

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Enerji Sist. Optimal komp. Analizi

Yüksek Lisans Tezi

İhsan Metin

1992

R
152/234

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Elek.

ENERJİ SİSTEMLERİNDE
OPTİMAL KOMPANZASYON ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MÜH. İLHAN METİN

İSTANBUL, 1992

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
KÜTÜPHANE DOKÜMANTASYON
DAİRE BAŞKANLIĞI

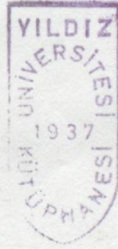
	- R 152
Kot	:.....234.....
Alındığı Yer	:.....Fen Bil. Ens.....
	
Tarih	:.....17.4.95.....
Fatura	:.....
Fiyatı	:.....30.000.....
Ayniyat No	:.....1-5.....
Kayıt No	:.....51090.....
UDC	:.....
Ek	:.....

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ENERJİ SİSTEMLERİNDE
OPTİMAL KOMPANZASYON ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MÜH.İLHAN METİN



İSTANBUL, 1992

ÖNSÖZ

Enerji sistemlerinde yerleştirilecek kompanzatörlerin yer ve boyut olarak optilam değerlerini araştırarak bu yolla maliyet minimizasyonunu hedefleyen bu tezin hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen, SN.Doğ.Dr.Selim AY'a,Antalya Organize Sanayi Bölge Müdürlüğü personeline ve Kepez Elektrik T.A.ř.yetkililerine teşekkürlerimi sunarım.

ANTALYA,OCAK-1992

İLHAN METİN

İÇİNDEKİLER

ÖZET

SUMMARY

1.0.GİRİŞ	1
•2.0.KOMPANZASYON VE BAŞLICA ELEMANLARI	2
2.0.1.Dinamik Faz Kaydırıcılar	6
2.0.2.Kondansatörler	6
2.0.2.1.Kondansatörlerin Yapılışı	7
2.0.2.2.Kondansatör Çeşitleri	9
2.0.2.3.Kondansatör Hesabı	13
2.0.3.Sigortalar	15
2.0.4.Kontaktörler	16
2.0.5.Boşaltma Direnci ve Gerilim Transformatörü	17
2.0.6.Kondansatör Boşaltma Bobini	19
2.0.7.Reaktif Güç Rölesi (4RY81 Tipi)	19
2.1.Reaktif Güç İhtiyacının Tesbiti	21
2.1.1.Güç Katsayısının Düzeltilmesinin Faydaları	27
•2.1.2.Kompanzasyon Tesisinin Düzenlenmesi	32
2.1.2.1.Ayrık Kompanzasyon	34
2.1.2.2.Grup Kompanzasyonu	36
2.1.2.3.Merkezi Kompanzasyon	38
2.2.Şönt Kompanzasyon	40
2.3.Dengesiz Yüklenmenin Kompanzasyon Üzerinde Etkisi	46
2.4.Ark Fırınları	49
2.5.Harmonikler	53
3.0.KOMPANZASYON TESİSLERİNDE OPTİMİZASYON	57
4.0.SAYISAL UYGULAMALAR	75

SONUÇ VE ÖNERİLER

KAYNAKLAR

EKLER

ÖZGEÇMİŞ

ÖZET

Memleketimiz gelişmekte olan bir ülke olup, sanayi kalkınma hamlesi yapmaktadır. Sanayide kalkınmanın en önemli maddesi elektrik enerjisidir. Üretilen enerjinin %62.4. (1990) lık büyük bir kısmı sanayi sektöründe tüketilmektedir.

Bu yüzden elektrik enerjisine olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Bu artışı karşılayabilmek için elektrik santralleri kurmak gerekmektedir. Ancak teknik ve ekonomik nedenlerden dolayı bunun kısa sürede gerçekleştirilmesi çok zordur. Onun için, sıkıntıya düşmeden ve sorun büyümeden mevcut tesislerle ihtiyacı karşılayabilmek maksadı ile bazı idari ve teknik tedbirlere başvurulur. Bu tedbirlerden birincisi, yaz saati uygulaması ve ikincisi, enerji ihtiyacının büyük olduğu puant zamanlarında sarfiyatı azaltmak için yüksek tarife uygulamaktır. Üçüncü ve önemli tedbir de kompanzasyondur.

Kompanzasyon, çeşitli yollarla reaktif güç faktörü $\cos\psi$ 'yi yükseltmekle yapılmaktadır. Ancak, enerji kayıplarını, ısı kayıplarını ve gerilim düşümünü minimize edip, net kazancı maksimize etmek için şönt kompanzasyonda optimum kapasitör yerleşimleri ve boyutları önem kazanır.

Burada açıklanan prosedürlerde optimum kapasitör boyut ve yerleşimlerini şönt kompanzasyondaki etkisi analiz edilmiş ve ilgili sayısal örneklerle açıklanmıştır.

SUMMARY

Turkey is a developing country and also its industry has been developed. The most important criterion in the development is electrical energy. The 62.4 % of the generated energy is consumed by the industry. (in 1990).

Therefore, the energy requirement always increases. In order to give this increase, new generation plants must be installed. But in this situation, it is very difficult due to technical and economical requirements in a short period. By using the existing systems, the problem-the increase of energy demand-may be solved; this is done via some measures such as some Authority measures.

These measures may be classified into two groups:

- Summer-Time Application

- High price policy-especially when the energy consumption is maximum.

The another way is also "Compensation".

In Compensation, power factor, or $\cos\phi$, is improved using various ways. However, for minimisation of conductor-heat and voltage drop along the line and increase of net saving, determination of optimal capacitor-bank design and optimal capacitor-location is very important phenomenon.

In this study optimal compensation size and location is analysed using the various procedures and the corresponding numerical examples are given and discussed.

1.0.GİRİŞ

Elektrik tesislerinin işletme araçları olan transformatörler, motorlar, kaynak makinaları, endüksiyon veya ark fırınları, floresan lambalar, deşarj lambaları, civa ve sodyum buharlı lambalar çektikleri aktif güç yanında önemli miktarda reaktif güç çekerler. Çekilen bu reaktif güç kontrolsüz ve başıboş bırakıldığında, güç katsayısı o kadar düşer ki bu da dağıtım tesislerimizi, aktif güç bakımından normal kapasitesinin altında çalışmak zorunda bırakabilir. Bu suretle ekonomik olmayan bir işletme meydana geldiği gibi, enerji sıkıntısı da kendini gösterir.

Bu kötü ekonomik şartlara son vermek için elektrik işletmeleri, abonelerine güç katsayılarını belirli bir değerin altına düşürmeleri için tarifelerle zorlayıcı yaptırımlar getirmişlerdir.

Elektrik şebekelerinde kullanılan kondansatörler konulduğu yerin, ihtiyacına göre reaktif güç üretirler. Teorik olarak aktif ve reaktif güç talebini generatör ile karşılamak mümkündür. Ancak, sistemin işletilmesi sırasında doğuracağı teknik sorunlar ve ekonomik yönden incelendiğinde bu mümkün olmamaktadır. Bu nedenle şebekelerde şönt kompanzasyon uygulaması en uygun çözüm olarak görülmüştür.

Tanıtilacak prosedür net kazanç optimizasyonu için geliştirilmiş olup, özel dağıtım fiderlerinde şönt kapasitör yerleşimini güç ve enerji kayıplarının azaltılması ile sağlanmıştır. Problemlerin çözümünde, bu prosedürlerde "Eşit Alanlar Kriteri" kullanılmıştır.

Güç faktörü düzeltim yolu ile fider gerilim profilini iyileştirmek için, şönt kapasitörü asıl dağıtım fiderinin üzerine yerleştirilmesi gerekir. Fiderdeki güç ve enerji kaybının azaltılmasında şönt kapasitörünün faydaları geniş olarak bilinmektedir. Bundan dolayı şönt kapasitörlerin kullanımından tam yararlar sadece yukarıda sözü edilen iki etkinin aynı anda gözönünde tutulması ile sağlanabilmektedir.

Burada özellikle şönt kapasitörlerin kullanımından doğan enerji ve güç kayıplarının tasarrufu ile ilgilenilmiştir. Şönt kapasitörlerle yapılan kompanzasyonunun optimum yerleşimi ve/veya optimum boyutu elde etmek suretiyle, güç ve enerji kaybının azalımından oluşan ekonomik yarar maksimum seviyeye çıkarılmıştır.

Burada birtakım varsayımlar altında elde edilen sonuçlar, bu varsayımların ışığında değerlendirilmelidir.

2.0.KOMPAZASYON VE BAŞLICA ELEMANLARI (1, 4).

Tüketicilerin şebekeden çektikleri alternatif akım,biri aktif akım ve diğeri reaktif akım olmak üzere iki bileşenden oluşur.Aktif akımın meydana getirdiği aktif güç,tüketici tarafından faydalı hale getirilir;örneğin motorlarda mekanik güce,ısı tüketicilerinde termik güce ve aydınlatma tüketicilerinde aydınlatma gücüne dönüşür.Reaktif akımın meydana getirdiği reaktif güç ise faydalı güce çevrilemez.Reaktif güç,yalnız alternatif akıma bağlı bir özellik olup,elektrik tesislerine istenmeyen bir şekilde tesir eder;jeneratörlerin,transformatörlerin,hatların,bobinleri fuzuli olarak işgal ederler ve lüzumsuz yere yüklerler,ayrıca bunların üzerinde ilave ısı kayıplarına ve gerilim düşümlerine yol açarlar.Aktif güç enerjisi normal sayaçlarla tesbit edildiği halde,reaktif enerji böyle bir sayaç ile kontrol ve tesbit edilemez.Bunu kaydetmek için ayrı bir reaktif güç sayacına ihtiyaç vardır.

Her ne kadar reaktif güç faydalı güce çevrilemez ise de bundan tamamen vazgeçilemez.Zira elektrodinamik prensibine göre çalışan jeneratör,transformatör,bobin ve motor gibi bütün işletme araçlarının normal çalışmaları için gerekli olan manyetik alan reaktif akım tarafından meydana getirilir.Bilindiği gibi,endüksiyon prensibine göre çalışan bütün makineler ve cihazlar,manyetik alanın meydana getirilmesi için bir mıknatıslanma akımı çekerler;işte bu mıknatıslanma akımı,reaktif akımdır.Onun için faydalı reaktif gücün yanında mutlaka reaktif güce de ihtiyaç vardır.Bu sebeple bütün alternatif akım tesisleri,aktif gücün yanında reaktif gücün de çekileceğini gözönünde bulundurularak boyutlandırılırlar.

Mıknatıslanma akımı aşağıda açıklanacağı gibi,endüktif karakterli bir akım olup,magnetik alanın teşkili esnasında şebekeden çekilir ve alan ortadan kalkarken bu akım tekrar şebekeye geri verilir.Bu sebeple reaktif güç,üretici ile tüketici arasında sürekli olarak şebeke frekansının iki katı bir frekansla salınır.Bir üreticinin şebekeden çektiği görünen güç;

$$S=3U_f I=\sqrt{3}U_h I \quad (2.1)$$

dır.

Burada U_f faz gerilimi, U_h hat gerilimi,yani iki faz arası gerilimdir ve I hat akımıdır.Aktif güçle aktif akım,gerilim ile aynı fazda oldukları halde,çekilen gücün endüktif olması halinde S zahiri gücü ve

Reaktif güç sarfiyatı bakımından tüketicileri iki ana gruba ayırmak mümkündür. Bunlardan birincisi, elektrik enerjisinden yararlanarak saf ısı enerjisi üreten tüketiciler ile akkor flamanlı lambalar, elektroliz ve galvanoplasti tesisleridir. Bunlar sadece aktif güç tüketirler, reaktif güç çekmezler. İkinci gruba ise, elektrik tesislerinde kullanılan ve magnetik veya statik alan ile çalışan bütün işletme araçları girerler; bunlar aktif güç yanında reaktif güç de çekerler. En önemlileri şunlardır:

- Düşük uyarmalı senkron makinalar,
- Tranformatörler,
- Bobinler,
- Hava hatları,
- Senkron motorlar,
- Redresörler,
- Endüstri fırınlarına, ark fırınları,
- Kaynak makinaları,
- Flerasan lamba, sodyum ve civa buharlı lamba balastları ile neon lamba transformatörleri.

Her ne kadar aydınlatma cihazları aktif güç çekerlerse de, bunlara ait balast ve transformatörler reaktif güç çektiklerinden, bu tip aydınlatma düzenleri bu ikinci sınıfa girerler.

Yukarıdaki tüketicilerde sözkonusu olan reaktif akım, endüktif karakterde olup, gerilime göre 90^0 geridedir.

Bazı özel hallerde, işletme araçları bir kondansatör gibi tesir ederler ve kapasitif reaktif güç çekerler. Örneğin; boşta çalışan havai hatlar ve kablolar.

Yukarıda açıklandığı gibi, elektrik tesislerinin en önemli işletme araçları olan jeneratörler, transformatörler ve hatlar, sanayi işletmelerindeki her nevi motorlar, fırınlar ve kaynak makinaları ve bir balast yardımı ile çalışan flerasan lambalar civa ve sodyum buharlı lambalar gibi deşarj lambaları çektikleri aktif güçlerin yanında oldukça önemli miktarda reaktif güçler de çekerler. Reaktif güç üretiminin santralde bir ham enerji maddesi sarfiyatına bağlı olmadığı gerekçesinden hareket edilerek reaktif güç sarfiyatı kontrolsüz ve başıboş bırakılır ise, güç kat sayısı o kadar düşebilir ki, nihayet bütün üretici, iletici ve dağıtıcı tesisler, aktif güç bakımından normal kapasitelerinin çok daha altında çalışmak zorunda kalırlar. Böylece bir taraftan ekonomik olmayan bir iş-

letme meydana geleceği gibi,diğer taraftan kayıp enerji baş gösterir. İşte bu sorumsuz ve ekonomik şartlar bakımından kötü duruma bir son vermek için elektrik idareleri,müşterilerine güç katsayısını belirli bir değerin altına düşürmemelerini şart koşar.Güç katsayısı belli bir sınırın üstünde kaldığı sürece çekilen reaktif enerji için hiçbir bedel ödenmez. Güç katsayısı bu değerin altına düştüğü anda sarf edilen reaktif enerji için çeşitli fiat kademelerine göre hesaplanan bir meblağ ödenir.Reaktif enerji sarfiyatını tesbit için,bu durumda her tüketiciye ayrı bir reaktif güç sayacı bağlanır.

İleri ülkelerde,yıllardan beri uygulanan reaktif güç tarifelerinin uygulanması ile enerji üretimi ve tüketimi bir düzene sokulmuştur.Memleketimizde de TEK tarafından bir reaktif güç tarifesi hazırlanmış ve 01.12.1988 tarih ve 20006 sayılı Resmi Gazetede yayınlanmıştır.Bu tarife, elektrik ekonomisi bakımından memleketimizde atılan önemli bir adımdır. Bu tarifeye göre mücadele edilen,sınır güç katsayısı 0,9 dur.Buna göre çekilen aktif gücün yarısı kadar bir reaktif gücün bedelsiz olarak çekilmesine izin verilmiştir.Bu tarifenin önemi gözönüne alınarak bunun EK'te bir kere daha verilmesi uygun bulunmuştur.

Reaktif güç ihtiyacını karşılamak için,reaktif gücün bir yerde üretilmesi gerekir.Bunun için en eski ve en klasik yol aktif güç gibi,reaktif gücün de senkron generatör tarafından üretilmesidir.Reaktif güç üretimi,aktif güç gibi,santralde su,akaryakıt,kömür v.b.ham enerji maddesinin sarfını gerektirmez.Sadece generatör uyarmasının arttırılması ile generatör,endüktif reaktif güç verecek duruma getirilir.Böylece santralde üretilen reaktif güç,generatör,transformatör ve enerji iletim hattı üzerinden,gerçek tüketiciye ulaşır.Bu esnada elektrik tesisleri reaktif güç tarafından gereksiz yere işgal edileceklerinden,aktif güç bakımından bunların kapasitelerinden tam olarak faydalanmak ve ekonomik bir işletme sağlamak maksadı ile,reaktif gücün santralde değil de,tüketim merkezlerinde üretilmesi en uygun ve en ekonomik yoldur.

Tüketicilerin,normal olarak şebekeden çektikleri endüktif gücün,kapasitif yük çekmek suretiyle özel bir reaktif güç üretcisi tarafından dengelenmesine "KOMPANZASYON" denir.Böylece tüketicinin şebekeden çektiği reaktif güç çok azalır.Reaktif güç üretimi için,iki işletme aracından yararlanılabilir:Dinamik faz kaydırıcılar ve kondansatörler.

2.0.1.DİNAMİK FAZ KAYDIRICILAR

Reaktif güç üretiminde kullanılan dinamik faz kaydırıcıların başında aşırı uyarılmış senkron makinalar gelir.Genel olarak santrallerden gelen enerji nakil hatlarının sonunda ve tüketim merkezlerinin başında şebekeye bir senkron makina paralel bağlanır ve bölgenin reaktif güç ihtiyacı bu makina tarafından sağlanır.Şebekeye bağlanan senkron makina şebekeden boşa çalışma kayıplarını karşılayacak kadar az bir aktif güç ve şebekeye istenen reaktif gücü vererek,bir reaktif güç üreticisi olarak çalışır. Bu esnada bunların ayrıca tahsir edilmesine de gerek yoktur.Senkron faz kaydırıcıların kayıpları kondansatörlere göre daha yüksek olduğu gibi bunların devamlı bir bakıma ihtiyaçları vardır.Ayrıca güçleri çok yüksek olduğu halde,ekonomik olarak yapımı ve temini mümkün olur.Bundan başka bu gibi üreticiler,bir tüketim merkezinin civarına yerleştirildiğinden sadece generatörler ve yüksek gerilim enerji iletim hatları ve buna ait transformatörler kurtarıldıkları halde tüketim merkezine bir veya iki kademeli orta gerilim şebekeleri ile alçak gerilimli dağıtım şebekesi reaktif güç nakletmek zorunda kalırlar.Onun için dinamik faz kaydırıcılar bugün ancak,özel hallerde ve ekonomik şartların gerçekleştiği yerlerde kullanılırlar.

2.0.2.KONDANSATÖRLER

Reaktif güç üretiminde statik faz kaydırıcı adı verilen kondansatörlerin üstünlükleri sayılamayacak kadar çoktur.Bir kere kondansatörlerin kayıpları çok düşük olup,nominal güçlerinin %0.5 inin altındadır;Bakım masrafları yok denecek kadar azdır.Ayrıca kondansatörler ile istenilen her güçte bir reaktif güç kaynağı teşkil edilebildiği gibi bunları tüketicilerin yanlarına kadar götürüp hemen,bunların uçlarına bağlamak ve böylece orta ve alçak gerilim şebekelerini de reaktif gücün yükü altından kurtarmak mümkün olur.Onun için kondansatörler,kompanzasyon için en uygun araçtır.

Kondansatörler bugün kuvvetli akım tesislerinde gittikçe artan bir önem kazanmıştır.Kondansatörlerin KVar başına maliyet bedelleri orta büyüklükteki senkron kompanzatörlerinkinden daha düşük olduğu gibi,bu fiyatta büyük bir artış olmadan bunları her güçte imali mümkündür.Kondansatör-

lerin tesisi kolaydır ve icabında kolaylıkla genişletilerek kompanzasyon gücü arttırılabilir. Ayrıca tüketici ihtiyacına göre rahat bir şekilde güç ayarı da yapılabilir. Kondansatörlerin işletme emniyeti çok büyüktür, ömürleri uzundur, bakımları kolay ve basittir. Yerleştirilecekleri yerde hemen hemen hiç bir özellik aranmadığından yer temini de bir sorun yaratmaz. Gerekli kapasiteyi temin maksadıyla bir çok kondansatör elemanı bir araya getirilerek istenen değerde bir grup teşkil edilebilir. Bir arıza halinde zarar gören eleman, gayet kısa zamanda tesbit edilip, az bir masrafla yenisi ile değiştirilerek, işletmeye fazla ara vermeden tamir yapılmış olur.

Kondansatör tesisleri bir çok elemanlardan meydana geldiğinden, bunların nakli kolay, tesisi ve bağlanması rahat ve istenen kapasitenin elde edilmesi mümkündür.

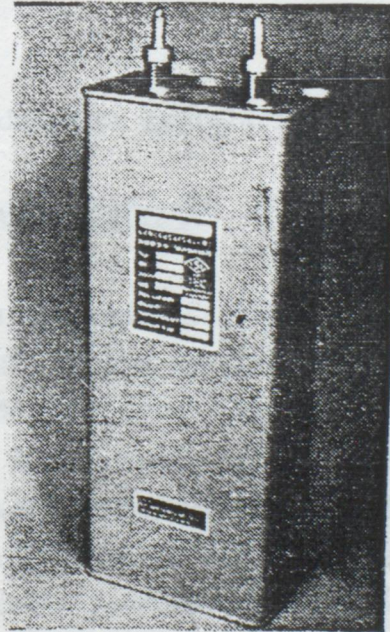
2.0.2.1. KONDANSATÖRLERİN YAPILIŞI

Bugün şebekelerde güç katsayısının düzeltilmesi için kullanılan kuvvetli akım güç kondansatörleri, dielektriği kağıt veya polipropilen film yahut da bunların karşılığı olan kondansatörlerdir. Burada kullanılan kağıt üstün kaliteli selülozdan özel olarak imal edilir. Kondansatör imali için gayet ince dielektrik şeritler kullanılırlar ve emniyeti arttırmak maksadıyla işletme gerilimine göre bunlardan birkaç kat üstüste sarılırlar. Bu şeritlerin her iki tarafı alüminyum folye ile kaplanırlar. Bunlardan sonra şeritler bir çekirdek veya mekik üzerine sarılırlar ve çekirdek çekildikten sonra sargı sıkıştırılır. Bu şekilde elde edilen sargılardan bir kaçışağıtan yapılmış bir muhafaza içine yerleştirilir ve aralarında paralel bağlanırlar. Dielektriğin yüksek elektriksel dayanımını korumak için, buna bir sıvı emdirilir. Bu maksatla bütün muhafaza nebati veya madeni yağ yahut kVAr bazında sentetik yanmaz yağ ile doldurulur.

Yaklaşık olarak 400 V' a kadar olan gerilim bölgesinde kondansatörler gayet ekonomik bir şekilde yapılabilirler. Bu bölge içinde kVAr başına gerekli olan hacim sabittir. Daha yüksek gerilimlerde bu hacim değeri daha büyüktür; Zira dielektrik tabakanın kalınlığı, belirli bir değerin altına düşürülemez. Daha yüksek gerilimlerde de hacim değeri daha büyüktür. Yüksek gerilimlerde ekseriye 1.15 kV' luk kondansatörlerden birkaçı seri bağlanır. Bu takdirde kondansatör levhaları ile madeni muhafaza

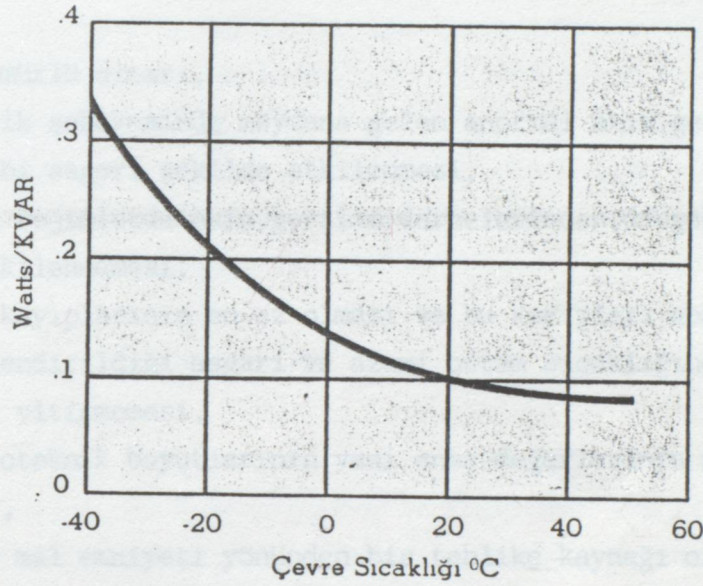
arasında yüksek gerilimlerin meydana gelmemesi için muhafazalar, birbirine ve toprağa karşı izalatörler yardımıyla yalıtılırlar. Böylece 100 kV'dan daha yüksek gerilimler için kondansatör bataryaları teşkil olunabilir.

