme seviyesindeki trafo kayıpları (4.1)'de formülize edilmiştir.

$$P_{Top. Kayıp} = P_{Yüksüz K.} + P_{Yük. Oranı}^2 \% x P_{Tam Yük. K.} \quad (4.1)$$

Tablo 4.4 'de Best marka trafo kataloğundan alınan bakır sargılı transformatörlerin güç kaybı tablosu bulunmaktadır.

Tablo 4.4: 34,5 kV transformatör kayıpları.

GÜÇ (kVA)	KAYIPLAR (W)	
	Boşta (Demir)	Yükte (Bakır) (75 °C)
160	480	2800
200	580	3500
250	700	4050
315	820	5150
400	900	5850
500	1250	6750
630	1350	8000
800	1520	9700
1000	1600	12200
1250	1950	14000
1600	2250	16500

NOT: Değerler Best Trafo Kataloğundan Alınmıştır.

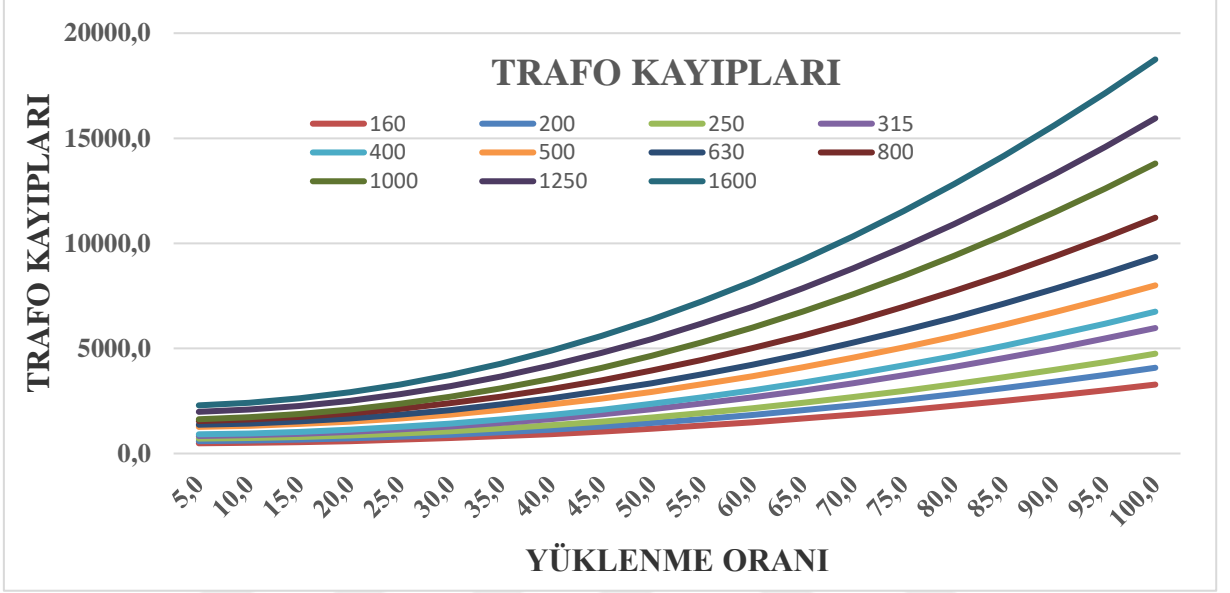
Transformatörlerin %5'lik yüklenme oranı adımları ile elde edilen güç kayıpları listesi tablo 4.5.'te gösterilmiştir.

Tablo 4.5: Yüklenme yüzdesine göre güç kayıpları.