Ekseriye kaynakla imal edilen saç muhafazalar, havanın ve gazların giremeyeceği bir şekilde kapatılırlar. Bu demir muhafazaları bir topraklama klemensi ile donatılırlar ve buradan topraklanırlar. Bugünkü imalata göre kondansatörlerin geçiş izalatörleri sıvı ve hava sızdırmaz bir şekilde tesbit edilirler. Kondansatörler, imal edici fabrikalara göre çeşitli güç ve gerilim kademelerine göre yapıldıklarından, arzu edilen kapasiteyi elde etmek için bunlardan belirli bir sayıda eleman biraraya getirilerek batarya teşkil edilir. Normalize gerilim kademeleri, alçak gerilimde 230, 240, 525, 600 V'dur. Yüksek gerilim 3.3, 6.6, 10.5, 15.75, 20, 31.5 kV'dur. Kondansatörleri devamlı olarak bu gerilmelerin %10 fazlasına ve bir günde 6 saat süre ile %15 fazlasına bağlanabilirler. Bu takdirde güçleri, normal güce göre %21 veya %32 arttırılmış olur. Kondansatörler ekseriye bina içine yerleştirilirler; bu gibi kondansatörlere dahili tip kondansatörler denir. Yüksek gerilim tesislerinde bunlar, açık havaya tesis edilebilirler. Şekil 2.2. de dahili tip bir alçak gerilim kondansatörü gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Dahili tip alçak gerilim kondansatörünün görünüşü.

Kondansatörlerin ömürleri sıcaklık derecesine bağlıdır. İç tesislerde kullanılan kondansatörler, normal olarak -10°C ile $+35^{\circ}\text{C}$ arasında ol-
makal beraber $-40^{\circ}\text{C}/+50^{\circ}\text{C}$ sıcaklık sınıfına sahip olacak şekilde de yapı-
lırlar. Eğer kendi kendine soğuma şartları gerçekleşmez ise ve kondnsatör-
lerin yerleştirildikleri yerde sıcaklık derecesi çok yükselir ise bu du-
rumda özel havalandırma yapılır.



Şekil 2.3. Kondansatör kayıplarının sıcaklık ile değişimi.

2.0.2.2. KONDANSATÖR ÇEŞİTLERİ

Sanayide kullanılan kondansatörlerin doğru akım ve alternatif akım kondansatörleri olarak 2 gruba ayırmak mümkündür. Doğru akımda kullanılanlarda kendi aralarında; alüminyum elektrolitik, maylar film, tantal elektrolitik, seramik ve mik v.s. kondansatörler olarak sınıflandırılabilir. Ülkemizde bunlardan yalnızca alüminyum elektrolitik ve film kondansatörlerinin üretimi yapılmaktadır. Alternatif akımda kullanılan kondansatörlerin tümü yurdumuzda üretilmektedir. Kondansatörler kullanım amacına göre;

- Güç Kondansatörleri,
- Daimi devre kondansatörleri,
- Parazit giderici kondansatörler,



-Demaraj kondansatörleri olarak gruplandırılırlar.

-GÜÇ KONDANSATÖRLERİ

Düşük gerilim güç kondansatörleri (400-525-600 V-50 Hz), orta gerilim güç kondansatörleri (3.3.kV-34,5kV) ve endüksiyon ocak kondansatörleri olarak üç grupturlar. Bu güç kondansatörlerinden beklenen özellikler şunlardır:

- *Uzun ömürlü olması,
 - *Elektrik şebekesinde meydana gelen anormal akım, gerilim ve harmonik gibi asgari şekilde etkilenmesi,
 - *Geçici rejimlerde akım, gerilim darbelerinden, dengelenme akımlarından etkilenmemesi,
 - *Aktif kayıplarının en az olması ve bu kayıpları absorbe etmesi,
 - *Projelendirildiği asgari ve azami ortam sıcaklığında performanslarını yitirmemesi,
 - *Elektroteknik boyutlarının yani anma değerlerinin zamanla değişmemesi,
 - *Can ve mal emniyeti yönünden bir tehlike kaynağı oluşturmaması,
 - *Kalıcı kısa devreye girme olasılığının en az olması,
 - *Bakımı kolay, arızası az, tamiri mümkün ve asgari bir maliyet oluşturmaması,
 - *Montajı kolay olması ve boyut yönünden herhangi bir yere monte edilebilecek bir modüler fireksibilite göstermesi,
 - *Teknik ve iktisadi bir optimizasyon ürünü olması,
- Günümüzde dört ayrı yapıda güç kondansatörü üretilmektedir.

**Kağıt yalıtkanlı yağlı tip: En eski ve ilk uygulanan sistem olup, kayıpların yüksekliği ve büyük hacim gerektirmesi nedeniyle bugün artık kullanım alanını yitirmiştir.

**Polipropilen yalıtkanlı tip: Gerilim dalgalanmalarına dayanıksızlığı ve emprenye zorlukları nedeniyle fazla tercih edilmeyen özillıklere sahiptir.

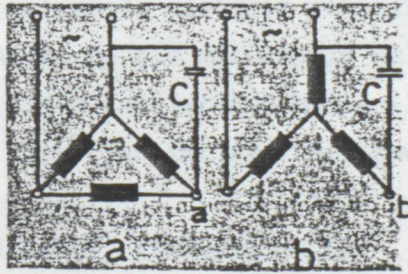
**Metalize Polipropilen kuru tipi: Ülkemizde son iki yıl içerisinde oldukça geniş kullanım alanı bulan bu tip kondansatörler "kendi kendini onaran" olarak da adlandırılırlar.

Polipropilen film üzerine aliminyum püskürtülmek suretiyle tek katta hem iletken, hemde yalıtkan elemanların elde edilmesi sonucu oldukça küçük ölçülere sığdırılabilmektedir. Kaybı düşüktür. Gerilim dalgalanmalarından etkilenen aliminyum yoğunlaşması ilkesine dayanan, kendini onarma özelliği avantajlı yanı olmakla birlikte, giderek kapasite değerinin düşmesi dezavantajını da barındırmaktadır. Kondonsatörün gücü, kapasitesi ile doğru orantılı olduğundan bu tip kondonsatörlerin zamanla kVAR gücü de zayıflar.

**Karma yalıtkanlı, yağlı tip: Kısa bir süre önce uygulanmaya başlanan bu sistem ile, hava kapasitesi kaybı önlenmiş, hem de kayıplar düşürülerek daha küçük hacimlere sığabilme özelliği kazanılmıştır. Bu sayede, gerek görülen reaktif gücün stabil olarak uzun yıllar aynı değerde tutulması gerçekleştirilmiştir. Karma yalıtkanlı, yağlı kondonsatörler gerilim dalgalanmalarından etkilenmezler.

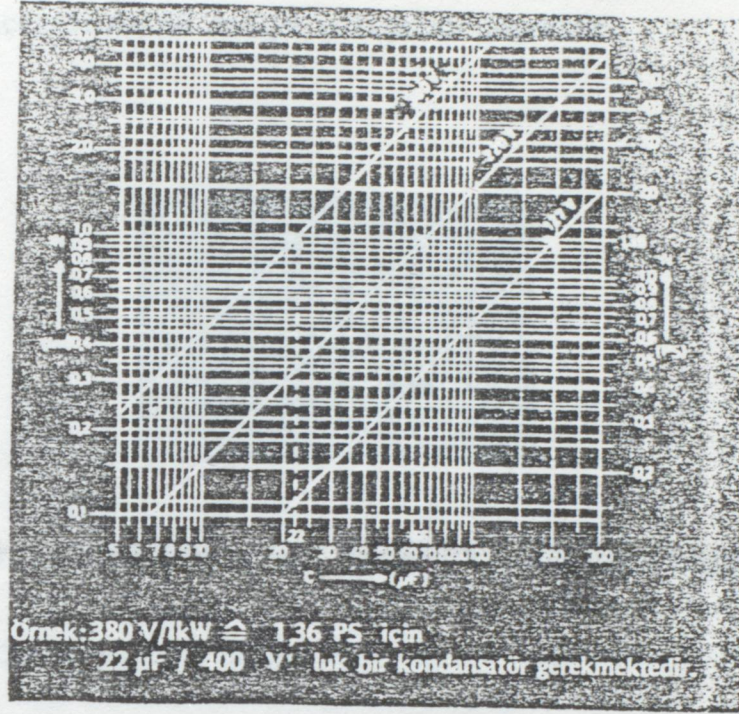
-DAİMİ DEVRE KONDONSATÖRLERİ

Trifaze ve monofaze motorların, floresan, civa ve sodyum buharlı aydınlatma balanslarının kompozasyonu ve regülatör ile trifaze motorların monofaze şebekeden çalıştırılabilmeleri amacı ile kullanılırlar.



Şekil 2.4. Trifaze motorun, monofaze şebekede çalıştırılması: a) Üçgen,

b) yıldız bir motora kondonsatör bağlantı şeması,



Şekil 2.5.Motor gücüne göre kondonsatör kapasite seçim eğrisi,

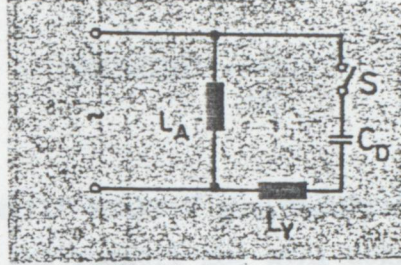
-PARAZİT GİDERİCİ KONDONSATÖRLER

Genellikle kollektörlü motorlarda kullanılırlar.Fırça kollektör sisteminin,eş zamanlı çalışmada iletişim cihazlarında oluşturduğu parazitleri süzer,aynı zamanda bu tip motorların kullanıldığı araçların topraklamasını da sağlar.Taşıt araçlarında kullanılan meksefe olarak da adlandırılan tipleri de birer parazit giderici kondansatördür.

-DEMARAJ (İLK HARAKET) KONDONSATÖRLERİ

Monofaze motorların yükte kalkış yapabilmeleri için,gerekli olan moment değerini sağlayan,yüksek kapasiteli kondonsatörlerdir.Küçük hacimlerde büyük kapasite gerektiği için özel tipte elektrolitik olarak yapılmıştır.En büyük özelliği,belirli bir süre için gerilim altında bulunma süresinin kısıtlı olmasıdır.Yalnızca motorun kalkması ve nominal devre ulaşmasına kadar geçen sürede devrede kalır.Motorun nominal devrine ulaşması ile seri bağlı olduğu,merkezkaç anahtarının yardımcı sargı devresini açması sonucu bu kondonsatörde devreden çıkar.Dolayısıyla,tüm bu işlemler 1-3 sn arasında olduğundan çalışma süreleri de bu değerlerdir.

Kısaca çalışma oranları, 1/1 diye açıklanan değer gerçekte, kondansatör 60 dakika içerisinde 60 saniye çalışacak demektir.



Şekil 2.6. Monofaze bir motora demaraj kondansatörü bağlantı şeması

2.0.2.3. KONDONSATÖR HESABI

Kondansatörler alternatif akım şebekesinde bir reaktans gibi tesir ederler. Direnç cinsinden kapasitif reaktans;

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \quad (2.8)$$

olup burada C, farad cinsinden kondansatörün kapasitesi ve

$$\omega = 2\pi f \quad (2.9)$$

dairesel frekanstır. $f=50\text{Hz}$ olan şebekelerde $\omega=314$ 1/s alınır. Ohm kanununa göre U gerilimine bağlanan bir kondansatörün çektiği I_C kapasitif akımı

$$I_C = \frac{U}{X_C} = U \omega C \quad (2.10)$$

dır. Bu akım U gerilimine göre 90° önde gider. Şu halde, şebekeye bağlı bir kondansatörün şebekeden kapasitif bir akım çekmesi şebekeye endüktif akım vermesine eşdeğerdedir.

Kondonsatör gücü için;

$$Q_c = UI_c 10^{-3} \text{ (KVar)} \quad (2.11)$$

veya denklem (2.10) ile ;

$$Q = U^2 \omega C 10^{-3} = \frac{I_c^2}{\omega C} 10^{-3} \quad (2.12)$$

elde olunur. Q_c kapasitif reaktif güç, endüktif reaktif güce göre 180° ileridedir, yani her iki reaktif güç aynı doğrultuda ve ters yöndedirler. Böylece kapasitif gücü endüktif güce götürerek kompozisyon tesisi yaptığı kolayca anlaşılır.

Üç fazlı alternatif akım tesislerinde kondonsatörler şebekeye veya tüketici uçlarına üçgen veya yıldız olarak bağlanabilirler. Üçgen bağlamada her iki hat arasındaki kondansatörün kapasitesi C_Δ ile ve yıldız bağlamada her iki faza bağlanan kondansatörün kapasitesi C_λ ile gösterilirse, üçgen bağlama için ;

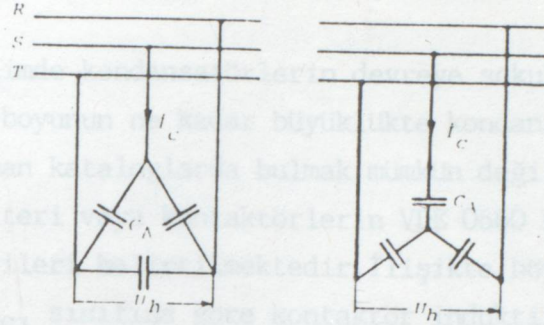
$$\begin{aligned} Q_c &= 3U_h^2 \omega C_\Delta 10^{-3} \\ &= 3 U_h I_c 10^{-3} \\ &= \frac{I_c^2}{\omega C_\Delta} 10^{-3} \text{ (KVar)} \end{aligned} \quad (2.13)$$

Yıldız bağlama için ise ;

$$\begin{aligned} Q_c &= U_h^2 \omega C_\lambda 10^{-3} \\ &= 3 U_h I_c 10^{-3} \\ &= 3 \frac{I_c^2}{\omega C_\lambda} 10^{-3} \text{ (KVar)} \end{aligned} \quad (2.14)$$

yazılabilirler. Burada U_h iki hat arası gerilimi, I_c kapasitif hat akımını gösterir.

2.0.4. KONTAKTÖRLER



Şekil 2.7.Üç fazlı alternatif akım şebekesinde kondonsatörlerin üçgen ve yıldız bağlanması.

Her iki sistemin de Q_C gücünün eşit olduğu kabul edilirse;

$$C_A = 3C_{\Delta} \quad (2.15)$$

bulunur. Buradan çıkarılan sonuç şudur. Yıldız bağlamada, her bir faza bağlanan kondonsatörün kapasitesi üçgen bağlamadaki kondonsatör kapasitesinin üç katına eşittir. Yıldız bağlamada C_A kondonsatörün uçlarına faz-nötr gerilimi uygulandığı halde, üçgen bağlamada C_{Δ} kondonsatörün uçlarına V_3 kadar daha büyük olan hat gerilimi uygulanır. Faz ve hat gerilimleri arasındaki farkın ızalasyon bakımından çok önemli olmadığı alçak gerilim tesislerinde üçgen bağlama, yıldız bağlamaya göre 1/3 oranında daha ucuzdur. Onun için ekonomik sebeplerden dolayı kondonsatörlerin üçgen bağlamaları tercih edilir.

2.0.3. SİGORTALAR

Alçak gerilim kondonsatörlerinin genellikle kısa devreye göre korunması kafidir. Bu görevi de sigortalar yüklenmektedir. Kondonsatörlerin işletmeye alınırken çektikleri akım ve ilave şebeke armoniklerinin gözönünde bulundurulur, kondonsatör nominal akımının 1.7 katı mertebede seçilmesi gerekir.

2.0.4.KONTOKTÖRLER

Alçak gerilimde kondansatörlerin devreye sokulup, çıkarılmasında hangi kontaktör boyunun ne kadar büyüklükte kondansatör gücünü açabileceğini her zaman kataloglarda bulmak mümkün değildir. Kataloglarda motor otomatik şalteri veya kontaktörlerin VDE 0660 kısım 1./8.69'a göre kullanma katagorileri belirtilmektedir. İlişkikte böyle bir tablo görülmektedir. Örneğin; A_{C1} sınıfına göre kontaktör indüktif yük olmayan veya çok az indüktivite bulunan yükleri açıp, kapamada ve direnç üzerinden ısıtıcı fırınların devreye sokulup çıkarılmasında kullanılır.

Devreye sokmada			Devreden çıkmada		
$\frac{I}{I_e}$	$\frac{U}{U_e}$	$\cos \psi$	$\frac{I_c}{I_e}$	$\frac{U_r}{U_e}$	$\cos \psi$
I	I	0.95	I	I	0.95

Yine aynı sınıfa göre bu kontaktör zaman zamanda aşağıdaki hususları yerine getirebilmelidir.

Devreye sokmada			Devreden çıkmada		
$\frac{I}{I_e}$	$\frac{U}{U_e}$	$\cos \psi$	$\frac{I_c}{I_e}$	$\frac{U_r}{U_e}$	$\cos \psi$
1	1.1	0.95	1,5	1.1	0.95

Bu sınıfa ait kontaktörlerin kontrol sirklüsü de 20 kere devreye sokma ve çıkarmadır.

Kontaktör devreye sokup çıkarmada kullanılan kontaktörün seçilmesinde aşağıdaki bağıntının kontrolü lazımdır. Aksi halde bir boy büyük kontaktör seçilmelidir.

$$I_e / A_{C1} > 1.25 I_c = 1.25 \frac{Q}{\sqrt{3} U_n} \quad (2.16)$$

3TA11/3TA21	I_e / A_{C1}	= 30A
3TA22 "	"	" 45A
3TA23 "	"	" 80A
3TB48 "	"	" 90A
3TA24 "	"	"100A
3TB50 "	"	"160A
3TB52 "	"	"200A
3TA28 "	"	"220A
3TB54 "	"	"300A
3TA30 "	"	"300A
3TB56 "	"	"400A
3TB32 "	"	"400A
3TB34 "	"	"630A

Tablo 2.1.

Kontaktörlerin yukarıdaki A_{C1} kategorizesine göre I_e = Devamlı taşıyacağı kontak akımlarıdır.(3).

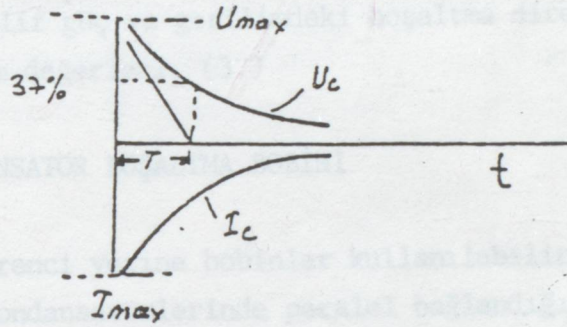
2.0.5. BOŞALTIMA DİRENCİ VE BOŞALTIMA GERİLİM TRANSFORMATÖRÜ

Kondansatörlerin devre dışı bırakılmasından sonra üzerinde bir elektrik yükü kalacaktır. Bu yüzden işletme personelinin can emniyeti yönünden kısa zamanda boşaltılması lazımdır. Ayrıca merkez kompanzasyonda dolu bir kondansatör üzerine ilave bir kondansatör devreye sokulmasında aşırı dengeleme akımları akacaktır. Dolu kondansatörlerin kendi başına bırakılmasında boşalma, günler ve haftalar alabilir. Bu sebeple kondansatör, ya boşaltma dirençleri, gerilim trafoları üzerinden veya motor veya transformatörle beraber devreye sokulup çıkarılıyor ise bunların sargıları üzerinden boşalacaktır. Bu kondansatörler önünde herhangi bir sigorta veya şalter gibi

cihazlar bulunuyor ise,kondansatörler yine boşaltma direnci veya gerilim transformatörüne ihtiyaç göstereceklerdir.Bir dolu kondansatöre bir direnç bağlandığı zaman kondansatör bir üstel fonksiyonuna göre t zamanında boşalacaktır.Kondansatör uçlarında t saniye'den sonra,kalan gerilim U_{C2} ,kondansatör gerilimi U_{C1} ve kondansatör zaman sabiti $T=RC$ olmak üzere

$$U_{C2} = U_{C1} e^{-\frac{t}{T}} \quad (2.17)$$

pratikte kondansatör $t=5T$ zamanında boşalır.



Şekil 2.8.Kondonsatör boşalma zaman eğrisi

Boşalma direnci;

$$R = \frac{1}{1.1.C_n} \times \frac{60 S}{\ln \frac{\sqrt{2} U_n}{50V}} \quad (2.18)$$

ile hesap edilir.

Alçak gerilim kondansatörlerinin gerilimleri devreden çıkarıldıktan sonra bir dakika içinde Rest 50 V kadar düşürülmelidir.

Aşağıdaki tabloda muhtelif güç ve gerilimdeki kondansatör-boşaltma dirençlerinin güçleri ve Ohm değerleri belirtilmektedir.

QN KVAR	RΔ 220 V PR		RΔ 400 V PR		RΔ 525 V PR	
	Kohm	Wat	Kohm	Wat	Kohm	Wat
5	291	0,2	677	0,5	1050	0,5
10	145	0,4	338	0,5	525	1
15	97	1	225	1	350	1
20	73	1	169	1	262	1,5
25	58	1	135	1,5	210	1,5
30	40	1,5	112	1,5	175	2
40	41	1,5	84	2	131	2,5
50	29	2,5	67	3	105	3
60	24	2,5	56	3	87	4
75	19	3	45	4	70	4
100	14	4	33	5	52	6
120			28	6	43	7

Tablo 2.2.Muhtelif güç ve gerilimdeki boşaltma dirençlerinin güçleri ve Ohm değerleri. (3.)

2.0.6.KONDANSATÖR BOŞALTIMA BOBİNİ

Boşaltma direnci yerine bobinler kullanılabilir.Bunlar merkezi sistemdeki kademe kondansatörlerinde paralel bağlandığı gibi,sabit kompanzasyonda kullanılan kondansatörler için de paralel bağlanabilir.Bir dakikada 50 V gerilim seviyesine düşürülebildiği gibi,gerilim %10 mertebesine düşmede temin edilebilir.Boşaltmada kondansatörle paralel bağlı bir salınım devresi teşkil eder.Kondansatör üzerinde toplanmış bir gerilim kondansatörün devreden çıkmasıyla bir doğru akım kaynağı gibi düşünülebilir.Bu frekansın sıfır olması demektir.Bobin reaktansı,

$$X_L = 2\pi fL \quad (2.19)$$

dolayısıyla,sıfır olacak ve kondansatör reaktansı sıfır olan bobin üzerinden boşalacaktır.Bobin,kondansatör devrede iken yüksek direnç göstereceğinden kondansatörle beraber devrede kalabilir.Dirençlere göre daha az kayıpları vardır.

2.0.7.REAKTİF GÜÇ RÖLESİ (4RY81 Tipi)

Bu röle otomatik olarak kondansatör gruplarını çalıştırmaya yarar.

2.1. REAKTİF GÜÇ İHTİYACININ TESBİTİ

Reaktif güç regülatörü içindeki çıkış röleleri de dahil olmak üzere tümüyle elektronik olarak imal edilirler. Girişte ölçü transformatörleri, çıkışta röle yardımıyla galvanik olarak şebekeden ayrılmıştır.

Regülatör S-T fazları gerilimi ile R fazından geçen faz akımını ölçer. Açma-Kapama kumandası regülatör içindeki çıkış rölesini çalıştırır. Bu kademenin tüm ön kademeleri daha önce açılmış veya kapanmıştır.

Rölenin ayarlanması, regülatörde mevcut iki adet potansiyometrenin durumlarını değiştirmek suretiyle yapılır. Potansiyometrelerde, döndürülmesi için kertik veya sıkalalar mevcuttur. Sistemin değerlerine bağlı bulunacak bir c/k değeri ile ilk potansiyometrenin sıkalası verilen pozisyona getirilir. c/k değeri regülatöre ilk kademe gücünün, akım transformatörünün değiştirme oranını verir. Yani $c/k = (\text{ilk kondansatör kademe gücü} / \text{akım transformatörü değiştirme oranı}) \times Z$ dir. Z: Regülatörün ön plakasında akım ve gerilim değerleri için verilmiş sabit büyüklüktür.

$$Q_1 = P_1 \tan \phi_1 \quad (2.20)$$

ve kompanzasyondan sonra ise,

$$Q_2 = P_2 \tan \phi_2 \quad (2.21)$$

bu iki güç kondansatör gücü için,

$$Q_1 - Q_2 = Q_c$$

$$P_1 \tan \phi_1 - P_2 \tan \phi_2 = Q_c \quad (2.22)$$

elde olur. Burada $\tan \phi_1$ ve $\tan \phi_2$,

$$\tan \phi = \frac{\sin \phi}{\cos \phi} \quad (2.23)$$

$$= \frac{\sin \phi}{\cos \phi}$$

değintilerden yararlanarak $\cos \phi_1$ ve $\cos \phi_2$ den hesaplanabilir. Eğer denklemin (2.22)de sinlerin tanjantlarına geçilirse,

$$\sin \phi_1 - \sin \phi_2 = Q_c \quad (2.24)$$

2.1. REAKTİF GÜÇ İHTİYACININ TESBİTİ

Bir tüketicinin veya tesisin reaktif güç ihtiyacını tesbit için önce sözkonusu tüketicinin veya tesisin şebekeden çektiği S_1 görünür gücün, buna ait $\cos\psi_1$ güç katsayısının ve bundan sonra güç katsayısının çıkarılması istenen $\cos\psi_2$ değerinin bilinmesi gereklidir. Güç katsayısını $\cos\psi_2$ değerine çıkarmak için iki yol vardır: Bunlardan birincisinde $\cos\psi_1$ güç katsayısı altında çekilmekte olan P_1 aktif gücü sabit tutulur ve buna göre şebekeden çekilen görünür güç S_2 gibi daha küçük bir değere düşer. İkinci hesap yolunda ise S_1 görünür gücü $\cos\psi_2$ güç katsayısında da aynı değeri muhafaza eder ve bu durumda şebekeden çekilmekte olan aktif güç P_2 gibi daha büyük bir değer alır. Bu iki hesap yoluna ait fazör diyagramı şekil 2.9 da da gösterilmiştir.

Şekil 2.9.a ya göre kompanzasyondan evvelki reaktif güç;

$$Q_1 = P_1 \tan\psi_1 \quad (2.20)$$

ve kompanzasyondan sonra ise;

$$Q_2 = P_1 \tan\psi_2 \quad (2.21)$$

dir. Buna göre kondansatör gücü için;

$$\begin{aligned} Q_1 &= Q_1 - Q_2 \\ &= P_1 (\tan\psi_1 - \tan\psi_2) \end{aligned} \quad (2.22)$$

elde olunur. Burada $\tan\psi_1$ ve $\tan\psi_2$;

$$\tan\psi = \frac{\sqrt{1 - \cos^2\psi}}{\cos\psi} \quad (2.23)$$

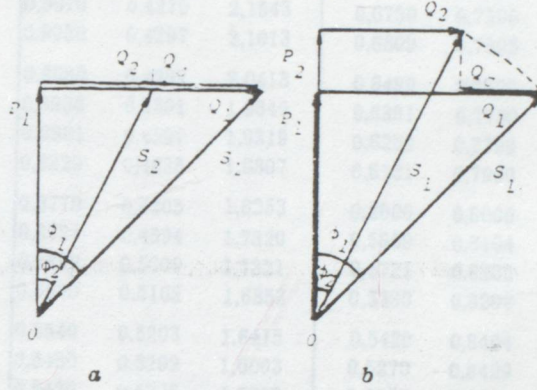
bağıntısından yararlanarak $\cos\psi_1$ ve $\cos\psi_2$ den hesaplanabilir. Eğer denklem (2.22)de açılarının tanjantlarının farkı;

$$\tan\psi_1 - \tan\psi_2 = k \quad (2.24)$$

gibi bir sayı ile gösterilirse,denklem (2.22) yerine ;

$$Q_c = kP_1 \quad (2.25)$$

bulunur.



Şekil 2.9.Reaktif güç ihtiyacının tesbiti.a)nakledilen sanal gücün azaltılması,aktif güç sabit,b)nakledilen aktif gücün artırılması sanal güç sabit,

$\tan \psi$ den $\cos \psi$ ve $\sin \psi$ veya aksini bulmak için özel cetveller ve ablaklar tanzim edilmiştir.Tablo 2.3. de $\sin \psi$, $\cos \psi$ ve $\tan \psi$ nin birbirine karşılık gelen değerleri verilmiştir.Tablo 2.4. de k katsayısını vermektedir.Kondansatör gücünü bulmak için,Tablo 2.4. den elde edilen k değeri tesisin aktif gücü ile çarpılır.

Aktif ve reaktif güçler birbirine diktir.Sanal güç aktif güç ile ψ açısı teşkil eder.sanal güç hipotenüs olmak üzere bunların bir dik üçgen teşkil etmeleri özelliğinden yararlanarak,Şekil 2.10 da verilen ablak oluşturulmuştur.Bu şekil yardımı ile verilen bir aktif güç ve güç katsayısından hareket ederek sanal gücü reaktif güç ile kondansatör gücü bulunabilir.

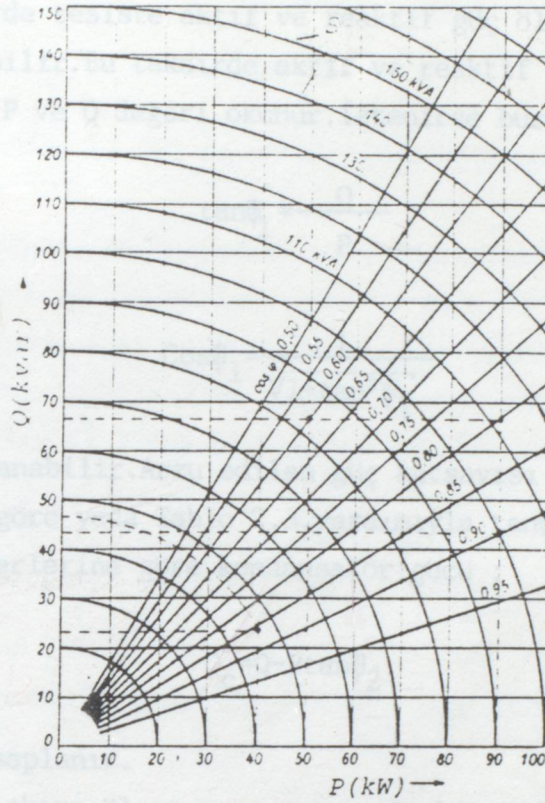
$\sin \varphi$	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$	$\sin \varphi$	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$
0,9160	0,4011	2,2835	0,6940	0,7199	0,9640
0,9120	0,4102	2,2234	0,6831	0,7304	0,9352
0,9070	0,4210	2,1543	0,6730	0,7396	0,9099
0,9030	0,4297	2,1013	0,6609	0,7505	0,8806
0,8980	0,4399	2,0413	0,6499	0,7600	0,8551
0,8930	0,4501	1,9840	0,6381	0,7700	0,8287
0,8881	0,4597	1,9319	0,6259	0,7799	0,8026
0,8829	0,4695	1,8807	0,6131	0,7900	0,7761
0,8770	0,4805	1,8253	0,6000	0,8000	0,7499
0,8721	0,4894	1,7820	0,5859	0,8104	0,7230
0,8660	0,5000	1,7321	0,5721	0,8202	0,6976
0,8600	0,5103	1,6853	0,5580	0,8299	0,6724
0,8540	0,5203	1,6415	0,5420	0,8404	0,6449
0,8480	0,5299	1,6003	0,5270	0,8499	0,6200
0,8420	0,5395	1,5607	0,5100	0,8601	0,5930
0,8350	0,5502	1,5175	0,4932	0,8699	0,5669
0,8281	0,5606	1,4770	0,4751	0,8799	0,5399
0,8220	0,5695	1,4433	0,4561	0,8899	0,5125
0,8150	0,5795	1,4063	0,4360	0,8999	0,4845
0,8070	0,5906	1,3663	0,4150	0,9098	0,4561
0,8000	0,6000	1,3335	0,3918	0,9200	0,4258
0,7919	0,6106	1,2970	0,3679	0,9299	0,3956
0,7850	0,6196	1,2670	0,3412	0,9400	0,3630
0,7770	0,6295	1,2342	0,3118	0,95005	0,3281
0,7679	0,6406	1,1988	0,2798	0,96005	0,2915
0,7600	0,6499	1,1695	0,2431	0,97001	0,2506
0,7509	0,6604	1,1369	0,1988	0,98004	0,2028
0,7420	0,6704	1,1067	0,1409	0,99002	0,1422
0,7331	0,6801	1,0780	0,0000	1,0000	0,0000
0,7240	0,6898	1,0495			
0,7141	0,7001	1,0200			
0,7071	0,7071	1,0000			

Tablo 2.3. $\sin \psi$, $\cos \psi$ ve $\tan \psi$ nin birbirine karşılık gelen değerleri.

Mevcut cos φ_1	Arzu edilen cos φ_2										
	0,7	0,75	0,8	0,82	0,84	0,86	0,88	0,9	0,92	0,94	0,96
0,30	2,16	2,30	2,42	2,48	2,53	2,59	2,65	2,70	2,76	2,82	2,89
0,35	1,66	1,80	1,93	1,98	2,03	2,08	2,14	2,19	2,25	2,31	2,36
0,40	1,27	1,41	1,54	1,60	1,65	1,70	1,76	1,81	1,87	1,93	2,36
0,45	0,97	1,11	1,24	1,29	1,34	1,40	1,45	1,50	1,56	1,62	1,69
0,50	0,71	0,85	0,98	1,04	1,09	1,14	1,20	1,25	1,31	1,37	1,44
0,52	0,62	0,76	0,89	0,95	1,00	1,05	1,11	1,16	1,22	1,28	1,35
0,54	0,54	0,68	0,81	0,86	0,92	0,97	1,02	1,08	1,14	1,20	1,27
0,56	0,46	0,60	0,73	0,78	0,84	0,89	0,94	1,00	1,05	1,12	1,19
0,58	0,39	0,52	0,66	0,71	0,76	0,81	0,87	0,92	0,98	1,04	1,11
0,60	0,31	0,45	0,58	0,64	0,69	0,74	0,80	0,85	0,91	0,97	1,04
0,62	0,25	0,39	0,52	0,57	0,62	0,67	0,73	0,78	0,84	0,90	0,97
0,64	0,18	0,32	0,45	0,51	0,56	0,61	0,67	0,72	0,78	0,84	0,91
0,66	0,12	0,26	0,39	0,45	0,49	0,55	0,60	0,66	0,71	0,78	0,85
0,68	0,06	0,20	0,33	0,38	0,43	0,49	0,54	0,60	0,65	0,72	0,79
0,70		0,14	0,27	0,33	0,38	0,43	0,49	0,54	0,60	0,66	0,73
0,72		0,08	0,22	0,27	0,32	0,37	0,43	0,48	0,54	0,60	0,67
0,74		0,03	0,16	0,21	0,26	0,32	0,37	0,43	0,48	0,55	0,62
0,76			0,11	0,16	0,21	0,26	0,32	0,37	0,43	0,50	0,56
0,78			0,05	0,11	0,16	0,21	0,27	0,32	0,38	0,44	0,51
0,80				0,05	0,10	0,16	0,21	0,27	0,33	0,39	0,46
0,82					0,05	0,10	0,16	0,22	0,27	0,33	0,40
0,84						0,05	0,11	0,16	0,22	0,28	0,35
0,86							0,06	0,11	0,17	0,23	0,30
0,88								0,06	0,11	0,17	0,25
0,90									0,06	0,12	0,19
0,92										0,06	0,13
0,94											0,07

Kondansatör gücünü bulmak için, mevcut cos φ_1 in hızasında ve istenen cos φ_2 nin altındaki değer, tesisin gerçek aktif gücü (kW) ile çarpılır.

Tablo 2.4. Mevcut cos φ_1 değerini istenen cos φ_2 değerine çıkarmak için kW aktif güç başına gerekli reaktif güç.



Şekil 2.10. Aktif güç ile güç katsayısından hareket ederek sanal gücü, reaktif gücü ve kondansatör gücünü bulmaya yarayan ablak.

Bir tüketici tesiste kompanzasyon gücünü tesbit edebilmek için bu tesisin görünen aktif ve reaktif güçlerinden herhangi ikisinin veya bunlardan biri ile güç katsayısının bilinmesi gerekir. Buna göre gerekli kondansatör gücü bulunur.

Tesis işletmede ve çeşitli ölçü aletleri mevcutken; reaktif güç ve kondansatör gücünün hesabı için, birkaç durum söz konusudur:

*Ampermetre ve voltmetre yardımıyla hat akımı ve hat gerilimi ölçülerek tesisin görünen gücü denklem (2.1.) e göre hesaplanır. Denklem (2.3) ve (2.5) e göre aktif ve reaktif gücün hesaplanabilmesi için güç katsayısının bilinmesine ihtiyaç vardır. $\cos \psi$ biliniyorsa; $\sin \psi$ ya ;

$$\sin \psi = \sqrt{1 - \cos^2 \psi} \quad (2.26)$$

ifadesine göre hesaplanır, yahut Tablo 2.3.e göre tayin edilir. $\cos \psi$ yi ölçmek için tesise ayrıca bir $\cos \psi$ -metre de bağlanabilir.

*Bazı hallerde tesiste aktif ve reaktif güç ölçümü için iki yazıcı Wattmetre bulunabilir. Bu takdirde aktif ve reaktif wattmetrelerin gösterdikleri ortalama P ve Q değeri okunur. İstenirse buradan;

$$\tan\psi_1 = \frac{Q}{P} \quad (2.27)$$

$$\cos\psi_1 = \frac{1}{\sqrt{1+\tan^2\psi_1}} \quad (2.28)$$

değeri ile hesaplanabilir. Arzu edilen güç katsayısı $\cos\psi_2$ bilinirse, ya denklem (2.23) e göre yada Tablo 2.3. yardımıyla $\tan\psi_2$ bulunur. Okunan ortalama P ve Q değerlerine göre kondansatör gücü ;

$$Q_c = Q - P \tan\psi_2 \quad (2.29)$$

ifadesine göre hesaplanır.

*Eğer toplam akımı ölçen ampermetre ile bir voltmetre ve bir de aktif güç sayacı varsa, ölçülen akım ve gerilim değerleri ile denklem (2.1.)e göre S_1 hesaplanır. Bundan sonra bir kronometre yardımıyla sayaç üzerine bir dakikada diskin η_p dönme sayısı sayılır. Sayaç üzerindeki sabite c_p (dönme sayısı/kWh) okunduktan sonra aktif güç;

$$P = \frac{\eta_p 60}{c_p} \quad (\text{kWh}) \quad (2.30)$$

hesaplanır. P yardımıyla denklem (2.3) e göre $\cos\psi_1$ bulunur. Bundan sonra denklem (2.22) ye göre Q_c hesaplanır.

*Eğer tesiste bir aktif ve bir reaktif güç sayacı varsa, bir kronometre yardımı ile bir dakikada diskin dönme sayısı olarak aktif sayaç üzerinde η_p (d/d) ve reaktif sayaç üzerine de η_q (d/d) okunur. Ayrıca aktif sayaç sabitesi c_p ise aktif ve reaktif güçler şu şekilde bulunurlar;

$$P = \frac{\eta_p 60}{c_p} \quad \text{kW} \quad (2.31)$$

$$Q = \frac{\eta_q^{60}}{c_q} \text{ (kVAr)} \quad (2.32)$$

ve daha sonra denklem (2.29) da görüldüğü gibi, kondonsatör gücü hesaplanır.

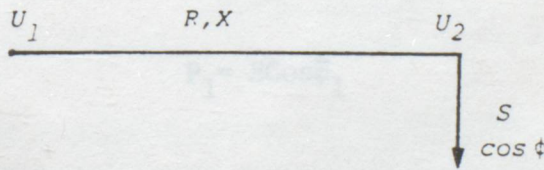
*Aktif ve reaktif güç sayaçlarıyla donatılmış olan bir tesiste elektrik idaresinci tanzim edilen faturaya göre de kondonsatör gücünü tayin etmek mümkündür. Eğer belirli bir t_1 (h) işletme süresi içinde aktif enerji sarfiyatı A_p (kWh) ve reaktif enerji sarfiyatı A_q (kVArh) verilmiş ise, denklem (2.29) a benzer bir şekilde kondansatör gücü için;

$$Q = \frac{A_q - A_p \tan \psi_2}{t_1} \quad (2.29.a)$$

elde olunur. Burada $\tan \psi_2$, arzu edilen $\cos \psi_2$ değerinden Tablo 2.3'a göre elde edilir.

2.1.1. GÜÇ KATSAYISININ DÜZELTİLMESİNİN YARARLARI

Güç katsayısının düzeltilmesinin, hem şebeke hem de tüketici bakımından birçok faydaları vardır. Aşağıdaki hesaplara esas olmak üzere omik direnci R , reaktif direnci X olan bir besleme hattı ele alınacak ve bunun sonunda bir tüketicinin beslendiği kabul edilecektir.



Şekil 2.11. Bir besleme hattı.

Güç katsayısının düzeltilmesi ile burada kısaca şebeke diye işaret

edilen bütün üretim,iletim ve dağıtım tesislerinde hissedilir derecede bir ferahlama meydana gelir.Bunu üç madde halinde özetlemek mümkündür.

*Şebeke güç kapasitesinin artması;

Önce şekil 2.9.a'da işaret edildiği gibi hat sonunda çekilen P aktif gücü sabit olsun.Kompanzasyondan önce çekilen görünen güç;

$$S_1 = P \cos \psi_1 \quad (2.33)$$

ve kompanzasyondansonra çekilen görünen güç;

$$S_2 = P \cos \psi_2 \quad (2.33.a)$$

olduğuna göre,bu ikisi arasındaki fark;

$$\Delta S = S_1 - S_2 \quad (2.34)$$

veya başlangıçtaki değere oranı;

$$\begin{aligned} \% \Delta S &= \frac{S}{S_1} \cdot 100 \\ &= 100 \left(1 - \frac{\cos \psi_2}{\cos \psi_1} \right) \end{aligned} \quad (2.35)$$

dır.Şu halde kompanzasyon sayesinde,tesisin yükü %Δs oranında azalır veya gerekirse,tesisin aşırı yüklemekten %Δs oranında yeni bir tüketicinin beslenmesi mümkün olur.Eğer şekil 2.9.b.ye göre sanal güç sabit tutulursa şebekeden çekilebilecek aktif güç;

$$P_1 = S \cos \psi_1 \quad (2.36)$$

değerinden,

$$P_2 = S \cos \psi_2 \quad (2.36.a)$$

değerine çıkar.Bu da şebeke aşırı yüklenmeden çekilen aktif yükün;

$$\Delta P = P_2 - P_1 \quad (2.37)$$

kadar, ya da;

$$\begin{aligned}\% \Delta P &= 100 \frac{P}{P_1} \\ &= 100 \left(\frac{\cos^2 \psi_2}{\cos^2 \psi_1} - 1 \right) \quad (2.38)\end{aligned}$$

oranında artmasına tekabül eder.

*Şebeke ısı kaybının azalması:

Hat üzerinden çekilen aktif gücün sabit olduğu kabul edilirse, kompanzasyonsuz durumda ısı kaybı;

$$P_{z1} = \frac{RP^2}{U^2 \cos^2 \psi_1} \quad (2.39)$$

ve kompanzasyondan sonraki ısı kaybı;

$$P_{z2} = \frac{RP^2}{U^2 \cos^2 \psi_2} \quad (2.39.a)$$

dır. Güç katsayısının düzeltilmesi ile çekilen aktif güce göre nisbi ısı kaybı cinsinden elde edilen kazanç;

$$\begin{aligned}\% Z &= 100 \frac{P_{z1} - P_{z2}}{P} \\ &= 100 \left(1 - \frac{\cos^2 \psi_1}{\cos^2 \psi_2} \right) \quad (2.40)\end{aligned}$$

dır. Tam kompanzasyon yapılması haline ($\cos \psi_2 = 1$) göre, çeşitli güç katsayıları için, şebeke ısı kayıplarının hangi oranda azalacağı Tablo 2.5 de verilmiştir.

$\cos \varphi_1$	$\% z$
1.0	0
0.9	19
0.8	36
0.7	21
0.6	64
0.5	75

Tablo 2.5 $\cos \psi_2 = 1$ haline göre çeşitli güç katsayıları için şebeke ısı kayıplarındaki kazançlar.

*Gerilim düşümünün azalması:

Yukarıda sözü geçen ve şekil 2.11 de gösterilen besleme hattının başındaki gerilim U_1 ve sonundaki gerilim U_2 ise, hat üzerindeki boyuna gerilim düşümü;

$$\Delta u = IR \cos \psi + IX \sin \psi \quad (2.41)$$

dır. Güç katsayısı $\cos \psi_1$ den $\cos \psi_2$ çıkarıldığında gerilim düşümünün aldığı değer, Şekil 2.12 de ki fazör diyagramı ile gösterilmiştir.

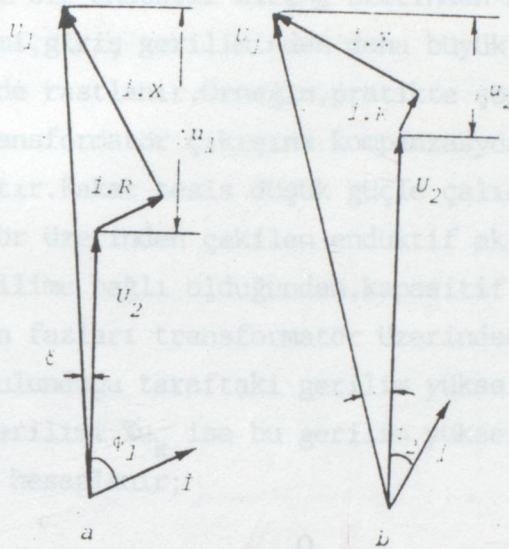
Hat üzerinden çekilen P aktif gücünün sabit olduğu kabul edilsin, hat üzerinde müsadde edilen bağıl kayıp gücü;

$$\%P_z = 100 \frac{3I^2 R}{P} \quad (2.42)$$

olduğu gözönüne alınarak denklem (2.41) yerine bağıl gerilim;

$$\% \xi = 100 \left(P_z \cos^2 \psi + \frac{PX}{U^2} \tan \psi \right) \quad (2.43)$$

elde edilir.



Şekil 2.12 Güç katsayısının gerilim düşümü üzerine tesiri

a)Kompanzasyondan önce,

b)Kompanzasyondan sonra,

Arzu edilirse boyuna gerilim düşümü sıfır olacak şekilde bir enerji iletimi yapmak mümkündür. Bu durumda denklem (2.41) e göre reaktif akımın değeri;

$$I_q = -I_p \frac{R}{X} \quad (2.44)$$

veya;

$$\tan \psi = - \frac{R}{X} \quad (2.44.a)$$

olmalıdır. Burada eksi işareti, reaktif akımın kapasitif karakterde yani faz açısının negatif olması gerektiğini gösterir.

Alçak gerilim şebekelerinde reaktif direnç ihmal edildiğinden, gerilim düşümü, hat akımının aktif bileşeni ile hattın omik direncinin çarpımına eşit, yani;

$$\Delta u = I_p R \quad (2.45)$$

olduğundan burada reaktif akımın etkisi görülmez

Bilindiği gibi bir endüktif direnç üzerinden kapasitif bir akım geçerse, çıkış gerilimi, giriş geriliminden daha büyük olur; bu durum aşırı kompanzasyon halinde rastlanır. Örneğin, pratikte şöyle bir durumla karşılaşılabilir: Bir transformatör çıkışına kompanzasyon maksadıyla bir kondansatör bağlanmıştır. Fakat tesis düşük güçle çalıştığı veya hiç güç çekmediği transformatör üzerinden çekilen endüktif akım düşer. Kondansatör tam değeri ile gerilime bağlı olduğundan, kapasitif akım kompanze edilemez ve kapasitif akımın fazları transformatör üzerinden geçer. Bu durumda kondansatörün bağlı bulunduğu taraftaki gerilim yükselir. Transformatörün bağlı kısa devre gerilimi $\%u_k$ ise bu gerilim yükselmesi $\%$ cinsinden yaklaşık olarak şöyle hesaplanır;

$$\epsilon = u_k \frac{Q_c}{S_{Tr}} \quad (2.46)$$

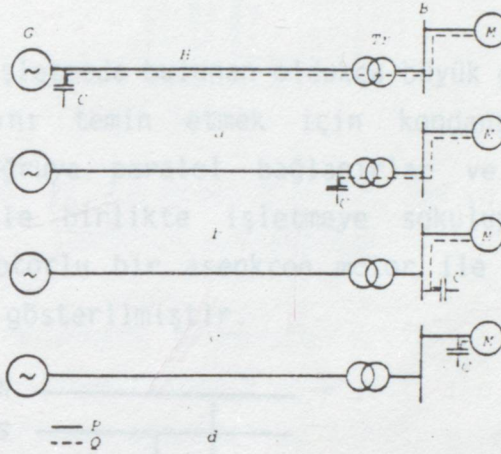
Burada Q_c kVar cinsinden kondansatör gücünü ve S_{Tr} kVA cinsinden transformatör gücünü göstermektedir.

Genellikle tüketici uçlarında gerilim yükselmesi arzu edilmez; zira gerilimin nominal değerinin üstüne çıkması sakıncalı sonuçlar doğurur. Onun için aşırı kompanzasyondan daima sakınmak gerekir. Bu da çekilen gücün zamana bağlı olarak değiştiği tesislerde otomatik kompanzasyon yapmak suretiyle olur.