YÜK (%)	TRANSFORMATÖRLERİN YÜKLENME YÜZDESİNE GÖRE GÜÇ KAYIPLARI (W)										
	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600
5	487,0	588,8	710,1	832,9	914,6	1266,9	1370,0	1544,3	1630,5	1985,0	2291,3
10	508,0	615,0	740,5	871,5	958,5	1317,5	1430,0	1617,0	1722,0	2090,0	2415,0
15	543,0	658,8	791,1	935,9	1031,6	1401,9	1530,0	1738,3	1874,5	2265,0	2621,3
20	592,0	720,0	862,0	1026,0	1134,0	1520,0	1670,0	1908,0	2088,0	2510,0	2910,0
25	655,0	798,8	953,1	1141,9	1265,6	1671,9	1850,0	2126,3	2362,5	2825,0	3281,3
30	732,0	895,0	1064,5	1283,5	1426,5	1857,5	2070,0	2393,0	2698,0	3210,0	3735,0
35	823,0	1008,8	1196,1	1450,9	1616,6	2076,9	2330,0	2708,3	3094,5	3665,0	4271,3
40	928,0	1140,0	1348,0	1644,0	1836,0	2330,0	2630,0	3072,0	3552,0	4190,0	4890,0
45	1047,0	1288,8	1520,1	1862,9	2084,6	2616,9	2970,0	3484,3	4070,5	4785,0	5591,3
50	1180,0	1455,0	1712,5	2107,5	2362,5	2937,5	3350,0	3945,0	4650,0	5450,0	6375,0
55	1327,0	1638,8	1925,1	2377,9	2669,6	3291,9	3770,0	4454,3	5290,5	6185,0	7241,3
60	1488,0	1840,0	2158,0	2674,0	3006,0	3680,0	4230,0	5012,0	5992,0	6990,0	8190,0
65	1663,0	2058,8	2411,1	2995,9	3371,6	4101,9	4730,0	5618,3	6754,5	7865,0	9221,3
70	1852,0	2295,0	2684,5	3343,5	3766,5	4557,5	5270,0	6273,0	7578,0	8810,0	10335,0
75	2055,0	2548,8	2978,1	3716,9	4190,6	5046,9	5850,0	6976,3	8462,5	9825,0	11531,3
80	2272,0	2820,0	3292,0	4116,0	4644,0	5570,0	6470,0	7728,0	9408,0	10910,0	12810,0
85	2503,0	3108,8	3626,1	4540,9	5126,6	6126,9	7130,0	8528,3	10414,5	12065,0	14171,3
90	2748,0	3415,0	3980,5	4991,5	5638,5	6717,5	7830,0	9377,0	11482,0	13290,0	15615,0
95	3007,0	3738,8	4355,1	5467,9	6179,6	7341,9	8570,0	10274,3	12610,5	14585,0	17141,3
100	3280,0	4080,0	4750,0	5970,0	6750,0	8000,0	9350,0	11220,0	13800,0	15950,0	18750,0

Burada görünen o ki, aynı yüklenme oranına sahip büyük güçlü transformatörlerin kayıpları, küçük güçlü transformatörlerin kayıplarında daha yüksektir.

Tablo 4.5'teki tablonun şekil 4.1'de grafiği çizilmiştir.



Şekil 4.1: Yüklenme yüzdesine göre güç kayıpları grafiği.

Şekil 4.1'deki grafiğe bakıldığında trafo gücü yüklenme yüzdesi arttıkça transformatörlerin toplam kaybı da asimetric olarak artmaktadır.

Mevcut duruma göre transformatörünün 1600 kVA güçte seçilmesi gereken bir trafo merkezinin, yeni eşzamanlılık katsayıları veya eşzamanlılık denklemi kullanılarak trafo gücünün yeniden hesaplanmasıyla yeni CosΦ değerlerinin uygulanması ile birlikte 630 kVA seçilmesi gerektiğini bir örnek üzerinden inceleyelim.

1600 kVA %20 yüklenme oranı için (4.1) uygulandığında;

$$P_{Top. Kayıp} = 2250 + (0,2)^2 \times 16500$$

P_{toplam Kayıp} = 2910 kW

1600 kVA trafonun %20 yüklendiği bir sistemde, 630 kVA 'a trafo %50,79 yüklenmiş olacaktır.

630 kVA %50,79 yüklenme oranı için (4.1) uygulandığında;

$$P_{Top. Kayıp} = 1350 + (0,579)^2 \times 8000$$

P_{topl}am Kayıp = 4031,928 kW

Kayıp farkı = 4031,92-2910 = 1,121 kW

Buradaki 1,121 kW'lık trafo kaybı farkı gösteriyor ki, Aynı sistem yükü için trafo gücünün büyük seçilmesi trafo kayıplarını arttırmamaktadır. Bunu nedeni ise aynı sistem yükünün farklı güçteki transformatörlerde farklı yüklenme oranları oluşturduğundandır.

Ülke genelindeki yeni konulan trafo sayıları düşünüldüğünde bu rakamlar muazzam derecede artacaktır.

Bu hesaplamalar neticesinde YG seviyesinde enerji verilecek birçok sitenin AG seviyesinden enerji verilmesi dahi söz konusu olacaktır. Bu itibarla elektrik tesis maliyetleri çok daha da düşecektir.

Proje maliyetlerine etkisini incelediğimizde ise,

Bölüm 4.1'deki örneği ele aldığımızda, 52 dairenin,

Mevcut yönetmelik ve uygulamalara göre trafo gücü hesabı (4.2):

$$\mathbf{Trafo\ gücü = \frac{Talep\ Gücü \times \text{Şebeke Kaybı}}{\cos Q}} \quad (4.2)$$

$$\mathbf{Trafo\ gücü = \frac{98,8\ kW \times 1,1}{0,8} = 135,85\ kVA}$$

135,85 kVA güce dek gelen norm trafo gücü 160 kVA 'dır.

Eşzamanlılık denklemine göre trafo gücü (4.3):

$$\mathbf{Trafo\ gücü = \frac{Talep\ Gücü \times Trafo\ Marjı}{\cos Q}} \quad (4.3)$$

$$\mathbf{Trafo\ gücü = \frac{8,344 \times 1,2}{0,99} = 10.11\ kVA}$$

10,11 kVA güce dek gelen norm trafo gücü 25 kVA 'dır.

TEDAŞ 2018 yılı birim fiyatlar kitabındaki 34,5 kV Hermetik tip bakır sargılı transformatörlerin birim fiyatları trafo gücü arttıkça logaritmik olarak artmaktadır (Tablo 4.6).

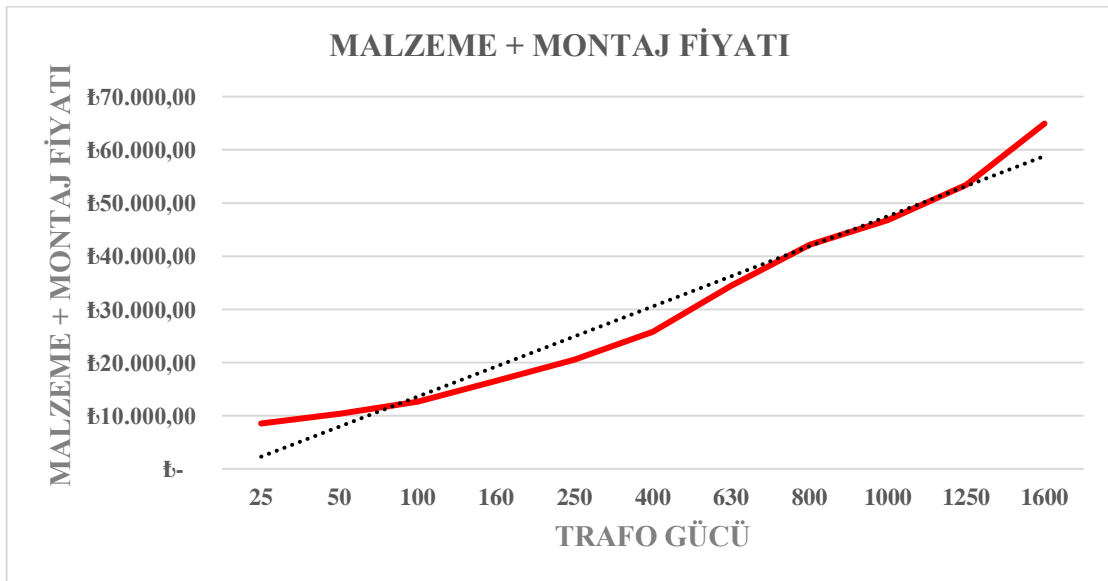
Tablo 4.6: TEDAŞ 2018 tüm yıl transformatör birim fiyatları.

POZ NO	MALZEME VEYA İŞİN CİNSİ DAHİLİ VE HARİCİ TİP 33 / 0.4- 0.231 kV (28.5- 34.5 kV) Bakır sargılı	ÖLÇÜ	MALZEME (TL)	MONTAJ (TL)	
				I.BÖLGE	TOPLAM
31.6.3	25 kVA	Ad.	₺ 6.023,23	₺ 2.517,83	₺ 8.541,06
	80 kVA	Ad.	₺ 8.385,88	₺ 3.063,96	₺ 11.449,84
	100 kVA	Ad.	₺ 9.367,57	₺ 3.285,98	₺ 12.653,55
	160 kVA	Ad.	₺ 12.677,65	₺ 3.856,15	₺ 16.533,80
	250 kVA	Ad.	₺ 15.601,64	₺ 4.954,40	₺ 20.556,04
	400 kVA	Ad.	₺ 19.739,24	₺ 6.004,54	₺ 25.743,78
	630 kVA	Ad.	₺ 27.815,46	₺ 6.654,51	₺ 34.469,97
	800 kVA	Ad.	₺ 34.960,06	₺ 7.170,93	₺ 42.130,99
	1000 kVA	Ad.	₺ 39.179,35	₺ 7.630,87	₺ 46.810,22
	1250 kVA	Ad.	₺ 43.759,70	₺ 9.673,67	₺ 53.433,37
	1600 kVA	Ad.	₺ 52.619,95	₺ 12.319,98	₺ 64.939,93

160 kVA transformatörün tablo 4.6'teki birim fiyatlara göre malzeme ve montaj fiyatı 16533,8 TL iken 25 kVA transformatörün malzeme montaj fiyatı ise 8541,06 TL'dir.

İki birim fiyat arasındaki fark ise 7992, 74 TL'dir.