2.1.2. KOMPANZASYON TESİSİNİN DÜZENLENMESİ :

Kondansatörlerin kullanılacakları yerlere tertiplenme şekillerinin de önemi büyüktür. Kondansatör tesislerinden en büyük yararlanmayı sağlamak maksadıyla, bunların yapacakları göreve göre tesis yerini ve bağlama şeklinin uygun bir tarzda seçilmesi gerekir. Kompanzasyon için kullanılan kondansatörlerin yerleştirilmesi bakımından en uygun yerin seçilmesi için şekil 2.13'de bir örnek verilmiştir. Burada bir B barasına bağlı bir M kuvvet tüketicisinin T transformatörü ve H besleme hattı üzerinden bir santraldeki G generatörü tarafından beslendiği kabul edilmiştir. Şekil 2.13/a'da hiç bir kompanzasyon tesisi öngörülmemiştir.

Tüketicinin ihtiyacı olan P aktif gücü (dolu çizgi ile) Q reaktif gücü (kesik çizgi) generatör tarafından üretilir.Şu halde reaktif güç santraldan itibaren besleme hattı ve trafo üzerinden geçerek tüketiciye ulaşır.Burada reaktif gücün santralda üretildiğini işaret etmek için generatör yanına bir kondansatör paralel bağlanmıştır.



Şekil 2.13 Kompanzasyon tesisi için en uygun yerin seçilmesi

- a) Kompanzasyon tesisi yoktur,
- b) Kondansatör yüksek gerilim tarafına bağlanmıştır,
- c) Kondansatör alçak gerilim tarafına bağlanmıştır,
- d) Kondansatör tüketici uçlarındadır,

Şekil 2.13/b'de kompanzasyon tesisi transformatörün yüksek gerilim tarafına bağlanmıştır;bu durumda her ne kadar genaratör ve besleme hattı reaktif güçten kurtarılmış ise de transformatör hala reaktif akımla yüklenmektedir.Şekil 2.13/c'de kondansatör alçak gerilim barasına yerleştirilmiştir ve nihayet Şekil 2.13/d'de kondansatör doğrudan doğruya tüketici uçlarına bağlanarak bütün tesis reaktif akımdan kurtarılmıştır.

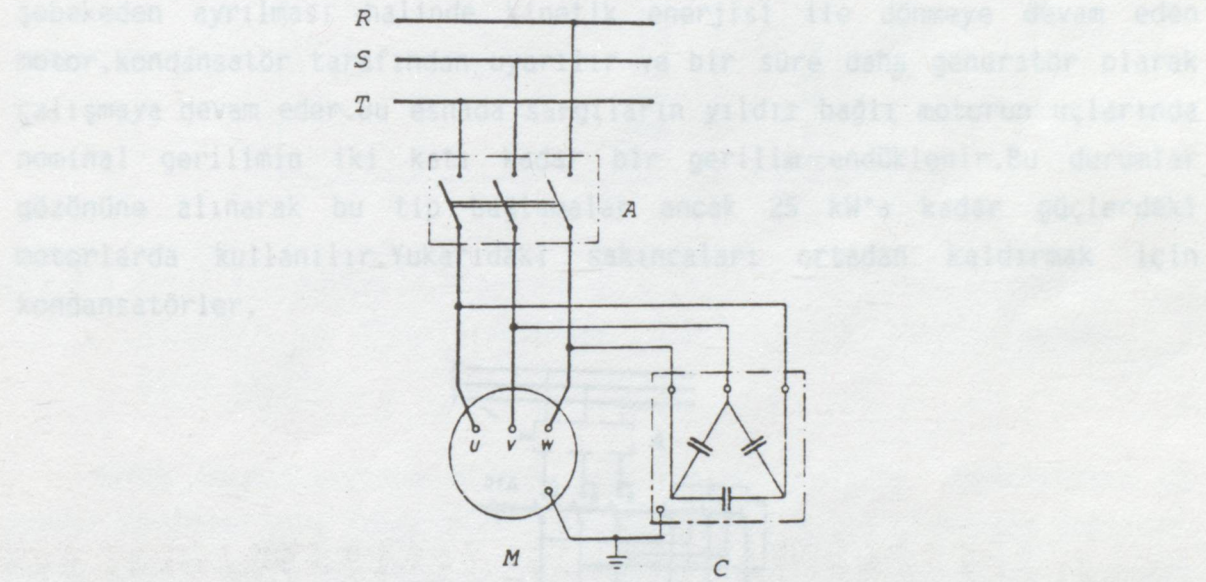
Transformatörün primer tarafına yerleştirilecek olan kondansatörün kapasitesi C_1 ve aynı işi yapmak için sekonder tarafa yerleştirilen kondansatörün kapasitesi C_2 ise denklem (2.8)'de gözönünde tutularak,

$$\frac{C_2}{C_1} = u^2. \quad (2.47)$$

olduğu görülür. Burada $\bar{u}$, transformatörün çevirme oranıdır. Bu şekilde kondansatörün yerini tesbit ettikten sonra bunların nasıl düzenleneceği ve bağlanacağı açıklanacaktır. (1,2).

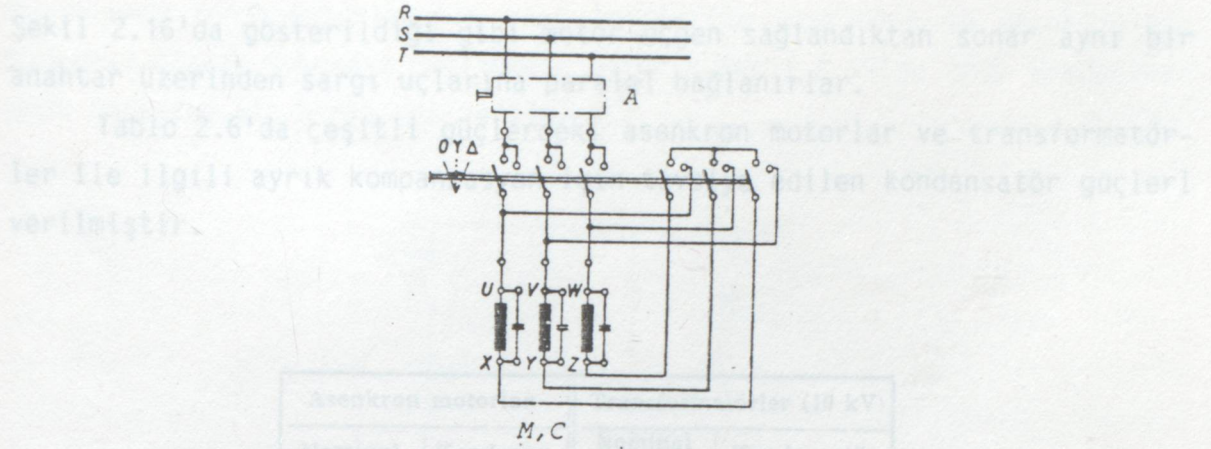
2.1.2.1 AYRIK KOMPANZASYON

Devamlı olarak işletmede bulunan oldukça büyük güçlü tüketicilerinin reaktif güç ihtiyacını temin etmek için kondansatörler tüketicinin uçlarına doğrudan doğruya paralel bağlanırlar ve ortak bir anahtar üzerinden tüketici ile birlikte işletmeye sokulup çıkarılırlar. Şekil 2.14'de kısa devre rotorlu bir asenkron motor ile bunun uçlarında bir kondansatör bataryası gösterilmiştir.



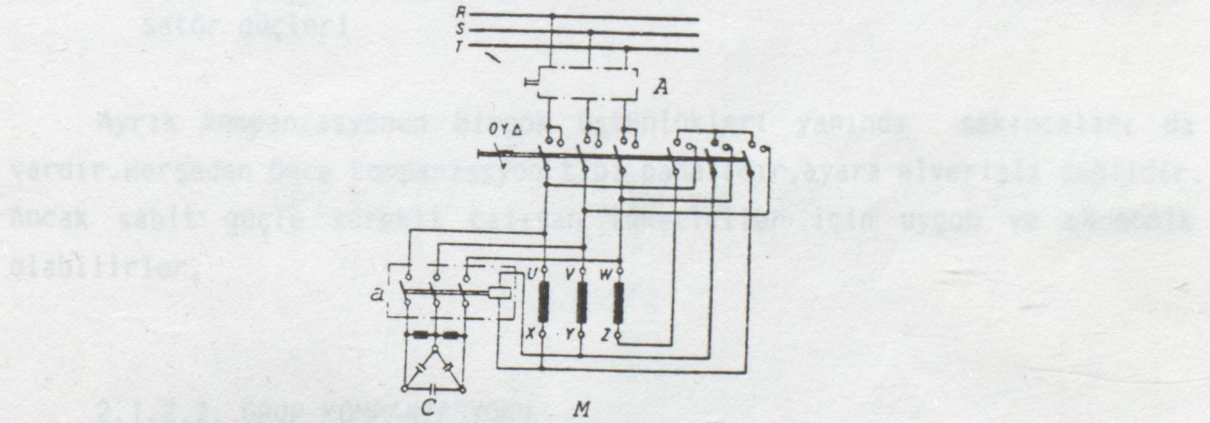
Şekil 2.14 Doğrudan doğruya şebekeye bağlanan kısa devre rotorlu bir asenkron motorun ayrik kompanzasyonu.

Yıldız-üçgen anahtarı ile yol alan asenkron motorlara ait kondansatörler motor sargılarının uçlarına paralel bağlanırlar (Şekil 2.15). Burada kondansatörler de motor sargıları ile birlikte devreye sokulup çıkarılırlar. Yıldızdan üçgene geçme esnasında dolmuş kondansatörler, çok kısa süreli olarak şebekeden ayrılış ve fazları ters olarak tekrar şebekeye bağlanırlar.



Şekil 2.15 Normal yıldız üçgen anahtarı ile yol alan asenkron motorun kompanzasyonu.

Bu da darbe akımlarının geçmesine yol açar. Bundan başka, motorun şebekeden ayrılması halinde kinetik enerjisi ile dönmeye devam eden motor, kondansatör tarafından uyarılır ve bir süre daha generatör olarak çalışmaya devam eder. Bu esnada sargıların yıldız bağlı motorun uçlarında nominal gerilimin iki katı kadar bir gerilim endüklenir. Bu durumlar gözönüne alınarak bu tip bağlamalar ancak 25 kW'a kadar güçlerdeki motorlarda kullanılır. Yukarıdaki sakıncaları ortadan kaldırmak için kondansatörler,



Şekil 2.16 Yıldız-üçgen anahtarı ile yol alan asenkron motora, üçgen konumunda kondansatörlerin paralel bağlanması

Şekil 2.16'da gösterildiği gibi motor üçgen sağlandıktan sonra aynı bir anahtar üzerinden sargı uçlarına paralel bağlanırlar.

Tablo 2.6'da çeşitli güçlerdeki asenkron motorlar ve transformatörler ile ilgili ayırık kompanzasyon için tavsiye edilen kondansatör güçleri verilmiştir.

Asenkron motorlar		Transformatörler (10 kV)	
Nominal motor gücü kW	Kondansatör gücü kvar	Nominal transformatör gücü kVA	Kondansatör gücü kvar
4	2	25	2
5,5	2	50	3,5
7,5	3	75	5
11	3	100	6
15	4	160	10
18,5	7,5	250	15
22	7,5	315	18
30	10	400	20
		630	28
		1000	50
		1600	100

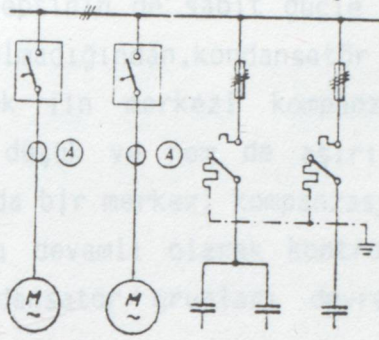
Tablo 2.6 Ayırık kompanzasyon metoduna göre çeşitli güçlerdeki asenkron motorlar ve transformatörler için tavsiye edilen kondansatör güçleri

Ayırık kompanzasyonun birçok üstünlükleri yanında sakıncaları da vardır. Herşeyden önce kompanzasyon tipi pahalıdır, ayara elverişli değildir. Ancak sabit güçle sürekli çalışan tüketiciler için uygun ve ekonomik olabilirler.

2.1.2.2. GRUP KOMPAZASYONU

Birçok tüketicinin bulunduğu bir tesiste her tüketicinin ayrı ayrı kondansatörler ile donatılacağı yerde bunların ortak bir kompanzasyon tesisi tarafından beslenmesi daha pratik ve ekonomik sonuçlar verir.

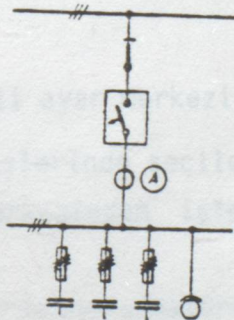
Bu durumda kondansatörlerinin özel anahtarlar üzerinden ve gerektiğinde kademeli olarak şebekeye bağlanması gerekir. Şekil 2.17'de grup kompanzasyonu tesisine ait bir örnek verilmiştir.



Şekil 2.17 Grup kompanzasyonu

Burada kondansatörler, açma ve kapama arklarını amortize etmek için özel anahtarlar ile donatılmıştır. Anahtar açıldığında hareket eden kontak, bir deşarj direnci üzerinden topraklanır.

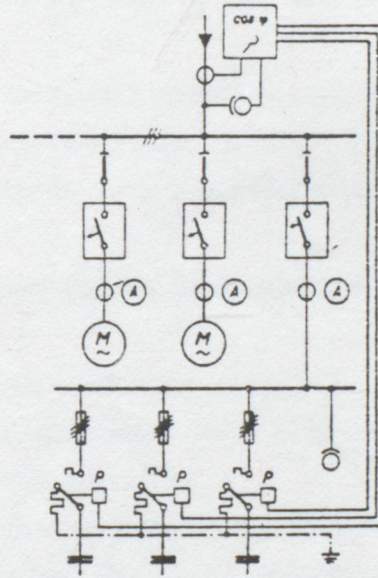
Bazı hallerde kondansatörler toplu bir motor konuma anahtarı veya yüksek gerilim güç anahtarı üzerinden şebekeye bağlanırlar. Tesis kısa devreye karşı korumak için her bir kondansatör bir sigorta üzerinden buraya bağlanır. Şekil 2.18'de gösterilen bu tesiste kademeli bir kompanzasyon imkanı yoktur.



Şekil 2.18 Sabit kondansatörlü grup kompanzasyonu

2.1.2.3. MERKEZİ KOMPANZASYON

Grup kompanzasyonun bir kademe daha genişletilmesi ile merkezi kompanzasyon elde edilir. Merkezi kompanzasyonda tüketici sayısı çok olduğundan ve bunları hepsinin de sabit güçle ve sürekli olarak devrede bulunması söz konusu olmadığından, kondansatör gücünü, değişen kompanzasyon gücüne uydurabilmek için merkezi kompanzasyonda bir ayar düzeni bulunur. Bu sayede hem düşük ve hem de aşırı kompanzasyondan sakınmak mümkün olur. Şekil 2.19'da bir merkezi kompanzasyon tesisi gösterilmiştir. Burada güç kat sayısını devamlı olarak kontrol eden bir cihaz yardımı ile ihtiyaca göre kondansatör grupları devreye sokulup çıkarılırlar.



Şekil 2.19 Kabili ayar merkezi kompanzasyon.

Merkezi kompanzasyon tesislerinde seçilecek kademe sayısı da oldukça önemlidir. Bir kompanzasyon merkezinden istenilen belli başlı konular şunlardır :

* Kompanzasyon tesisi transformatörden işletmenin tam yükte çalışması anında en fazla aktif gücü vermesini sağlamalıdır.

* Transformaörün yani yük ile tam yük arasında çalıştırılmasında $\cos \phi = 0.9$ değerine ulaşabilmelidir.

* Yükün az olduğu zamanlarda (geceleri, hafta sonları) kompanzasyon tesisinin kademeleri aşırı kompanzasyona engel olmak için devre dışı bırakılmalıdırlar.

* Reaktif güç reg'leleri mümkün olduğu kadar az kademede yapılabil-melidir. Kademe sayısı fazla seçilir ise şebekede bir dengesizlenme meydana gelecek ve arıza sayısını arttıracaktır.

2.2.ŞÖNT KOMPANZASYON (5).

Enterkornekte elektrik şebekelerinin ekonomik ve verilmeli bir şekilde işletilmesi için alınacak en önemli tedbirlerden biri reaktif şönt kompanzasyondur.Şebekeler geliştikçe ve yükleme seviyeleri yükseldikçe bu sorun daha da belirgin olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu nedenle,sistemin reaktif kompanzasyon ihtiyacının tesbitinde, teknik gerekçelerin yanında,sistem işletmesinin ekonomi ve verimliliğini ilgilendiren idari karar ve tercihler söz konusudur.

Elektrik şebekelerinde kullanılan kondansatörler birer reaktif güç üreticidirler.Kondansatörler generatörlere ilaveten,yükün ihtiyacı olan reaktif gücü üretirler.

Teorik olarak aktif ve reaktif güç talebini generatörler ile karşılamak mümkündür.

Ancak sistemin işletilmesi sırasında,yaratacağı teknik sorunlar ve ekonomik yönden bu mümkün değildir.

Bu nedenle şebekelerde şönt kompanzasyon uygulaması en uygun çözümdür.

Şönt kompanzasyonun şebeke üzerindeki etkileri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- *Fider akımların düşürülmesi,
- *Yük baralarındaki gerilimin yükseltilmesi,
- *Sistem kayıplarının düşürülmesi,
- *Generatörlerin daha yüksek $\cos \psi$ ile çalışması,
- *Generatörlerin ve besleme hatlarındaki yüklemenin azaltılması,
- *Enerji alışverişi yapılan bağlantı hatları üzerindeki talebin düşürülmesi,

Sistemin şönt kompanzasyon ihtiyacının tespiti ile ilgili ekonomik kriterler aşağıda sıralanmıştır.

- *Sistem (Generatör,transformatör,hata,v.b.)kapasitesinin rahatlatılması ve geri kazanılması,
- *Şebeke kayıplarının azaltılması,
- *Yük barasındaki gerilimin yükselmesinden dolayı müşteri tüketiminin ve üretici kuruluş lehine yapılan faturaların artması,
- *Bağlantı hatları üzerinden yapılan enerji alışverişi ile ilgili faturalamanın üretici kuruluş lehine düşürülmesi,

*Sistem ile ilgili ekipman yatırımının azaltılması veya birkaç sene ertelenmesi,(geri kazanılan kapasite sayesinde)

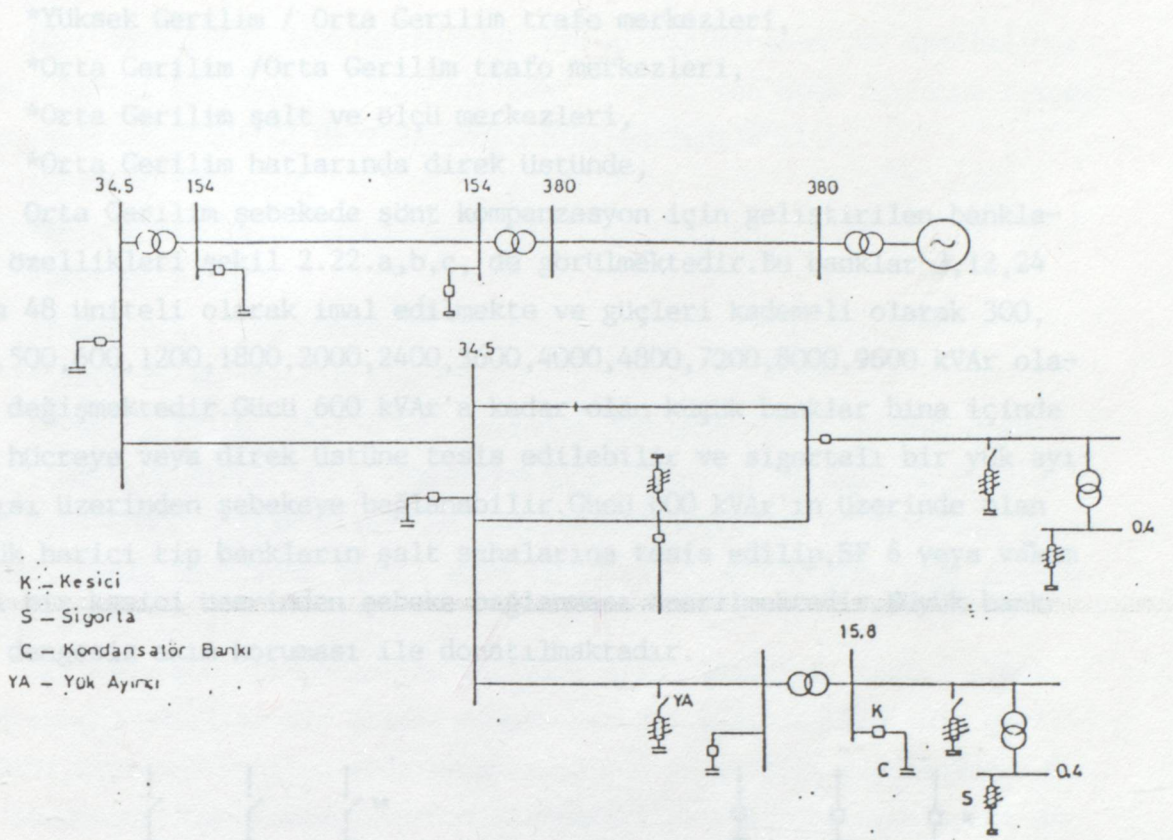
Sistemde şönt kompanzasyon yeri ve miktarı şu şekilde belirlenebilir:Prensip olarak şönt kompanzasyon,reaktif enerjiye ihtiyaç duyulan yerde yapılmalıdır.

Alçak Gerilim (0.4 kV) Sistemde Kompanzasyon,aboneleri besleyen Orta Gerilim/Alçak Gerilim (örneğin 10.5/0.4 kV) trafo postalarının Alçak Gerilim barasında,çok kademeli otomatik kompanzasyon düzenlerinin tesis edilmesi tavsiye edilmemektedir.Çünkü Alçak Gerilimde yapılan kompanzasyonun μ /kVar olarak maliyeti yüksektir.Buna ilaveten,Alçak Gerilim barasındaki yük talebi gün boyunca çok sık değiştiğinden,her kademe otomatik olarak servise alıp/çıkararak kontaktörlerin sistemde işletme ve bakım yönünden büyük sorunlar çıkaracağı bir gerçektir.Ancak, Alçak Gerilim barasında özellikle kompanzasyon yapılması isteniyorsa yalnız sabit 1.kademeye (kontaktörsüz) tesis edilmeli ve bu kademenin gücü trafonun boştaki mıknatıslama akımını kompanse edebilecek mertebede seçilmelidir.Sanayi tesislerindeki durum farklıdır ve Alçak Gerilim barasında otomatik kompanzasyon yapılabilir.Bu karar tüketiciye aittir.Yalnız bir posta söz konusu olduğundan,az sayıdaki kontaktörün bakımı sanayi tesisinin kendi bakım ekipleri için bir sorun olmayacaktır.

Orta Gerilim (6,3 - 10,5 - 15,8 - 34,5 kV) Sistemde Kompanzasyon: Sistemde şönt kompanzasyon için en çok ihtiyaç duyulan ve en uygun yer Orta Gerilim şebekeleridir.

Orta Gerilim hatlarının karakteristik empedans yükleme sınırlarının,hattın termik yükleme sınırının çok altında olmasından dolayı,Orta Gerilim hatlarında,şönt kompanzasyon yapmadan ekonomik bir yükleme yapılması mümkün değildir.Bilindiği gibi hat üzerinde karakteristik empedans yüklemesi yapıldığında,hattın ürettiği reaktif güç tükettiği reaktif güç birbirini dengelemekte ve hattın iki ucundaki gerilimler birbirine eşit olmaktadır.

En ideal yükleme bu olmasına rağmen,bu değer hattın termik yükleme sınırının çok altında olduğundan ekonomik değildir.Hat,karakteristik empedansı yüklemesinin üstünde bir değerde yüklendiğinde,hattın üzerinde bir gerilim düşümü oluşmakta ve reaktif güç akışı başlamaktadır.Bu durum ise sistemde sorunlar yaratmakta ve sistem kayıplarına neden olmaktadır. Bu sorunu çözmek için orta gerilim şebekede şönt kompanzasyon yapmak gerekmektedir.



Şekil 2.20. Enternokte şebekede şönt kompanzasyon,

A.B.D.de tüm sistemde yapılan şönt kompanzasyonun %75-85 kadarı Orta Gerilim şebekesinde, geriye kalan şönt kompanzasyonun çok az bir kısmı Alçak Gerilim şebekesinde, büyük bir kısmı Yüksek Gerilim şebekesinde yapılmaktadır. A.B.D.de yapılan bu kompanzasyon sayesinde Orta Gerilim şebekeleri güç faktörü $\cos \psi = 1.0$ olarak işletilmektedir. Minimum yük şartlarında sistemde devamlı serviste kalan ve üzerinde otomatik kontrol düzeni olmayan şönt kondansatörler ile $\cos \psi = 1.0$ civarında tutulmakta, puant saatlerinde ise $\cos \psi = 1.0$ değerinde tutabilmek için sisteme ilave kondansatörler otomatik olarak bir kontrol düzeniyle bağlanmaktadır.

Orta Gerilim şebekelerinde, şönt kapasitörlerin tesis edebilecekleri yerler aşağıdaki gibi sıralanabilir. (Şekil 2.20)

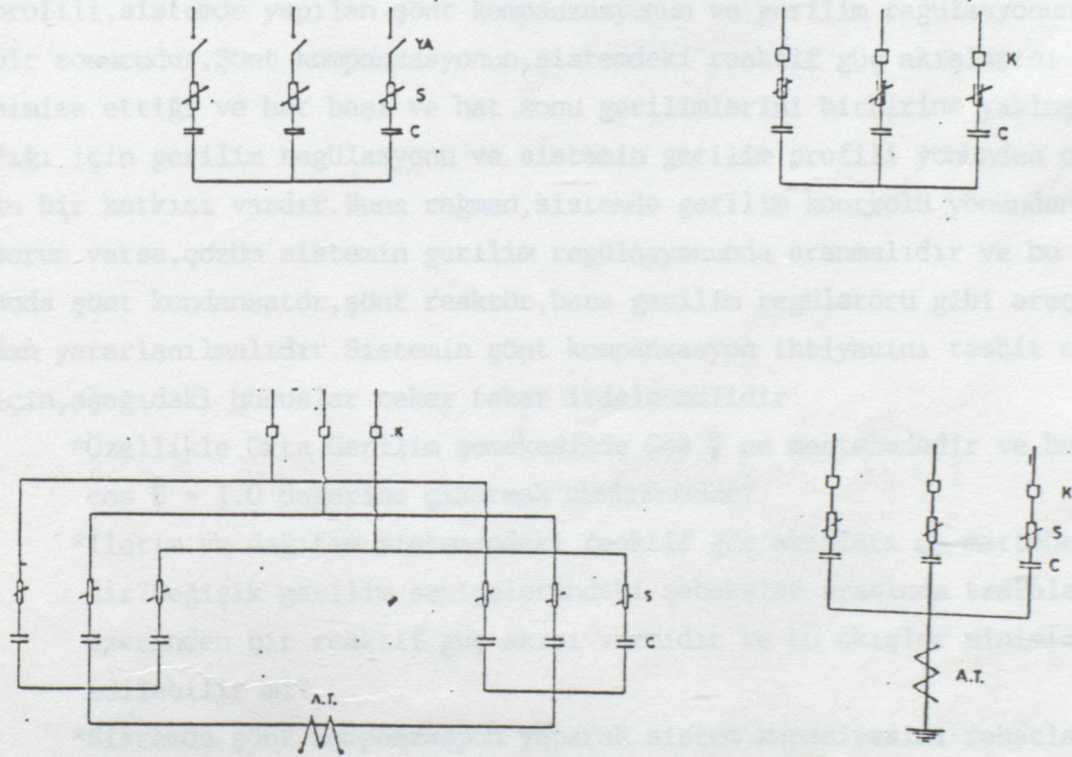
*Yüksek Gerilim / Orta Gerilim trafo merkezleri,

*Orta Gerilim /Orta Gerilim trafo merkezleri,

*Orta Gerilim şalt ve ölçü merkezleri,

*Orta Gerilim hatlarında direk üstünde,

Orta Gerilim şebekede şönt kompanzasyon için geliştirilen bankların özellikleri şekil 2.22.a,b,c, de görülmektedir.Bu banklar 3,12,24 veya 48 üniteli olarak imal edilmekte ve güçleri kademeli olarak 300, 450,500,600,1200,1800,2000,2400,3600,4000,4800,7200,8000,9600 kVar olarak değişmektedir.Gücü 600 kVar'a kadar olan küçük banklar bina içinde bir hücreye veya direk üstüne tesis edilebilir ve sigortalı bir yük ayırıcısı üzerinden şebekeye bağlanabilir.Gücü 600 kVar'ın üzerinde olan büyük harici tip bankların şalt sahalarına tesis edilip,SF 6 veya vakum tipi bir kesici üzerinden şebeke bağlanması önerilmektedir.Büyük banklar dengesiz akım koruması ile donatılmaktadır.



Şekil 2.22.Yıldız nötr izole bağlantılı şönt kompanzasyon (a),yıldız nötr izole bağlantılı şönt kompanzasyon (b),Yıldız-yıldız izole bağlantılı şönt kompanzasyon (c),yıldız nötr topraklı bağlantılı şönt kompanzasyon (d).

Eğer bank,puant saatlerinde servise alınıp,minimum yük saatlerinde servis harici edilmesi gereken bir bank ise,servise alma /çıkarma işlemi için aşağıdaki kontrol düzenlerinden biri kullanılabilir:

*Gerilim kontrolü,

*Akım kontrolü,

*VAr kontrolü,

*Zaman saati ile kontrol,

*Çevre sıcaklığı ile kontrol,

Yüksek gerilim (66-154 kV) sistemde kompanzasoynda ihtiyaç duyulduğu zaman bir miktar şönt kompanzasyon yapılabilir.Bu durumda bankların gücü daha büyük olarak dizayn edilmektedir.Örneğin,154 kV sistemde bara-ya bağlanacak bir şönt bankın gücü takriben 30.000-50.0000 kVAr arasında olacaktır.(Şekil 2.21d)

Sistemde şönt kompanzasyon ihtiyacı olup olmadığını tesbit etmek için sistem gerilimi bir kriter olmaya yeterli değildir.Sistemin gerilim profili,sistemde yapılan şönt kompanzasyonun ve gerilim regülasyonunun bir sonucudur.Şönt kompanzasyonun,sistemdeki reaktif güç akışlarını minimize ettiği ve hat başı ve hat sonu gerilimlerini birbirine yaklaştırdığı için gerilim regülasyonu ve sistemin gerilim profili yönünden olumlu bir katkısı vardır.Buna rağmen,sistemde gerilim kontrolü yönünden bir sorun varsa,çözüm sistemin gerilim regülasyonunda aranmalıdır ve bu konuda şönt kondansatör,şönt reaktör,bara gerilim regülatörü gibi araçlardan yararlanılmalıdır.Sistemin şönt kompanzasyon ihtiyacını tesbit etmek için,aşağıdaki hususlar teker teker irdelenmelidir:

*Özellikle Orta Gerilim şemekesinde $\cos \psi$ ne mertebededir ve bunu $\cos \psi = 1.0$ değerine çıkarmak mümkünmüdür?

*İletim ve dağıtım sistemindeki reaktif güç akışları ne mertebededir?Değişik gerilim seviyelerindeki şebekeler arasında trafolar üzerinden bir reaktif güç akışı varmıdır ve bu akışlar minimize edilebilir mi?

*Sistemde şönt kompanzasyon yaparak sistem kapasitesini rahatlatmak veya geri kazanmak ne mertebede olacaktır?

*Sistem kayıpları ne mertebededir ve bu mertebe dünya standartlarına göre normamıdır?Üretilen enerjinin ne kadarı fatura edilebiliyor ve aradaki farkın nedenleri ve dağılımı nedir?

*Yük barasındaki gerilimi yükselterek ve daha iyi kontrol ederek, müşterinin kWh tüketimi ne kadar arttırılabilir ve bu artışın üretici kuruluş lehine faturalama yönünden yararı ne mertebededir?

faz *Enerji alışverişi yapılan hatlar üzerindeki reaktif güç akışını minimize etmenin faturalama yönünden üretici kuruluş lehine yararı ne mertebededir?

örneğ *Günümüzdeki finansman maliyetleri göz önüne alınarak, şönt kompan, zasyon sayesinde sistem yatırımlarının azaltılmasının veya birkaç ların sene ertelenmesinin üretici kuruluşu sağlayacağı tasarruf ne mertebededir?

R, S, T, fazlarına ilişkin akımların genlikleri I_R, I_S, I_T ve gaz açıları belirli bir referans akım I_0 ve θ_0 konumuna seçiliyorsa, "Dengesiz (ASİMETRİK) yüklenme" den söz edilebilir. Aynı durum, faz gerilimlerinde de söz konusu olabilir. Fakat, faz akımlarındaki çok büyük dengesizlik olduğunda, faz gerilimlerindeki dengesizlik miktarı hesaplara yansıtılacak kadar büyüktür. Bu bakımdan, hesaplarda gerilim dengesizliğine pek yer verilmaz. Örneğin, faz akımlarındaki çok büyük dengesizlik miktarlarına izin verilebilir; belirli sınırlara veya sınırlama yöntemine gidilir.

Bir nöbeğin R, S, T, fazlarından yalnızca toplu kumanda edilen güçler sırasıyla S_1, S_2, S_3 olsun. Faz gerilimlerindeki dengesizlik etkilerini ihmal ediliyorsa göre $V_R = V_S = V_T$ eşitliği geçerlidir. Bu durumda faz güçleriyle faz akımları arasında,

$$S_i = 3 V I_i \cos \phi_i$$

$$S_i = 3 V I_i \cos \phi_i$$

$$S_i = 3 V I_i \cos \phi_i$$

eşitlikleri yazılabilir. Burada $\cos \phi_i$ güç faktörü denir.

Ayrıca $\cos \phi_i = \frac{P_i}{S_i}$ dir. Akımlar arasında önemli bir ilişki bulunmaz. Çünkü $\cos \phi_i$ değeri 1 ile 0 arasında değişir.

2.3.DENGESİZ YÜKLENMENİN KOMPANZASYON GÜCÜ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Bilindiği gibi,enerji sistemlerinde kompanzasyon gücünün hesabı, faz gerilimlerinin ve akımlarının dengeli (Simetrik) olduğu kabulüyle gerçekleştirilir.Ancak,enerji sistemlerinin her zaman dengeli yüklen- dikleri garanti edilemez.Bu durum,yüklerle (tüketicilerle) ilgilidir. Örneğin,ark fırınları,haddehane üniteleri,tek fazlı demir yolu tesisle- ri,alçak gerilimli dağıtım fiderleri v.b.Şebeke üzerinde dengesiz akım- ların çekilmesine yol açar.(6).

Bu tesiste; R,S,T,fazlarına ilişkin akımların genlikleri, $I_R \neq I_S \neq I_T$ ve gaz açıları belirli bir referansa göre $\psi_{RS} \neq \psi_{ST} \neq \psi_{TR}$ koşulunu seğı- yorsa,"Dengesiz (ASİMETRİK) Yüklenme" den söz edilebilir.Aynı tanım, faz gerilimleri için de aynen geçerlidir.Ancak,faz akımlarındaki çok büyük dengesizlik olmadıkça,faz gerilimlerindeki dengesizlik miktarı hesaplara yansıtılmayacak kadar küçüktür.Bu bakımdan,hesaplarda gerilim dengesizliğine pek yer verilmez.Öte yandan,faz akımlarındaki çok büyük dengesizlik miktarlarına izin verilmez; çeşitli azaltma yada sınırlama yollarına gidilir.

Bir şebekenin R,S,T, fazlarından çekilen toplu kompleks görünen güçler sırasıyla $\underline{S}_R, \underline{S}_S, \underline{S}_T$ olsun.Faz gerilimlerindeki dengesizlik mikta- rı ihmal edildiğine göre $V_R = V_S = V_T$ eşitliği yazılabilir.Bu durumda faz güçleriyle faz akımları arasında,

$$\underline{S}_R = \underline{V}_R \underline{I}_R^*$$

$$\underline{S}_S = \underline{V}_S \underline{I}_S^* = a^2 \underline{V}_T \underline{I}_S^*$$

$$\underline{S}_T = \underline{V}_T \underline{I}_T^* = a \underline{V}_T \underline{I}_T^* \quad (2.48)$$

eşitlikleri yazılabilir.Burada "*" kompalkes eşlenik anlamındadır. Ayrıca $a=1 \angle 120^\circ$ ve $a^2=1 \angle -120^\circ$ dir.Akımmlar arasında simetrili bile- şenler dönüşümü uygulanacak olursa (7).

$$\begin{bmatrix} \underline{I}_R \\ \underline{I}_S \\ \underline{I}_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ \underline{a}^2 & \underline{a} & 1 \\ \underline{a} & \underline{a}^2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{I}_1 \\ \underline{I}_2 \\ \underline{I}_0 \end{bmatrix} \quad (2.49)$$

ve ters dönüşüm ise,

$$\begin{bmatrix} \underline{I}_1 \\ \underline{I}_2 \\ \underline{I}_0 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & \underline{a} & \underline{a}^2 \\ 1 & \underline{a}^2 & \underline{a} \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{I}_R \\ \underline{I}_S \\ \underline{I}_T \end{bmatrix} \quad (2.50)$$

şeklinde yazılabilir. Burada 1, 2 ve 0 indisleri, sırasıyla "Doğru", "Ters" ve "Sıfı" bileşenlerini göstermektedir. Doğru, ters, sıfır bileşenlere karşılık düşen görünen güçler;

$$S_1 = VI_1$$

$$S_2 = VI_2 \quad (2.51)$$

$$S_0 = VI_0$$

şeklinde yazılabilir. (6).

Bu durumda, şebekeden çekilen "Bileşke Güç"

$$S_{top} = [(3S_1)^2 + (3S_2)^2 + (3S_0)^2]^{1/2} \quad (2.52)$$

olacaktır. Yada daha kısaltılmış olarak,

$$S_{top} = 3S_{yük} [1 + A^2 + B^2]^{1/2} \quad (2.53)$$

yazılabilir. Burada,

$$A = S_2 / S_1$$

$$B = S_0 / S_1 \quad (2.54)$$

şeklinde tanımlanmıştır. Denklem (2.53)'de görüleceği gibi, şebekeden çekilen toplam güç, dengeli yüklenmeye göre daha fazla olmaktadır. Dengesiz yüklenme halinde şebekenin toplam güç katsayısı $\cos \psi$;

$$\cos \psi = \frac{P_{\text{yük}}}{S_{\text{top}}} \quad (2.55)$$

$P_{\text{yük}}$, çekilen toplam aktif güçtür. Denklem (2.55)'e bakıldığında konulacak kompanzasyon gücünün ;

$$Q_c = P_{\text{yük}} (\tan \psi - \tan \psi') \quad (2.56)$$

şeklinde olacağı açıktır. ψ' istenilen yeni durumdaki güç açısıdır. Denklem (2.55) gereği, dengesiz yüklenmede faz açısı büyüyeceğinden, kompanzasyon gücü de artacaktır.

$$P_s = P_0 \cos \psi_0 - P_0 \cos \psi_s \quad (2.57)$$

2.4.ENDÜKSİYON (ARK) OCAKLARINDA KOMPANZASYON

Endüksiyon ocakları yapıları gereği, çok düşük güç faktörleri ile çalışan tüketicilerdir. Güç faktörleri 0.1-0.3 dolaylarındadır. Kompanze edilmedikleri takdirde çalışabilmeleri teknik bakımdan olanaksızdır. Örneğin, teknik karakteristikleri 450 kW, 50 Hz, 600 V olan bir endüksiyon ocağının güç faktörü 0.2 kabul edilecek olursa, kompanzasyonsuz durumda sistemden çekilecek akım 3750 A dır. Oysa güç faktörü 1.0 a çıkarılırsa kaynaktan 750 A çekilmesi yeterli olur. Bu durumda kaynaktan 750 A çekilmekle birlikte ocak devresinden 3750 A lık akım akmaya devam etmektedir ve bu akımın reaktif bileşeni 2200 kVAr gücündeki kondansatörler tarafından sağlanmaktadır. (4). Tam kompanze edilmiş bir endüksiyon ocağı besleme kaynağı açısından 2 fazlı omik bir yüküdür. Dengesiz yükler transformatörlerde anormal çalışmalara aşırı ısınmalara ve ek kayıplara neden olur. Gerilim dengesi bozulur. Şebeke frekansı endüksiyon ocaklarını besleme transformatörünün üç fazlı simetrik yük ile yüklenebilmesi için özel bir simetrimleme bağlaması kullanılır. Bu bağlamada da kondansatör ve bobinlerden yararlanılır. Şekil (2.23)'de simetrimleme bağlama şeması ve fazör diyagramı görülmektedir. Sistemin simetrik olabilmesi için endüksiyon ocağı güç faktörü, 1.0 olmalı ve fırın aktif gücü ile simetrimleme bobini ve simetrimleme kondansatörünün gücü arasında ;

$$P_F = \sqrt{3}Q_{CS} - \sqrt{3}Q_{LS} \quad (2.57)$$

bağıntısı sağlanmalıdır.

Endüksiyon ocakları her zaman sabit yük ile yüklenmediklerinden, gerek kompanzasoyn gerekse simetrimleme kondansatörleri kademeli yapılar ve gereği kadarı otomatik devreye girer. Düşük kademelerde simetrimleme bobinine simetrimleme kondansatörlerinden bir kısmı paralel bağlanarak bobin gücü ayar olunur.

Endüksiyon ocaklarında güç kondansatörleri kompanzasyon ve simetrimlemenin dışında harmonik filtre gerilim ayar düzenlerinde de kullanılır.

Endüksiyon ocakları kondansatörleri, frekans, soğuma şekli ve gerilime göre sınıflandırılabilir.

düşürmek ve hem de reaktif gücün sakıncalarını büyük ölçüde ortadan kaldırmak için kompanzasyon yapılır.

*Gerilim değişimi(Fliker olayı)

*Dengesiz yük:Ark fırınlarında her üç elektroda da ark eşit ve dengeli bir şekilde tutuşmadığından ark fırınları şebekeyi dengesiz olarak yükler.

*Harmonik üretilmesi:Ark fırınlarının aktif direnci sabit değildir. bir yarı periyodun başlangıcında direnç büyüktür.Bundan sonra bir minimum değere düşer ve yarı periyodun sonuna doğru,tekrar yükselir. Bu yüzden,akım tam sinüs şeklinde değildir ve bir çok harmonikleri içerir.

Ark Fırınlarında Kompanzasyon:

Ark fırını tesislerinde şebekeden çekilen reaktif güç hemen hemen aktif güç kadardır.Reaktif güç kompanzasyonu iki bakımdan gereklidir. Birincisi,ekonomik zorunluluktur.Zira kompanzasyon tesislerinin yapılmasında gerekli yatırım,reaktif enerji bedeli ile yapılan tasarruf sayesinde kısa zamanda amortize edilir.

Ark fırını tesislerinde kompanzasyonun yapılmasını gerektiren ikinci ve en önemli zorunluluk,teknik şartlardan ileri gelir.Zira ark fırını işletmesinin bağlı bulunduğu şebeke üzerine yaptığı olumsuz etkiler kompanzasyon sayesinde büyük ölçüde bertaraf edilir.Ancak,ark fırınının çektiği reaktif gücün kapasitesi değişmeler yapması ve bunun her üç fazda da eşit olmaması kompanzasyonu çok zorlaştırmaktadır.Aşağıda ark fırın kompanzasyonunda uygulanan çeşitli yöntemler gösterilmiştir.

*Dönen makinalar ile kompanzasyon:Dönen makinaların dinamik kompanzator olarak kullanılması en eski bir yöntemdir.

**Senkron faz kaydırıcı,

**İki makina metodu.

*Kondansatör ile kompanzasyon:Reaktif güç üreterek ve kompanzasyon için bugün en çok kullanılan,en pratik ve en ekonomik araç kondansatördür.Bir çok kondansatörün paralel bağlanması ile istenen güçte bir bataryanın tesis edilmesi mümkün olduğu gibi,bir veya birkaç kondansatörün veya kondansatör grubunun arızalanması halinde işletmeye ara vermeden bunların kısa sürede yenileri ile değiştirilebilme imkanı vardır.

Bundan başka bugün sanayi tesislerinde.mesela ark fırınlarında gerekli reaktif güçlerin kondansatörler sayesinde üretilmesi daha ekonomiktir.Ark fırınlarında kompanzasyon ve dengeleme için çeşitli kondansatör bağlamalarından yararlanılır:

**Seri kondansatör,

**Sabit - Paralel kondansatörler.

*Ayrılabilen kombine kopmanzasyon tesisleri:Sabit bir kondansatör bataryasıyla ark fırınlarında gerekli kompanzasyon sağlanmadığı gibi,buna sabit bir reaktör ile kombine edilmesi ile de istenen sonuç alınmaz.Ancak,kondansatörler ile reaktörlerin kombine edilmesi ve bunlardan ya birinin yada her ikisinin güçlerinin ihtiyaca göre ayar edilmesi ile ideal bir kompanzasyon sağlanır.

2.5.HARMONİKLER

Daha çok yerel fakat bir merkezden endüktif (Reaktif) güç kompanzasyonu için kullanılan otomatik kontrollü kompanzatör üniteleri ve dağıtım kabloları ile kombine edilmiştir.Kontaktör ve kondansatörlerden oluşan bir güç bölümü ve reaktif kontrolörü içerirler.Kontrolör kVAr 'ı ölçer ve gerektiği kadar kondansatörü kontaktör aracılığı ile devreye sokar.Örneğin,350-360 kVAr mertebesinde bir kompanzasyon sisteminde kondansatörler 50'şer kVAr lık 7 adım olarak devreye sokulabilir.Yada sistem 40 'ar kVAr lık 9 adımdan oluşturulabilir.Bu seçimler kompanze edilecek sistemin özelliklerine ve ekonomik hesaplara dayanmalıdır.Genellikle yeterl bir düzeltme ve kontaktör ve kontrolör girdilerini asgariye indirme bakımından ünite adımlarının 5'den az,10'dan fazla olması ekonomik olmaktadır.(2,4).

Düşük güç kayıplı kondansatörlerin kullanılmaya başlanması otomatik kontrollü kondansatörlerin tablolar içine yerleştirilmesini olanaklı kılmıştır.Örneğin,polipropilen film üzerine metal kaplanarak,imal edilen ünitelerde güç kaybı 0.3 W/kVAr 'ın altına düşürülebilmıştır.Bu demektir ki,3-5 W/kVAr kayıplarla çalışan geleneksel kağıtlı kondansatörlere göre kayıplar,%90'dan fazla azaltılmıştır.Kontaktörler,sigortalar ve kablolar içeren kompanzasyon grubundaki kayıplar 1 W/kVAr 'a kadar düşürülebilmektedir.

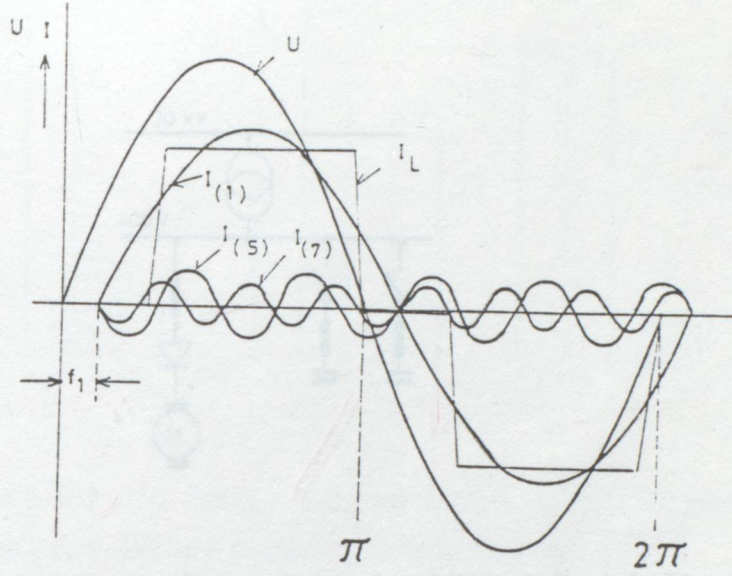
Güç elektroniğinin sürekli gelişmesi,konverter ile beslenen yüklerin sayısını devamlı arttırmaktadır.Böylece kontrol ve kumanda hassasiyeti artmaktadır.Ancak,konverterler üç fazlı sistemden,aktif güce ek olarak endüktif reaktif güç ve sinüzoidal olmayan bir akım çekerler.Bir konverterin gerilimi faz açısı kontrolü kullanılarak sürekli değiştirilebilir.Bu,kumanda kontrol açısı x'in büyümesine paralel olarak konverter akımlarının endüktif olarak daha ve daha fazla büyümesine sebep olur.