Burada görünen şu ki, proje maliyetleri 2 katına yakın artmaktadır. Trafo gücü arttıkça malzeme ve montaj fiyatlarındaki eğim yukarı yönlü artmaktadır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2: Trafo gücüne göre malzeme + montaj fiyat değişim grafiği

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Güç faktörü ile ilgili yapılan analiz sonucunda $\cos\Phi$ değerinin mesken tipi tüketiciler 0,99 olarak alınmalıdır.

Analiz neticesinde 0,99 gibi 1'e yakın bir değer elde edilmiş olması ileri teknolojinin beyaz eşyaların ve diğer ev aletlerinin yüksek enerji verimliliğine sahip ürünler olarak tasarruflu üretildiklerini göstermektedir.

Güç faktörünün 0,99 olarak uygulanması durumunda trafolar %23,73 daha küçük güçte seçilmiş olacaktırlar.

Trafo gücü hesaplarında %10 şebeke kaybı eklenmesi yerine transformatör tipine göre hermetik yağlı tip ise %20, kuru tip ise %10 marjlı bırakılmalıdır. Bu uygulama aynı zamanda Avrupa'da da uygulanmaktadır.

Çeşitli coğrafik bölgelerden ve gelir düzeyleri farklı yerlerden alınan veriler gösteriyor ki, yeni eşzamanlılık katsayıları ve kurulu güç oranları kullanılabileceği gibi elde edilen eşzamanlılık denklemi (3.3) de kullanılabilir.

Eşzamanlılık denklemi grafiğine bakıldığında denklem üssel bir fonksiyon olduğundan dolayı burada lineer bir ilişki yoktur. Mevcut yönetmelikteki eşzamanlılık katsayılarına bakıldığında ise lineer bir ilişki söz konusudur.

Aynı sistem yükünün farklı güçlerdeki transformatörlerdeki yüklenme oranı birbirinden farklı olacağından trafo gücünün büyük seçilmesi trafo kayıplarına pozitif bir etkisi yoktur.

Bütün bunların yapılması ile birlikte trafo gücünün doğru değerde seçileceğinden, trafo merkezi ve merkezden çıkan iletken ve kabloların maliyetinde gereksiz yükselmelerin önüne geçilerek proje maliyetlerini düşeceğinden, fayda oranı yüksek başka enerji yatırımlarına yönelmemizi sağlayarak ülke ekonomimize büyük katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1]. Flor, A., 2010, "Consumption and Demand for Low Voltage Consumers Business Activity Bar of Feira de Santana / Bahia", Thesis (PhD), Edinburgh University.
- [2]. A. Rosin, A. Auväärt, D. Lebedev, "Analysis of operation times and electrical storage dimensioning for energy consumption shifting and balancing in residential areas," Electronics and Electrical Engineer-ing, pp. 15–20.
doi: <http://dx.doi.org/10.5755/j01.eee.120.4.1444>.
- [3]. Şentürk, E., 1996, "Konut bölgelerinde yük karakteristikleri ve eşzamanlılık faktörü ile ilgili yeni bir yaklaşım", Yüksek Lisans (PhD), Fen Bilimleri Enstitüsü/Yıldız Teknik Üniversitesi.
- [4]. Flor, R., 2010, "Consumption and Demand for Low Voltage Consumers Business Activity Bar of Feira de", *IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition: Latin America*
- [5]. Gwisdorf, B., 2009, "Effects of Demand Side Management on the Planning and Operation of Distribution Grids", IEEE
- [6]. Lehde, B., 2013, "New Load And Infeed Approaches For Cost-Efficient Low-Voltage Grid" Design, 22nd International Conference on Electricity Distribution Stockholm, 10-13 June 2013
- [7]. Vill K., 2014, Modeling of Demand Side Management Scenarios in Apartment Buildings, 2016 IEEE
- [8] B. Gwisdorf, S. Stepanescu, and C. Rehtanz, 2010, "Effects of demand side management on the planning and operation of distribution grids," Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe (ISGT Europe), 2010 IEEE PES, Gothenburg, 2010, pp. 1–5. doi: 10.1109/ISGTEUROPE.2010.5638921
- [9] Christ, T., 2012, "Simultaneity of PV- and Windpower-Generation From Distribution Grid Perspective", Lisbon 29-30 May 2012
- [10]. ETKB, *Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı*, 1984, Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği, <https://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.10391&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=elektrik%20i%C3%A7>, [Ziyaret tarihi: 11 Kasım 2018].

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Erkan GÜNEŞ
Doğum Yeri	Doğubayazıt
Doğum Tarihi	01.09.1987
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	+905456534434
E-Posta Adresi	erkangunesh@yahoo.com
Web Adresi	



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Gaziantep Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Elektrik-Elektronik Mühendisliği (İngilizce)
Mezuniyet Yılı	2011

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Enstitü Adı	Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anabilim Dalı	Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı	Elektrik-Elektronik Mühendisliği Programı

Makale ve Bildiriler	