Böylece konverter bir reaktif gücün oluşmasına neden olur.Buna konverter akımlarının son yükselmesinden doğan ve aynı zamanda kontrol edilemeyen konverterler tarafından emilen reaktif güç eklenir.

Sonuç olarak bir u açısı boyunca bir konverter aşağıdaki temel frekanslı reaktif gücü oluşturur.

$$Q(1)=P(1)\tan(x+u/2) \quad (2.58)$$

Köşeli konverter sinüzoidal değildir. Temel frekans ve harmonik serileri yardımı ile sinüzoidal bileşenlere ayrılabilir. bu devre içindeki kondansatörlerin oranına bağlı olarak bireysel harmonik akımlar önemli ölçüde genlik kazanabilirler.



Şekil 2.24. Konverter akımları. Temel frekans akımı, harmonik bileşenler.

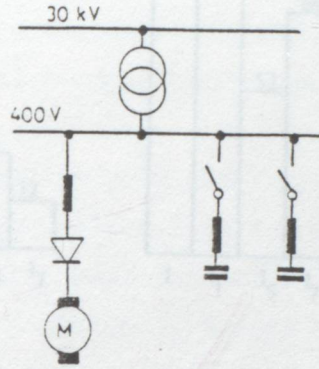
Bir üç fazlı köprü bağlantısı temel frekansın katları şeklinde harmonikler üretir:

$$V=6k+1 \quad (k=1,2,3,\dots) \quad (2.59)$$

Harmonik akımların genlikleri; temel frekansın, bunun katı olan sayıların, bağlantı kollarındaki reaktansları, doğru akımın düzgünlüğünün ve kontrol açısının fonksiyonları olarak değişir. 5'inci harmonik, temel akımın %25'i, 7. harmonik %13'ü, 11. harmonik %9'u, 13. harmonik temel akımın %7 si gibi...

Eğer doğru akım yeterince düzgün elde edilmediyse, 5. harmonik daha yüksek bir genliğe sahip olabilir. Daha yüksek harmonikler genelde daha önemsizdir. Harmonik akımlar sistem geriliminin düzgünlüğünü bozar, kayıplara neden olur ve aynı zamanda rezonans etkileri doğurabilir. Konverter içeren sistemlerin güç katsayılarının düzeltilmesinde güç kondansatörleri kullanımı dikkat isteyen bir iştir. Zira kondansatörler ve kompanze

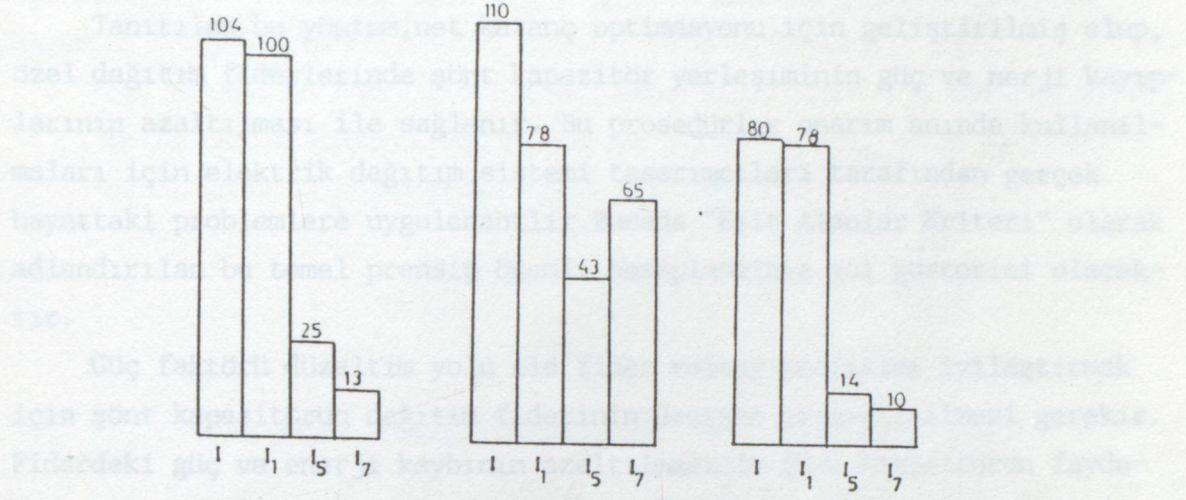
edilen sistemin reaktansı,beraberce bir rezonant devre oluşturlar ve bu devre içindeki kondansatörlerin oranına bağlı olarak bireysel harmonik akımlar önemli ölçüde genlik kazanabilirler.



Şekil 2.25.Seri bağlı reaktör ve güç kondansatörleri kullanılarak temel frekans kompanzasyonu.

Sistem içinde akan harmonik akım diğer bir yoldan filtre devreleriyle yok edilebilir.Filtre devreleri de rezonant devrelerdir ve konverter akımının bireysel harmoniklerine ayarlanmışlardır.Yani bunlar,bu frekanslarla çok küçük bir empedans teşkil ederler.Böylece harmonik akımlar geniş anlamda filtre devreleri tarafından emilirler ve temel sistemdeki etkileri önlenmiş olur.Bunların temel frekansa ilişkin kapasitif etkileri,yalnızca sistemi saptırarak gücü azaltmakla kalmaz,aynı zamanda temel frekans reaktif gücüne kompanze edici olarak katılır.Filtre devreleri en düşük harmonik için hesaplanmalı,ancak daha yükseklerinde de işe yaramlıdır.Bunlar çoğunlukla 5,7,11 ve 13.harmoniklerde kullanılırlar.Birçok durumda filtre devrelerinin yalnızca 5.harmonik için kullanmak yeterlidir.Bu yolla sistem içinde akan harmonik akımlar,%70 ile %90 arasında yok edilebilirler.

Harmonik akımların bulunduğu sistemde,filtre devreleri kullanarak güç katsayısının düzeltilmesi en etkili yöntemdir.



Şekil 2.26. Güç faktörü düzeltilmiş ve düzeltilmemiş konverterlerde akımlar. (I : Hat akımı, I_1 : Temel frekans akımı)

- a) Güç katsayısı düzeltilmemiş sistem,
- b) Güç katsayısı kondansatörlerle 0.7 den 0.9'a çıkarılmış sistem (Rezonans etkileri)
- c) Güç katsayısı kondansatör ve seri bağlı reaktörlerle 0.7 den, 0.9'a çıkarılmış sistem.

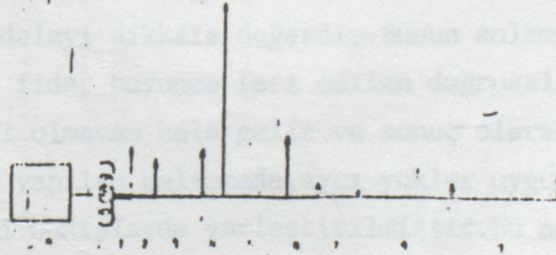
3.0.KOMPAZASYON TESİSLERİNDE OPTİMİZASYON

Tanıtılan bu yöntem,net kazanç optimasyonu için geliştirilmiş olup, özel dağıtım fiderlerinde şönt kapasitör yerleşiminin güç ve nerji kayıplarının azaltılması ile sağlanır. Bu prosedürler onarım anında kullanılmaları için elektrik dağıtım sistemi tasarımcıları tarafından gerçek hayattaki problemlere uygulanabilir.Burada "Eşit Alanlar Kriteri" olarak adlandırılan bu temel prensip önemli hesaplamalara yol gösterici olacaktır.

Güç faktörü düzeltim yolu ile fider voltaj profilini iyileştirmek için şönt kapasitörün dağıtım fiderinin üzerine yerleştirilmesi gerekir. Fiderdeki güç ve enerji kaybının azaltılmasında şönt kapasitörün faydaları geniş olarak bilinmektedir.Bundan dolayı şönt kapasitörlerin kullanımından tam yararla sadece yukarıda sözü edilen iki etkinin aynı anda göz önünde tutulması ile sağlanır. Şönt kapasitörün asıl dağıtım fiderine montesindeki sorun,neogle ve samson Cook,Schmill,Chang,rankine gibi bir çok araştırmacı tarafından çözülmeye çalışılmıştır.(8,16).

Düzgün hale getirilmiş fider kavramı:

Dağıtım fiderlerinin üzerine kapasitörlerin yerleşimi ile ilgili mevcut olan bir çok çalışma,doğrusal bir fider boyunca doğrusal bir reaktif yük dağılımı olduğu sayılır.Pratikte ne yük dağılımı ne de fider doğrusaldır.Fider boyunca başlangıç bölümünden,fider sonuna kadar uygulanan sivrilme şekil (3.1)'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1.Doğrusal olmayan tek boyutlu diyagram.

Önerilecek yöntemin temeli olan teorinin gelişmesini basitleştirmek için, birim uzunlukta eşit doğrusal bir fiziksel fiderle uğraşmak uygundur. Aşağıda gösterilen iki aşamalı işlemle başılır. (17).

*Ele alınan fiziksel fiderde (k) tane bölüm olsun (j). bölümün kilometre başına dinerci ohm r_j olarak alınsın. (i). bölümün fiziksel uzunluğunun (L_i) aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$L_{ui} = \frac{L_i r_i}{r_j} \quad i=1,2,\dots,k \quad (3.1.)$$

L_{ui} eşit doğrusal fiderin i. bölümünün km olarak uzunluğudur.

* L_u eşit doğrusal fideri km olarak toplam uzunluğu aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$L_u = \sum_{i=1}^k \frac{L_i r_i}{r_j} \quad (3.2)$$

Eşit fiderin her bir bölüm uzunluğunun (L_{ui}) L_u ya bölünmesi ile birim uzunlukta eşit doğrusal fider ve doğrusal direnç elde edilir. $r = \sum_{i=1}^k L_i r_i$

Böylece dönüştürülmüş birim uzunluk başına direnç bulunur.

Bir fiziksel fiderin (birbiri ile ilgili olan) bölüm uzunlukları dönüşümdeki r_i / r_j oranına bağlı olarak genişletilir ve daraltılır veyahutta değiştirilmez. Bu gözlem literatürde bulunan ortak farzları etkilediğinden dolayı dikkate değerdir. Bunun anlamı şu demektir; Farklı iletken boyutlu fider boyunca farz edilen doğrusal yük dağılımı, eşit fiderde doğrusal olmayan hale gelir ve sonuç olarak temel model ile çatışmaz. Burada yapılan çalışmada, ayrı yükler uygun fider bölümlerinin uzak uçlarındaki noktalarda yerleştirilmiştir. Bu noktalar, besleme noktaları veya yük noktaları olarak ele alınmıştır.

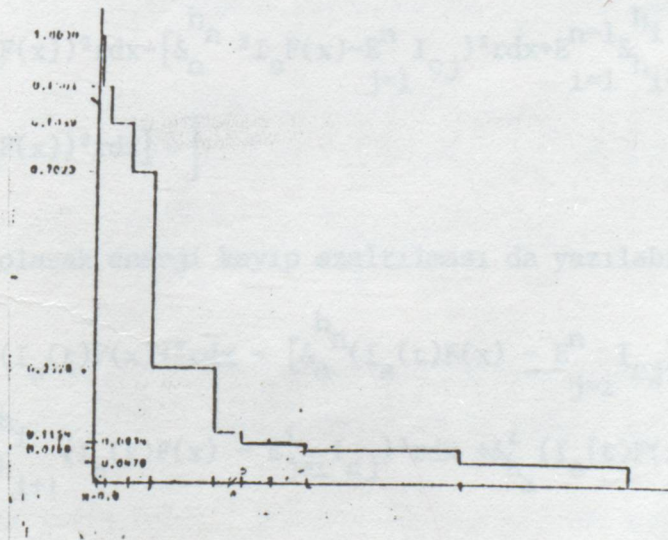
Normalize edilmiş reaktif akım dağılımı:

Daha önce belirtildiği gibi, açıklanacak yöntem reaktif yükün fider boyunca dağılımında hiçbir varsayım gerektirmez. Buna bağlı olarak, dağıtım sistemi plancısı direkt olarak bu yöntemi pratikte bulunan gerçek reaktif yük dağılımlarına uygulayabilir. Şimdi normalize edilmiş reaktif akım yoğunluk fonksiyonu $f(x)$ ve normalize edilmiş reaktif akım fonksiyonunun $F(x)$ aşağıdaki gibi tanımlanmış olsun.

$$F(x) = \frac{I(x)}{I_s} \quad (3.3)$$

$$F(X) \triangleq \int_0^x f(T) dT \quad (3.4)$$

Burada I_s alt istasyonlarda fidere verilen tepe reaktif akım, x aynı sondan normalize edilmiş doğrusal fider boyunca ölçülen mesafe $I(x)$ x 'de reaktif akım fider boyunca rastgele seçilen bir yerde yoğunlaştırılmış ayrı yüklerin durum için $F(x)$ 'in tipik bir örneği Şekil 3.2 de gösterilmiştir.

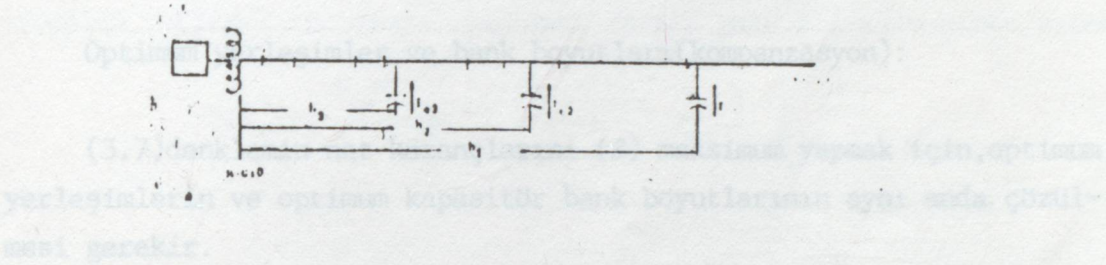


Şekil 3.2. Normelize edilmiş reaktif akım fonksiyonu.

Kayıp azaltılması ve kazançların formülü:

Optimal olarak n adet sabit şönt kapasitörü 3 fazlı radyal dağıtım fiderine yerleştirmek gerekir ve böylece güç ve enerji kaybını minimum yapmak için sonuçta, kapasitör yerleşim programında net para kazancının maksimum yapmak için şönt kapasitörün yerleşimlerinin h_i ($i=1.2....n$) ve boyutlarını I_{ci} ($i=1.2....n$) formüle etmek gerekir. Yerleştirilen kapasitörün boyutları ile ilgili herhangi bir kabul yapılmamaktadır. Aşağıdaki analizde I_{ci} genelde i.kapasitör bankın reaktif akımını temsil eder. Bununla beraber bazı örneklerde kVAR oranlarını temsil etmektedir.

fas kVAR başına yıllık maliyet olarak değerlendirilir.



Şekil 3.3. n=3 için kapasitör yükleri ve akım oranlarının fiderdeki dağılımı.

n şönt kapasitörü tarafından etkilenen tepe güç kaybı azaltılması aşağıdaki formül yardımıyla verilebilir:

$$L_P = 3 \left[\int_0^1 (I_S F(x))^2 r dx - \left[\int_0^1 I_S^2 F(x) - E_{j=1}^n I_{Cj} \right]^2 r dx + E_{i=1}^{n-1} \int_{h_{i+1}}^{h_i} (I_S F(x) - E_{j=1}^i I_{Cj})^2 r dx + \int_{h_1}^1 (I_S F(x))^2 r dx \right] \quad (3.5)$$

ve ilgili olarak enerji kayıp azaltılması da yazılabilir:

$$L_E = 3 \int_0^T \left[\int_0^1 (I_S(t) F(x))^2 r dx - \left[\int_0^1 I_S(t) F(x) - E_{j=1}^n I_{Cj} \right]^2 r dx + E_{i=1}^{n-1} \int_{h_{i+1}}^{h_i} (I_S(t) F(x) - E_{j=1}^i I_{Cj})^2 r dx + \int_{h_1}^1 (I_S(t) F(x))^2 r dx \right] dt \quad (3.6)$$

Burada $I_S(t)$ zamanla değişen, reaktif yük akımını, r ohm./birim uzunluk direncinin normalize edilmiş eşit dağılımlı fiderin kaynak ucundan T

zamanındaki yük devri üzerinden ölçülür. Güç ve enerji kaybının azaltılmasından elde edilen net kazanç:

$$S = K_p L_p + K_e L_e - K_c \sum_{i=1}^n I_{ci} \quad (3.7)$$

olacaktır. (17).

Burada K_p, K_e, K_c güç kayıp kazancını, enerji kayıp kazancını ve kapasitör - bank oranının para değerini ifade eden sabit sayılardır. İleriki eşitsizliklerde (3.5) ve (3.6) denklemde görülen 3. çarpan elenir. K_c tek faz kVAr başına yıllık maliyet olarak değerlendirilir.

Optimum yerleşimler ve bank boyutları (kompanzasyon):

(3.7) denklemin net kazançlarını (S) maksimum yapmak için, optimum yerleşimlerin ve optimum kapasitör bank boyutlarının aynı anda çözülmesi gerekir.

Optimum yerleşimlerin bulunması:

Verilecek teorem net kazançları (S) maksimum yapmak için verilen bir sırada yerleştirilen n sabit kapasitör - banklı fider boyunca noktalar bulmak için bir prosedür izler. Burada $I_s = 6618.3 \text{ kVAr}$ olarak alınmıştır. (17).

Teorem 1: Verilen kapasitör akımları I_{ci} ($i=1, 2, \dots, n$) için, i. kapasitörün optimum yerleşimini h_i ($i=1, 2, 3, \dots, n$) aşağıdaki formül verir.

$$h_i^* = F^{-1} \left(\left(\frac{K_p + K_e T}{K_p + K_e T L_f} \right) \left(\frac{I_{ci}}{2 I_s} + E_{j=1}^{i-1} \frac{I_{cj}}{I_s} \right) \right) \quad (3.8)$$

Burada $F^{-1}(\cdot)$, $F(\cdot)$ fonksiyonunun tersini temsil etmektedir. $F(\cdot)$ fonksiyonu (3.4) denkleminde tanımlanmıştır ve L_f fider için reaktif yük faktörüdür.

Optimum Yerleşimler (Prosedür A): Teorem 1'in sonucu olarak belirtilmiş sıradaki kapasitör bank boyutlarının optimum yerleşimlerinin elde

edilmesi için şimdi basit,yeni genel bir işlem (adım) sırası verilmiştir.

1.Adım:Fiziksel fiderin tek hat diyagramında (şekil 3.1) ve iletken boyutları,bölüm uzunlukları ve direnç parametrelerinin verilerinden temel uzunluğu ve normalize edilmiş eşit doğrusal fider boyunca her bir parçanın birim başına uzunlukları elde edilir.(EK'te gösterilen METİN 1 programı)

2.Adım:Temel olarak fidere giren toplam gönderilen son reaktif yükü kullanarak normalize edilmiş eşit dağılımlı fider boyunca normalize edilmiş reaktif akım fonksiyonu $F(x)$ grafiği çizilir.(Şekil 3.2)

3.Adım: $F(x)$ grafiğinden,her bir kapasitörün optimum yerleşimlerini, verilen yerleşim sırasında aşağıdaki formül yolu ile elde etmek gerekir.

$$F(h_i^*) = \left(\frac{K_p + K_e T}{K_p + K_e T L_f} \right) \left[\frac{I_{ci}}{2} + E_{j=1}^{i-1} I_{cj} \right] \frac{1}{I_s} \quad (3.9.)$$

$$E_{j=1}^0 I_{cj} = 0$$

(EK'te gösterilen METİN 2 programı)

4.Adım:Normalize edilmiş optimum yerleşimler 1.adımın ters uygulaması ile fiziksel mesafelere geri çevrilir.

Açıklanmaya çalışılan yöntemle ilgili olarak aşağıdaki noktalar sıralanabilir.

j i için i.kapasitörün optimum yerleşimi h_i^ , kapasitörlerin boyutlarına I_{cj} bağlı değildir.Bir başka deyişle fiderin kaynak ucuna i. kapasitörden daha yakın yerleştirilen kapasitörün daha sonraki yerleşimler için hiç bir etkisi yoktur.

Optimum yerleşimler (h_i^) daima besleme noktalarında seçilir.

*Eğer kapasitör yerleşim programının tepe güç kaybının azaltımını maksimum yapmak ister isek, K_e (denklem 3.7) sıfıra eşit yapılır. Bu reaktif yük faktörü L_f 'yi tek olarak kabul etmek demektir. Böylece (3.7) denklemi aşağıdaki denklem haline dönüşür.

$$F(h_i^*) = \frac{1}{I_s} \left[\frac{I_{ci}}{2} + E_{j=1}^{i-1} I_{cj} \right] \quad (i=1,2,3,...n) \quad (3.10)$$

*Eğer kapasitör yerleşim programının objektifi enerji dönüşümünün biri ise (örneğin güç kaybını veya ekonomisini düşünmeden enerji kaybının azaltılması) K_p ve K_e (denklem 3.7) sıfır olarak alınır. Süpriz olmayacak şekilde bu durumda optimum yerleşimler fiderin reaktif yük faktörüne bağımlıdır ve aşağıdaki formül ile bulunur.

$$I_{ci}^* = 2 [L_f I_s F(h_i^*) - E_{j=1}^{i-1} I_{cj}] \quad (i=1,2,3,\dots,n) \quad (3.11)$$

Bu genel bir sonuçtur. Maksimum enerji kayıp azaltımı için belirtilen sırada i. kapasitörün işte böyle bir noktaya yerleştirilmesi gerekmektedir.

Optimum Kapasitör Boyutu:

Daha önceki gibi birbirine benzemeyen tel boyutlu olan bölümler içeren fider boyunca daha önce belirlenmiş yerlere yerleştirilen n kapasitör bankası için, optimum boyutların belirlenmesini mümkün kılan bir teorem şu şekilde özetlenebilir.

Teorem 2: Kapasitör maliyetleri elendiğinde ($K_c=0$) toplam kazançları (S) maksimum yapmak için bilinen $h_1, h_2, \dots, h_n$ noktalarına yerleştirilen optimum kapasitör akımları I_{ci}^* ($i=1,2,\dots,n$) aşağıdaki formülle bulunur.

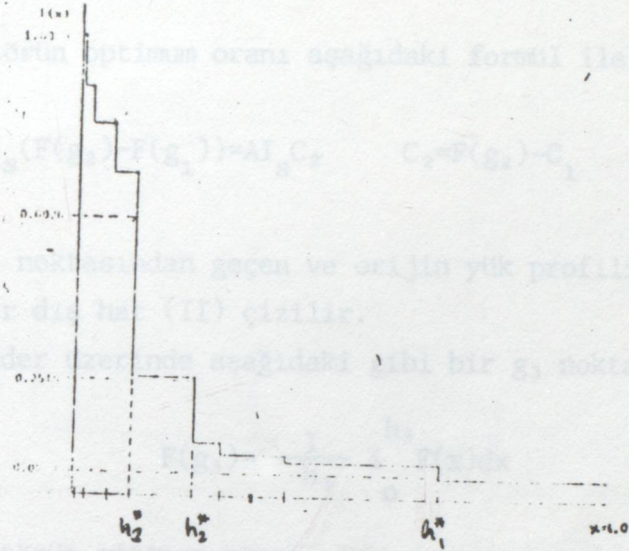
$$I_{ci}^* = \left(\frac{K_p + K_e T L_f}{K_p + K_e T} \right) I_{avg}(h_{i+1}, h_i) - E_{k=1}^{i-1} I_{ck} \quad i=1,2,\dots,n \quad (3.12)$$

Burada $I_{avg}(h_{i+1}, h_i)$ normalize edilmiş eşit $[h_{i+1}, h_i]$ parça fiderdeki reaktif akımın ortalama değeridir.

Optimum Kapasitör Boyutlarının Hesabı (Prosedür B): (3.7) denklemdeki $K_c=0$ olduğu durumlar için (3.12) denkleminin grafiksel yorumlamasının mantıksal çıktıları olan bir prosedür verilebilir. Bu prosedür, dağıtım sistemi, plançılarını yerleştirilen kapasitör bankalarının boyutlarının optimum olarak elde edilmesini sağlar.

Şekil 3.4.de $F(x)$ fonksiyonu tarafından gösterilen normalize edilmiş reaktif akım profiline sahip olan, normalize edilmiş eşit dağılımlı

fiderde $h_1, h_2, h_3, \dots$ noktalarında boyutlandırılmış üç kapasitör sorunu için genelliği kaybetmeden bir prosedür göstermek uygundur.



Şekil 3.4. Prosedür B de üç kapasitör bankasının boyutları.

1.Adım:Aşağıdaki gibi normalize edilmiş eşit dağılımlı fider üzerinde bir g_1 noktası belirlenir:

$$F(g_1) = \frac{1}{h_1 - h_2} \int_{h_2}^{h_1} F(x) dx = C_1 \quad (3.13)$$

Örneğin $g_1 [h_2, h_1]$ fider parçasında reaktif akımın ortalama değeri olarak elde edilen bir noktadır. İlk kapasitörün optimum oranı aşağıdaki formül kullanılarak bulunur:

$$I_{C1} = A I_S F(g_1) = A I_S C_1$$

$$A = \left(\frac{K_p + K_e T L_f}{K_p + K_e T} \right) \text{ ve } C_1 = F(g_1) \text{ dir.} \quad (3.14)$$

2.Adım: g_1 noktasından geçen ve orijin yük profiline paralel olan nokta nokta bir dış hat (I) çizilir.

3.Adım:Aşağıdaki fonksiyonu kullanarak fider üzerinde bir g_2 noktası elde edilir.

$$F(g_1) = \frac{1}{h_2 - h_3} \int_{h_3}^{h_2} F(x) dx \quad (3.15)$$

İkinci kapasitörün optimum oranı aşağıdaki formül ile bulunur:

$$I_{C_2} = AI_S (F(g_2) - F(g_1)) = AI_S C_2 \quad C_2 = F(g_2) - C_1 \quad (3.16)$$

4.Adım: g_2 noktasından geçen ve orijin yük profiline paralel olan nokta nokta bir dış hat (II) çizilir.

5.Adım: Fider üzerinde aşağıdaki gibi bir g_3 noktası belirlenir.

$$F(g_3) = \frac{1}{h_3} \int_0^{h_3} F(x) dx \quad (3.17)$$

sonra 3.kapasitörün optimum oranı :

$$I_{C_3} = AI_S (F(g_3) - F(g_2)) = AI_S C_3 \quad (3.18)$$

$$C_3 = F(g_3) - (C_1 + C_2)$$

Yukarıdaki prosedür rastgele yük dağılımı olan rastgele radial bir fider üzerinde herhangi bir sayıdaki kapasitörlerin yerleşim problemine uygulanabilir. $F(x)$ gereksinimi için ters formül (3.12) çağırılır.

Eşit Alanlar Kriteri:

"Eşit Alanlar Kriteri" bilgisayar ağırlıklı teknik çalışmalarda nahtar rol oynar. Tanımlara ve açıklamalara yardım etmek için grafiksel prosedür uygulanır. Şekil 3.5 de orijin normalize edilmiş reaktif akım profiline paralel g_3 'den geçen dış hat (III) çizilir. Şekil 3.5'de belirtilen yapıdan eşit alanlar kriteri;

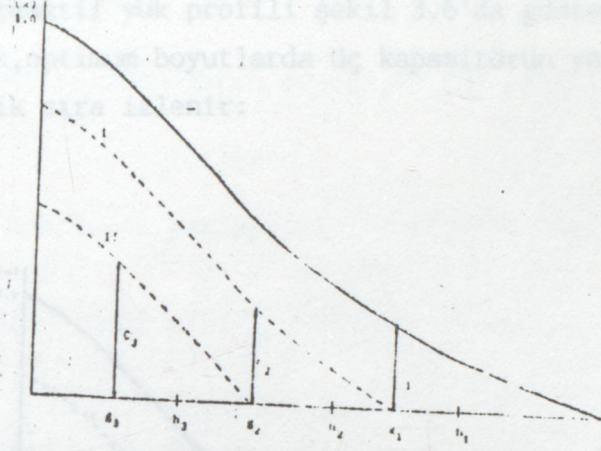
$$\text{Alan } A_1 = \text{Alan } B_1$$

$$\text{Alan } A_2 = \text{Alan } B_2$$

$$\text{Alan } A_3 = \text{Alan } B_3 \quad 'ü \text{ kazandırılır.}$$

eşit alanlar kriteri ile sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir. Eğer sağlanmaz, yeni bir h_1 seçilir ve bütün prosedür tekrar uygulanır.

Örneğin, I_1 yük profili şekil 3.5'de gösterilen I_1 yük profili ile optimum olacak boyutlarda üç kapasitörün yerleşimi aşağıdaki lojik gerektirir:



Şekil 3.5.Eşit alanlar kriteri ile şekil 3.4.deki 3 kapasitör sorunu

Bu kriter eşit olarak herhangi bir genel durumda uygulanır.

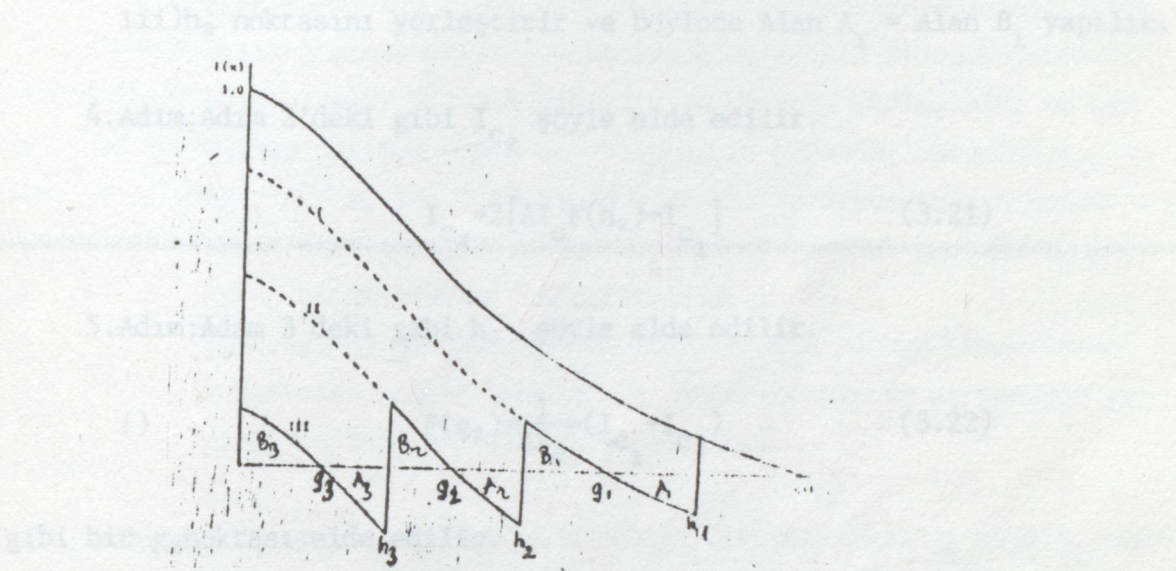
Maksimum Güç ve Enerji Kayıplarının Azaltılması İçin Kapasitörlerin Yerleşimleri ve Boyutları

Kapasitörlerin maliyetlerinin ihmal edildiğini varsayarak güç ve enerji kaybı azaltılmasının neden olduğu maksimum kazançların analizi yapılacaktır. Böylece kapasitörlerin kullanımı, bu durumda ekonomik yararları garanti eder. Bununla beraber kapasitörün maliyeti göz önüne alındığı zaman, ekonomik dönüşü azaltan bir nokta olabilir ve bu noktanın ötesinde fider üzerinde daha fazla kapasitör yerleşimi ekonomik olarak onaylanmaz. Sonra ticari yönlü tartışmalar uygulanır.

Optimum Yerleşimler ve Boyutların Tayini (prosedür C): n kapasitör banklarının optimum yerleşimlerinin ve boyutlarının elde edilmesi için aşağıda kurulan prosedür şöyledir: Bu basamaklar arasındaki karşılıklı ilişkiye rehberlik eden eşit alanlar kriteri ile önceki prosedürler temel alınarak oluşturulmuştur. Yeni prosedür rastgele seçilen bir h_1 noktası ile başlar. sonra ilgili I_{c1} elde edilir. Daha sonra eşit alanlar kriteri h_2 yine I_{c2} devamında $h_3 \dots h_n$ ve $I_{c3} \dots I_{cn}$ 'i elde etmek için çağrılır. İlk işlemlerin sonunda h_n elde edildiğinde $[0, h_n]$ aralığında

eşit alanlar kriterinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir. Eğer sağlanmış ise elde edilen çözüm optimumdur. Eğer sağlanmadıysa h_1 'i ayarlar ve bütün prosedürü tekrar uygularız.

Örneğin, reaktif yük profili şekil 3.6'da gösterilen fider üzerinde optimum olarak, optimum boyutlarda üç kapasitörün yerleşimi istendiğinde aşağıdaki lojik sıra izlenir:



Şekil 3.6.3 kapasitör boyut ve yerleşiminin prosedür C deki uygulaması.

1. Adım: h_1 seçilir.
2. Adım: Prosedür A'nın uygunluğunda I_{c1} 'i elde edilir. Böylece seçilen,

$$I_{c1} = 2AI_S F(h_1) \quad (3.19)$$

durumunda optimum olur.

3. Adım: Prosedür B nin uygunluğunda h_2 'yi elde edelim. Böylece daha önce elde edilen I_{c1} , $[h_2, h_1]$ fider aralığında ve seçilen h_1 aralığında eşit alanlar kriterinin sağlandığı durumda optimum olur. Bu aşağıdaki gibi gösterilir:

i) $F(g_1) = \frac{I_{C_1}}{AI_S}$ (3.20)

gibi bir g_1 noktası elde edilir.

ii) g_1 noktasından geçen ve orijin yük profiline paralel olan bir dış hat (I) çizilir.

iii) h_2 noktasını yerleştirir ve böylece Alan $A_1 = \text{Alan } B_1$ yapılır.

4.Adım: Adım 2'deki gibi I_{C_2} şöyle elde edilir.

$$I_{C_2} = 2[AI_S F(h_2) - I_{C_1}] \quad (3.21)$$

5.Adım: Adım 3'deki gibi h_3 şöyle elde edilir.

i) $F(g_2) = \frac{1}{AI_S} (I_{C_1} + I_{C_2})$ (3.22)

gibi bir g_2 noktası elde edilir.

ii) g_2 noktasından geçen ve orijin yük profiline paralel olan bir dış hat (II) çizilir.

iii) h_3 noktasını yerleştirir ve böylece $A_2 = B_2$ bulunur.

6.Adım: Adım 2 ve ya 4'deki gibi I_{C_3}

$$I_{C_3} = 2[AI_S F(h_3) - I_{C_1} - I_{C_2}] \quad (3.23)$$

elde edilir.

7.Adım: Daha fazla yerleşim elde etmeye gerek yoktur. Bunun yerine daha önce elde edilen sonuçların optimumları eşit alanlar kriteri kullanılarak kontrol edilir.

i) $F(g_3) = \frac{1}{AI_S} (I_{C_1} + I_{C_2} + I_{C_3})$ (3.24)

gibi bir g_3 noktası elde edilir.

ii) g_3 noktasından geçen ve orijin yük profiline paralel olan bir dış hat (III) çizilir. Şimdi iki tane daha A_3 ve B_3 alanları tanımlanacaktır.

iii) Üç olasılık mevcuttur.

*Eğer $A_3 = B_3$ ise (veya eğer bilinen toleranslar arasında farklılık gösteriyor ise) yukarıda elde edilen fider boyunca eşit alanlar kriteri sağlanır ve böylece yerleşimler ve boyutlar optimum olmuş demektir. Sonra prosedür tamamlanır.

*Eğer $A_3 < B_3$ ise 1. adıma dönülür. Alt istasyona hemen hemen yakın olan ilgili yeni bir h_1 değeri seçerek prosedürün geri kalan basamaklarını tekrarlamalıyız.

*Eğer $A_3 > B_3$ ise 1. adıma dönülür. Fiderin sonuna hemen hemen yakın olan ilgili yeni bir h_1 değeri seçer ve prosedürün geri kalan basamakları tekrar edilir.

İrdeleme: İşlem sırasında eğer herhangi bir basamakta g_i veya h_i noktalarını yerleştirmek mümkün olmaz ise, bunun anlamı, başlangıçta seçilen h_1 noktası alt istasyona çok yakın demektir. Bu durumda alt istasyondan daha uzak yeni bir h_1 noktası seçmek gerekir.

İrdeleme: Ayrı yük noktaları olan fider için $F(x)$ fonksiyonunun sürekli yapısından dolayı mevcut olmayan h_1 yerleri ile ilgili S fonksiyonunun türevi karşılaştırılır. (Gerçekte alt yokuşlar tek değildir.) Böylece işlemlerimizde belirtilen matematiksel analizlerde gradientlar yerine alt-gradientlar kullanılır. Bu durumda, örneğin prosedür C'de ikinci veya dördüncü adımda eğer h_1 besleme noktası ile birleştirilir ise $F(h_1)$ 'nin değeri tek olarak elde edilir. Uygulamanın görüş noktasından bakılırken bu bir engel değildir. Fakat ne de çözüm için bir avantajdır.

Kapasitör Yerleşiminin Ekonomik Analizi:

Kapasitör kullanımındaki her analiz bir çoklarının yerleşimi ile ilgili ekonomik, ticari yönü göz önünde bulundurmayı gerektirir. Açıkça ki, yüksek kapasitör bankaları yerleşim maliyeti, sonuçtaki güç ve

enerji kaybının azaltılmasının ekonomik yararlarını azaltır. Kapasitör yerleşim maliyetinin hesabını vermek için (3.7) eşitsizlikteki K_c daha fazla sıfır olamaz. K_c nin sıfırdan farklı olarak kullanımında en ilginç sonuç, özel durumlarda yukarıda kullanılan prosedürlerin sonuçlarının çarpışmasında ortaya çıkar. Örneğin, çok kullanılan beşparmak kuralı 2/3 kural gibi atıf edildiği gösterilecek, hatta doğrusal fider üzerinde doğrusal olarak dağılan yükün normalize edildiği durumlar için geçerli olmadığı da gösterilecektir.

Verilen h_i ($i=1,2,...,n$) yerleşimler ve K_c Büyük sıfır için optimum kapasitör bank boyutları I_{cn}^* ($i=1,2,...,n$) daha önce prosedür B yolu ile elde edilenin aynısıdır. Bununla beraber I_{cn}^* için denklem (alt istasyona en yakın yerleştirilen kapasitörün optimum boyutu) aşağıdaki denklem bağıntısı ile değiştirilir.

$$I_{cn}^* = AI_s [F(g_n) - F(g_{n-1}) - B] \quad (3.25)$$

Burada ;

$$B = \frac{K_c}{2rh_n (K_p + K_e TL_f) I_s} \quad (3.26)$$

şeklindedir.

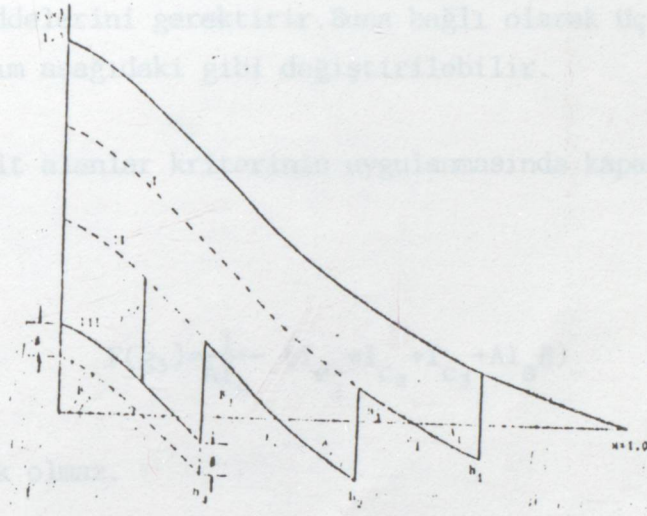
Bağlı olarak yerleştirilen kapasitörlerin maliyetlerini sıralamak için, sadece prosedür B 'nin son basamağını düzenlemek gerekir. Özünü kaybetmeden, daha önce ele alınan 3-Kapasitör bank problemini kullanarak bu düzenleme gösterilecektir. Prosedürde hiç bir değişiklik olmadan şu ana kadar I_{c_1} ve I_{c_2} ile ilgilenildi. Prosedür B'nin 2 den 4 e kadarki adımları değişmez. 5.adım aşağıdaki gibi değişir.

$$5. Adım: \quad F(g_3) = \frac{1}{h_3} \int_0^{h_3} F(x) dx \quad (3.27)$$

sonra 3.kapasitörün değeri;

$$I_{c_3} = AI_s [F(g_3) - F(g_2) - B] \quad (3.28)$$

$$B = \frac{K_c}{2rh_3(K_p + K_e TL_f)I_s} \quad (3.29)$$



Şekil 3.7. Genelleştirilmiş prosedür B'nin grafiksel gösterimi.

Normalize edilmiş esit doğrusal fider boyunca eşit alanlar kriteri-
nin uygulanabildiği anlaşılmalıdır. Bununla beraber B'nin sıfırdan büyük
olduğunu sağlamak için gerekli olan düzenleme grafiksel olarak şekil
3.7 de sergilenmiştir. Genel prosedür B'nin uygulamasındaki net sonuç
hala eşik alanlar kriterini sağlamak zorunda olduğudur. Kapasitör maliye-
ti için yapılan gerekli düzenlemeler eşit alanlar kriteri tarafından
bulunan I_{cn} nin değerini etkiler.

İrdeleme: Eğer $F(g_3) - F(g_2) - B > 0$ ise I_{c_3} ün değeri negatif olur. Bu
gerçekte, doğru yorum h_3 noktasına 3. kapasitörü yerleştirmek ekonomik ol-
madığını göstermektedir. Buna ilaveten, kapasitör maliyetlerinin varlığı
prosedür A'yı değiştirmede gözden çıkarmalıdır.

Kapasitör bankalarının optimum yerleşimi ve boyutlarında kapasitör
maliyetinin etkisi şöyle özetlenebilir. Bilindiği gibi K_c sıfırdan büyük
olduğu zamanlarda eşit alanlar kriteri geçerli kalır. Sonuç olarak genel
prosedür B, prosedür A ile bütünleşir. Prosedür A ise daha genel varsiyon
olan prosedür C'yi oluşturur. Böylece kapasitör maliyetleri dahil olduğu

zaman her bir kapasitörün optimum yerleşim ve boyutunu elde etmek için yeni bir prosedür tanımlama durumunda kalırız.

Genel Prosedür C-Optimum Yerleşimler ve Boyutlar: K_C nin sıfırdan büyük olduğu zaman için prosedür C de yapılan değişiklikler son adımın (i) ve (ii) maddelerini gerektirir. Buna bağlı olarak üç kapasitör gösterimi için 7.adım aşağıdaki gibi değiştirilebilir.

7.Adım:Eşit alanlar kriterinin uygulanmasında kapasitör maliyetinin etkisi:

i)
$$F(g_3) = \frac{1}{AI_S} (I_{C_1} + I_{C_2} + I_{C_3} + AI_S B) \quad (3.30)$$

B'de değişiklik olmaz.

ii) g_3 noktasından geçen ve orijin yük profiline paralel olan bir dış hat (III) çizilir.

İrdeleme: Prosedür C nin hemen arkasından, herhangi bir basamağın uygulanmasında g_i ve h_i noktalarının yerleşimi mümkün olmayabilir. Bundanbaşkan ilk olarak seçilen h_i her ne olursa olsun, bazı durumlarda g_n nin (g_3) elde edilmesi mümkün olmayabilir. Böyle durumlarda kapasitörün yerleşimi ekonomik değildir.

Tekrar doğrusal fider üzerinde, doğrusal olarak dağılan yükün klasik durumunu düşünür isek, net kazançları maksimum yapmak için n adet kapasitörü yerleştirmemiz gerekir. $n=3$ için şekil 3.8 grafiksel yorumunu göstermektedir.

Bu durumda üç değişken a, b, I_{C_i} tanımlanmalıdır. Eşit alanlar kriterinden $I_{C_1} = I_{C_2} = \dots = I_{C_n}$ eşitliklerini takip eder ve yol göstermek için şekil 3.8 in yapısını kullanır isek a, b, I_{C_i} için aşağıdaki üç denklem verilebilir.

$$(2n+1)b+2a=1 \quad (3.31)$$

$$\frac{2n+1}{2} \frac{I_{ci}}{AI_s} + 2 \frac{\overline{K}_c}{2(a+b)I_s} = 1 \quad (3.32)$$

$$\frac{a}{b} = \frac{\overline{K}_c/2(a+b)}{(I_{ci}/2A)} \quad (3.33)$$

$$\overline{K}_c = \frac{K_c}{2r(K_p + K_e TL_f)} \quad (3.34)$$

Bunlardan;

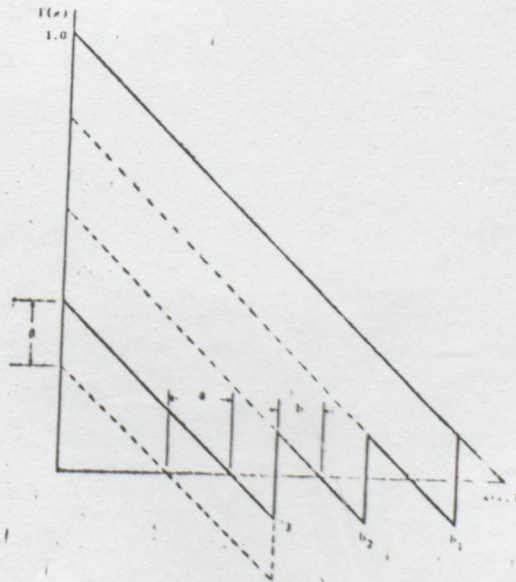
$$I_{ci} = 2AbI_s \quad i=1,2,\dots,n \quad (3.35)$$

$$h_i = 1 - (2i-1)b \quad i=1,2,\dots,n \quad (3.36)$$

elde edilir. Burada b quadratik denklemin 2. çözümünün en küçüğüdür.

$$I_s [(2n-1)b-1] [(2n+1)b-1] - 2\overline{K}_c = 0 \quad (3.37)$$

$\overline{K}_c=0$ olduğu kolaylıkla görülebilir.



Şekil 3.8. Genel prosedür C nin n=3 için uygulaması.

4.0. SAYISAL UYGULAMA

Sonuç olarak, kayıpların azaltılması yolu ile kapasitör uygulamalarında ekonomik yararları rapor etmesine rağmen, araştırma fider voltaj kontrol sorunlarını birleştirmek ve aynı zamanda şönt kapasitörlerin uygulanmasının etkilerini bulmak için bir yol izler.

ÖRNEK 4.1:

Tüketiminin Gücü : $S_1 = 500 \text{ kVA}$

Mevcut Güç Katsayısı : $\cos \phi = 0.70$

İstenen Güç Katsayısı : $\cos \phi_2 = 0.95$

"Bölüm 2.0.2.3 Kondansatör Gücü Hesabı" ndan yararlanarak kondansatör güçlerini değişik haller için bulup, sonuçlar incelenecektir.

$$P_1 = S_1 \cos \phi_1 = 500 \cdot 0.70 = 350 \text{ kW}$$

$$Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P_1^2} = 400 \text{ kVAR}$$

Birinci yönteme göre P_2 ve $\cos \phi_2$ bilinen halden S_2 bulunur.

$\cos \phi_2 = 0.95$ olması halinde P_2 ve S_2 şöyle bulunur.

$$S_2 = \frac{P_1}{\cos \phi_2} = \frac{350}{0.95} = 368 \text{ kVA}$$

$$Q_2 = \sqrt{S_2^2 - P_2^2} = 131.184 \text{ kVAR}$$

Kondansatör gücü : $Q_c = Q_1 - Q_2 = 400 - 131.184 = 268.816 \text{ kVAR}$

İkinci yönteme göre S_2 ve $\cos \phi_2$ bilinen halden P_2 ve S_2 şöyle bulunur.

$$P_2 = S_2 \cos \phi_2 = 368 \cdot 0.95 = 349.6 \text{ kW}$$

değerine P_2 değeri ile S_2 değeri şöyle bulunur.

$$Q_2 = \sqrt{S_2^2 - P_2^2} = 131.184 \text{ kVAR}$$

4.0.SAYISAL UYGULAMA

Yapılan teorik analizlerin sayısal uygulamasını yapmak üzere sırasıyla şu örnekler göz önüne alınmıştır.

ÖRNEK 4.1:

Tüketicinin Gücü : $S_1 = 800 \text{ kVA}$

Mevcut Güç Katsayısı: $\cos \psi = 0.70$

İstenen Güç Katsayısı: $\cos \psi_2 = 0.95$

"Bölüm 2.0.2.3 Kondansatör Gücü Hesabı" ndan yararlanarak, kondansatör güçlerini değişik haller için bulup, sonuçlar irdelenecektir.

$$P_1 = S_1 \cos \psi_1 = 800 \cdot 0.70 = 560 \text{ kW}$$

$$Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P_1^2} = 571 \text{ kVar}$$

Birinci yöntemle göre P_1 in sabit kalması isteniyor.

$\cos \psi_2 = 0.95$ olması halinde reaktif güç şöyle bulunur.

$$S_2 = \frac{P_1}{\cos \psi_2} = \frac{560}{0.95} = 589 \text{ kVA}$$

$$Q_2 = \sqrt{S_2^2 - P_1^2} = \sqrt{589^2 - 560^2} = 184 \text{ kVar}$$

Kondansatör gücü: $Q_c = Q_1 - Q_2 = 571 - 184 = 387 \text{ kVar}$

İkinci yöntemle göre; S_1 sabit kalıp kompanzasyondan sonra aktif güç,

$$P_2 = S_1 \cos \psi_2 = 800 \cdot 0.95 = 760 \text{ kW}$$

değerine yükselir. Reaktif güç ise;

$$Q_2 = \sqrt{S_1^2 - P_2^2} = 250 \text{ kVar}$$

bulunur.Buna göre;

$$O_c = Q_1 - Q_2 = 571 - 250 = 321 \text{ kVar}$$

elde edilir.

Aktif güç ihtiyacı sabit kalırsa,şebekeden çekilen güç 800 kVA'dan 589 kVA'ya düşer;Bu da %26,37 kadar bir azalmaya karşılık gelir.Eğer görünen güç sabit tutulur ise,aktif gücü 560 kW den 760 kW 'a çıkarmak mümkündür.Buda yine,%26,37 lik bir artışa karşılık gelir.Görülüyorki kompanzasyon sayesinde tesisde bir genişletmeye ve takviyeye lüzum kalmadan bu tesisten çekilebilecek gücü arttırmak mümkün olur.

Bundan sonraki 2-3-4-5-6'ncı örneklerde $\cos\psi=0.70$ den 0.90'a çıkarılmış,yani kompanze edilmiştir.Bunların yerleşimlere göre değiştiği görülmektedir.Aktif güç ise sabit tutulmuştur.

ÖRNEK 4.2:Doğrusal olmayan fiderde başlıca reaktif yükler (Tablo 4.1) de belirtilmiştir.Güç ve kaybindan net kazanç optimize edecek 300 kVar 1200 kVar kapasitör banklarının yerleşimi belirlenecektir.Parometrik değerler; $k_p=1120\text{kW/yıl}$; $K_e=15 \text{ km/kWh}$; $T=8760 \text{ h}$; $L_f=0.45$; $I_s=6618,3 \text{ kVar}$ dır.

BOLUM NO	KABLO KESİTİ	KM BASINA OHM DIRENC	KM OL. FİZİKSEL BOL.UZ.	ESIT DOĞ.	ESIT DOĞ.	BOLUM SONU KVAR
				FIDERİN KM OL. BOLUM UZUNLUĞU	FID.İCİN NORM.EDİL. BOLUM UZUNLUĞU	
1	300.0	0.1957	0.6300	0.1430	0.0073	460.0
2	336.4	0.2803	0.8800	0.2861	0.0146	340.0
3	2.0	0.4390	1.7000	0.8656	0.0442	446.0
4	2.0	0.8622	0.8100	0.8100	0.0413	1840.0
5	2.0	0.8622	2.3000	2.3000	0.1174	600.0
6	2.0	0.8622	1.0500	1.0500	0.0536	110.0
7	4.0	1.3701	1.5000	2.3836	0.1216	60.0
8	4.0	1.3701	3.5000	5.5618	0.2838	130.0
9	4.0	1.3701	3.9000	6.1974	0.3162	200.0
			16.2700	19.5927	1.0000	4186.0

Tablo 4.1.Doğrusal olmayan fiderde başlıca yükler.

METİN 2 Bilgisayar programında ve bilgisayar çıktısından anlaşılacağı gibi hesaplama şu şekilde olacaktır.

Verilen veriler ($I_{C_1}=0.1006$; $I_{C_2}=0.3018$; $I_{C_3}=0.4023$) ışığında;

$$F(h_1^*) = \left(\frac{120+15.8760}{120+15.8760.0,45} \right) \left(\frac{300}{2} + 0 \right) \frac{1}{6618,3} = 0,0503$$

$$F(h_2^*) = \left(\frac{120+15.8760}{120+15.8760.0,45} \right) \left(\frac{900}{2} + 300 \right) \frac{1}{6618,3} = 0,2515$$

$$F(h_3^*) = \left(\frac{120+15.8760}{120+15.8760.0,45} \right) \left(\frac{1200}{2} + (300+900) \right) \frac{1}{6618,3} = 0,6037$$

$$h_1^* = F^{-1}(0,0503) = 0,6838$$

$$h_2^* = F^{-1}(0,2515) = 0,2248$$

$$h_3^* = F^{-1}(0,6037) = 0,1074$$

bunlara bağlı olarak, besleme noktaları $L_i = 12,37 \quad 6,37 \quad 4,02$ olarak Tablo 4.1 den bulunur.

ÖRNEK 4.3: Örnek 4.2 nin 3 fazlı reaktif güçleri ve fideri için alt istasyonlardan sıra ile 12,37 ; 8,31 ; 4,02 km uzak olan h_1, h_2, h_3 noktalarına yerleştirilen kapasitör bankalarına optimum boyutları aranacaktır. Parametrik veriler Örnek 4.2. de ki gibidir. $K_c = 0$ olacaktır.

Normalize Edilmiş $h_1 = 0,6838$; $h_2 = 0,34$; $h_3 = 0,1074$; ilgili kapasitör yerleşimleri için seçilen besleme noktaları (3.13)-3.18'in açık yazılmasıyla ;

$$A = \left(\frac{K_p + K_e T L_f}{K_p + K_e T} \right) = 0,4505$$

$$(3.13) \quad F(g_1) = C_1 = 0,0815$$

$$(3.14) \quad I_{C_1} = 243 \text{ kVar}$$

$$(3.15) \quad F(g_2) = 0,1853$$

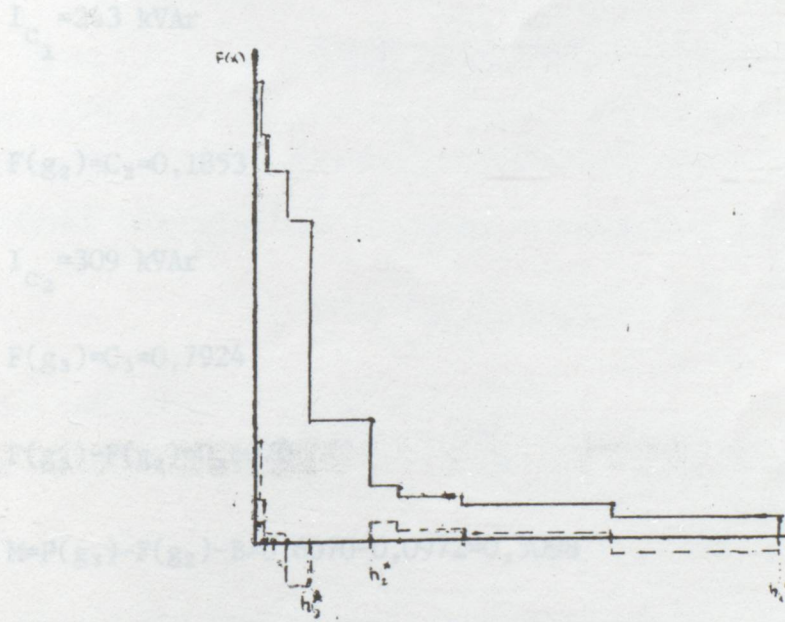
$$(3.16) \quad I_{C_2} = 309 \text{ kVar}$$

$$(3.17) \quad F(g_3) = 0,7924$$

$$(3.18) \quad I_{C_3} = 1811 \text{ kVar}$$

elde edilir.

ÖRNEK 4.4: $K_c = 0$ ve diğer parametreler aynı kaldığında Örnek 4.2 nin doğrusal olmayan fider üzerinde maksimum kazanç sağlayan üç kapasitör bankası için optimum yerleşimleri ve boyutları belirleyelim.



Şekil 4.1. Kapasitör yerleştirilmeden önce ve sonra normalize edilmiş eşit doğrusal fider boyunca reaktif akım profili.

Bu örnek için, optimum çözüm (Prosedür C'nin uygulanması ile)

$$h_1^* = 16,27 \text{ km} \quad I_{C_1} = 212 \text{ kVar}$$

$$h_2^* = 6,32 \text{ km} \quad I_{C_2} = 571 \text{ kVar}$$

$$h_3^* = 4,02 \text{ km} \quad I_{C_3} = 1578 \text{ kVar}$$

bulunur.

ÖRNEK 4.5: Örnek 4.3 de 31,5 kV fider üzerine yerleştirilen üç kapasitörün optimum boyutları elde edilecektir. Genel prosedür B yi ve üç faz kVar başına 3,5 μ , ilgili K_C değerini kullanalım. K_C için %14,3 lük bir yıllık sabit şarj oranını dikkate alalım. Denklem 3.29 yardımıyla;

$$B = 0,0972$$

$$F(g_1) = 0,015 = C_1$$

$$I_{C_1} = 243 \text{ kVar}$$

$$F(g_2) = C_2 = 0,1853$$

$$I_{C_2} = 309 \text{ kVar}$$

$$F(g_3) = C_3 = 0,7924$$

$$F(g_3) - F(g_2) = 0,6070$$

$$M = F(g_3) - F(g_2) - B = 0,6070 - 0,0972 = 0,5098$$

$$I_{C_3} = A I_S(M) = 0,4505 \cdot 6618,3 \cdot 0,5098 = 1520 \text{ kVar}$$

elde edilir.

ÖRNEK 4.6: Örnek 4.4 ün 31,5 kV fider üzerinde net kazançlarını maksimum yapmak için, 3 kapasitör bankın optimum yerleşim ve boyutları araştırılacaktır.

Örnek 4.5 den $B=0,0972$ bulunur.Genel prosedür C uygulanarısı 3. kapasitörün,Örnek 4.4 deki değeri değişecektir.Buna göre;Denklem 3.30 yardımıyla,

$$F(g_3) \text{ den } I_{C_3} = 1288 \text{ kVar olur.}$$

ÖRNEK 3,4,5,6 nın İncelenmesi

Örnek 3:L=4,02 km de prosedür B nin sonucunda;

$$\cos\psi=0,90$$

$$\sin\psi=0,436$$

$$I_{C_3} = Q_3 = 1811 \text{ kVar}$$

$$S = \frac{Q_3}{\sin\psi_2} = \frac{1811}{0,436} = 4153,66 \text{ kVA}$$

olur.

Örnek 4:Optimum bank boyutları ve mesafeleri göz önünde olunca;

$$I_{C_3} = Q_3 = 1578 \text{ kVar}$$

$$S = \frac{Q_3}{\sin\psi_2} = \frac{1578}{0,436} = 3619,2 \text{ kVA}$$

olur.

Örnek 5:Genelleştirilmiş prosedür B uygulanınca;

$$I_{C_3} = Q_3 = 1520 \text{ kVar}$$

$$S = \frac{Q_3}{\sin\psi_2} = \frac{1520}{0,436} = 3486,2 \text{ kVA}$$

olur.

Örnek 6: $I_{C_3} = 1288$ kVar için;

45 100 100 100 100 100 100

45 100 100 100 100 100 100

Burada 45 kVar sabit, 100 kVar lar ise otomatik kondansatör bataryalarıdır ve bu bataryalar 2 üniteden oluşmuştur.

Sabit ve otomatik pano karkası = 151.100.-TL

Pano içi teçhizat = 1.364.200.-TL

Toplam demirbaş = 1.515.300.-TL

2.(13.709.3730 + 1.515.300) = 30.449.340.-TL

Buradan da anlaşılacağı gibi, optimum yerleştirmeler ve boyutlar neticesinde %31,2 lik bir kâr sağlanmaktadır.

$$\%K = \frac{44.264.310 - 30.449.300}{44.264.310} \cdot 100 = \%31,2$$

ÖRNEK 4.7: 1000 kW gücünde bir tesis 0,7 güç faktörü ile vardiyasız olarak ayda 100 saat çalışmaktadır. Her ay ödenecek reaktif enerji bedelini bularak, $\cos \psi = 0,90$ 'a çıkarılması ile (kompanzasyonla) oluşacak olan maliyeti karşılaştırır isek,

$$Q = P \tan \psi = 1000 \cdot 1,02 = 1020 \text{ kVar}$$

1 ayda çekilen aktif ve reaktif güçler;

$$1202 \text{ kVar} \times 100 \text{ h} = 120.200 \text{ kVarh}$$

$$1000 \text{ kW} \times 100 \text{ h} = 100.000 \text{ kWh}$$

Burada kWh olarak ödenecek olan miktardan ziyade, reaktif güç irdelenmesi açısından kVarh üzerinde durulacaktır.

EK'te sunulan Kepez Elektrik T.A.Ş.'nin Eylül ayı enerji satış tarifesine ve 21.Mayıs.1983 tarih 18053 sayılı Resmi Gazeteye göre,

*Çektiği aktif enerjinin 0.50 katına kadar reaktif enerji çeken müşterilerden, reaktif enerji ücreti alınmaz.

Örnek 6: Genelleştirilmiş prosedür C uygulanınca;

100.000 kVA, $\cos \phi = 0,5$ = 50.000. Olması gerekir, yani bu değer birde 102.600 dir.

$$I_{C_3} = Q_3 = 1288 \text{ kVAr}$$

Çektiği aktif enerjinin 0,30 katından daha fazla reaktif enerji çetin müşteriler için gereksizdir. Herbir kVAr-ı 193 lıdır.

$$S = \frac{Q_3}{\sin \phi_2} = \frac{1288}{0,436} = 2954,1 \text{ kVA}$$

elde edilir.

Kompanzasyon yapıldıpta optimum yerleşimler ve boyutlar göz önüne alındığında ilk durum ile son durum arasında yaklaşık ;

lıdır.

$$\% \Delta S = \frac{\Delta S}{S_1} 100 = \frac{(4153,6 - 2954,1)}{4153,6} 100 = \%28,8$$

lik bir kullanıma açık kVA güç çıkmaktadır. Böylece 2954,1 kVA ya yapılacak olan iş 4153,6 kVA ya yaptırılmakta ve gereksiz yere fazla güç çekilmektedir. Optimum yerleşim ve boyut ile bu fazla güç çekme olayı önlenebilir.

Bu örnekler maliyet olarak incelenir ise (91 yılı Bayındırlık Bakanlığı Birim Fiyatlarına göre) şu sonuçlar elde edilir;

Örnek 3: $Q_{C_3} = 1811 \text{ kVAr}$ için:

5	100	100	100	100	100	100
5	100	100	100	100	100	100
5	100	100	100	100	100	100

Burada 5 kVAr sabit, 100 kVAr lar ise otomatik kondansatör bataryalarıdır ve bu bataryalar üç üniteden oluşur.

Sabit ve otomatik kompanzasyon pano karkası = 151.100.-TL

Pano içi teçhizat = 1.364.200.-TL

Toplam demirbaş = 1.515.300.-TL

3.(13.239.470 + 1.515.300) = 44.264.310.-TL

Fiyatlar, malzeme + II. Bölgede montaj olarak verilmiştir. (Tesis Antalya'da yapılmıştır)

Örneğe göre;reaktif enerji ödenmemesi için reaktif enerjinin, 100.000 kWh x0,5 =50.000. olması gerekir;Oysa bu değer bizde 102.000 dir.

*Çektiği aktif enerjinin 0,50 katından daha fazla reaktif enerji çetin müşteriler için,reaktif enerjinin tamamının herbir kVARh si 193 ₺ dir.

102.000 kVARh x 193 ₺ / kVARh =19.686.000 ₺ bulunur.

Reaktif enerji ücreti ödememek için,Cosφ 0,70 den 0,90 a çıkarılmalıdır.

$$Q_c = 1000.0,54 = 540 \text{ kVAR}$$

1991 yılında 1 kVAR ortalama olarak:49.070.-₺ dir.(400 V'ta metal folyolu kondansatörlerdir.)

540 kVAR x 49.070 ₺/Kvar = 26.497.800.-₺ olur.

Amortisman süresi = $\frac{\text{Kondansatör sistemi maliyeti}}{\text{Aylık reaktif güç ücreti}}$ olduğuna göre,

$$\frac{26.497.800}{19.686.000} = 1,5 \text{ ay}$$

da tesis kendini amorti edecektir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Burada reaktif güç, güç katsayısı ve kompanzasyon kavramları açıklanmıştır. Kompanzasyon için gerekli olan teçhizat hakkında bilgi verilmiştir.

Güç katsayısının düzeltilmesi sonucunda, şebeke güç kapasitesinin arttığı, şebeke ısı kaybının ve gerilim düşümünün azaldığı gözlenmiştir.

Şönt kompanzasyonun sistemdeki reaktif güç akışlarını minimize ettiği ve hatbaşı ve sonu gerilimlerini birbirine yaklaştırdığı için, gerilim regülasyonu ve sistemin gerilim profili yönünden olumlu olduğu anlaşılmıştır.

Dengesiz yüklenmenin Kompanzasyon gücü üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu dengesiz yüklerden en önemlisi, Ark Fırınları olup, bunların kompanzasyonu iki nedenden dolayı çok önem kazanmıştır. Birincisi, ekonomik zorunluluk, ikincisi de, teknik şartlardır. Dengesiz yüklerin ve dolayısıyla Ark Fırınlarının şebeke üzerine yaptığı olumsuz etkilerin kompanzasyon sayesinde büyük ölçüde azaltılacağı gösterilmiştir.

Burada asıl üzerinde durulan konu, şönt kompanzasyonda Optimum Bank Boyutları ve Yerleşimleri olmuştur. Optimum yerleşim ve boyutların aynı anda bulunması ve kapasitör maliyetinin eklenmesi ile en ekonomik kondansatör gücü bulunmuştur.

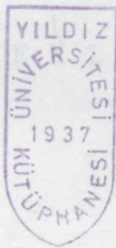
Sayısal uygulamalarda, şönt kompanzasyonda, reaktif güç faktörü 0,95'e çıkarılmıştır. Alalede bir yere konulan kondansatör gücü 1811 kVar olarak görülmüştür. Optimum Bank Boyutları ve Yerleşimleri ile kapasitör maliyetleri dikkate alındığında kondansatör gücü 1288 kVar bulunmuştur. Buradan da görüldüğü gibi şebeke güç kapasitesinde %28,8 lik bir artış, maliyette %31,2 lik bir kâr meydana çıkmıştır.

Enerji sistemlerinde kompanzasyon gereklidir ve şarttır. Ancak, Yerleşim ve boyutlar dikkate alındığında, daha etkili ve kârlı olacaktır. Kondansatörlerin yerleştirilecekleri yerler ve boyutları dikkatli bir çalışma ile belirlenmelidir. Bunun sonucunda, kompanzasyonla elde edilen net kazançların bu yerleşim ve boyutlar sayesinde maksimum olacağı görülecektir.

KAYNAKLAR

- (1). Bayram, M. - "Güç Katsayısının Düzeltilmesi ve Güç Kondonsatörleri", Elektroteknik Mecmuası S.3-25, Mart 1977.
- (2). İnan, M., "Orta Gerilim Şebekeleri -Cilt 2", İ.T.Ü., 1980.
- (3). T.M.M.O.B. Elektrik Mühendisleri Odası-İstanbul şubesi, "Reaktif Güç Kompanzasyonu Notları", S.61-76 ve S.142-165, İstanbul, 1985.
- (4). Sayın, S., Çöl, S., "Güç Kompanzasyonu", Kaynak Dergisi, S.9-32, Kasım, 1981.
- (5). Uyar, N., "Enterkonnekte Elektrik Şebekelerinde Şönt Kompanzasyon", Kondaş yayınları İzmir 1991.
- (6). Ay, S., "Elektrik Enerji Sistemlerinden Dengesizliklerin Optimal İşletme Bakımından Etkinlikleri", Doktora Tesi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 1989.
- (7). Fortescue, C.L., "Method Of Symmetrical Co-Ordinates Applied To The Solution Of Polyphase Network", AIEE Vol.37, pp.1027-1140 1918.
- (8). N.M. Neagle and D.R. Samson "Loss reduction from capacitors installed on primary feeders." AIEE Transaction. Vol.75, part III. pp.950-959, 1956.
- (9). R.F. Cook, "Analysis of capacitors application as affected by load cycle" AIEE Transaction. Vol.78 part IIIA, pp.950-957, 1959.
- (10). M. Maxwell, "The economic application of capacitors ta distribution feeder," AIEE. Transactions. vol.79, pp.353-359, 1960.
- (11). R.F. Cook, "Optimizing the application of shunt capacitors for reactive-volt ampere control and loss reduction," AEII Transactions, vol 80. pp 430-444, August 1961.
- (12). R.F. Cook. "Calculating loss reduction afforded by shunt capacitor application." İEE. Transactions on power Apparatus and Systems. Vol. 83 p.p.1227-1230, 1964.

- (13).J.V.Schmill,"Optimum size and location of shunt capacitors on distribution feeders," IEEE Trans,power Apparatus and Systems,vol. 84.pp.825-832,September 1965.
- (14)S.H.Lee,"Optimum size and location of shunt capacitors for reduction of loses on distribution feeders" IEEE Trans.on power Apparatus and Systems,vol,pass.100,No.3 March 1981.




```

program METIN;
uses crt;
type
  pinar = array [1..10] of real;

var
  ilhan : pinar;
  ilhan1 : pinar;
  ilhan2 : pinar;
  ilhan3 : pinar;
  ilhan4 : pinar;
  ilhan5 : pinar;
  i,k2,f : integer;
  k1,k3,k4,k5,k6,k7,k8 : real;

begin
  clrscr;
  write ('Kac bolum var : '); readln (i);
  clrscr;
  writeln ('
          MIL OLARAK');
  writeln ('BOLUM      KABLO      MIL BASINA      FIZIKSEL BOLUM      BOLUM SONU');
  writeln ('NO      KESITI      OHM DIRENC      UZUNLUGU      KVAR YUK');
  writeln ('-----      -----      -----      -----      -----');
  writeln;
  for f := 1 to i do
  begin
    write (' ',f);
    gotoxy (11,5+f); read (k1); ilhan[f] := k1;
    gotoxy (23,5+f); read (k1); ilhan1[f] := k1;
    gotoxy (43,5+f); read (k1); ilhan2[f] := k1;
    gotoxy (60,5+f); readln (k1); ilhan5[f] := k1;
  end;
  write ('r hangi bolum olacak : '); readln (k2);
  writeln (' j');
  k3 := 0;
  for f := 1 to i do
  begin
    ilhan3 [f] := ilhan1[f]*ilhan2[f]/ilhan1[k2];
    k3 := ilhan3[f] + k3;
  end;
  for f := 1 to i do
  begin
    ilhan4 [f] := ilhan3[f]/k3;
  end;

  clrscr;
  writeln ('
          ESIT DOGRUSAL      ESIT DOGRUSAL      BOLUM');
  writeln ('
          FIDERIN MIL      FIDER ICIN      SONU');
  writeln ('BOLUM      KABLO      MIL BASINA      FIZIKSEL      OLARAK BOLUM      NORM. EDILMIS      KVAR');
  writeln ('NO      KESITI      OHM DIRENC      BOLUM UZUN.      UZUNLUGU      BOLUM UZUNL.      YUK');
  writeln ('-----      -----      -----      -----      -----      -----      -----');
  writeln;
  for f := 1 to i do
  begin
    k4 := f;
    write (' ',k4:2:0);
    gotoxy (9,6+f); write (ilhan[f]:5:1);
    gotoxy (14,6+f); write (ilhan1[f]:10:4);
    gotoxy (26,6+f); write (ilhan2[f]:10:4); k5 := k5 + ilhan2[f];
    gotoxy (40,6+f); write (ilhan3[f]:10:4); k6 := k6 + ilhan3[f];
    gotoxy (57,6+f); write (ilhan4[f]:10:4); k7 := k7 + ilhan4[f];
    gotoxy (68,6+f); writeln (ilhan5[f]:10:1); k8 := k8 + ilhan5[f];
  end;
  writeln ('
          -----      -----      -----      -----');
  gotoxy (26,8+f); write (k5:10:4);

```


BOLUM NO	KABLO KESITI	MIL BASINA OHM DIRENC	MIL OLARAK FIZIKSEL BOLUM UZUN.	ESIT DOGRUSAL FIDERIN MIL OLARAK BOLUM UZUNLUGU	ESIT DOGRUSAL FIDER ICIN NORM. EDILMIS BOLUM UZUNL. YUK	BOLUM SONU KVAR
1	300.0	0.1957	0.6300	0.1430	0.0073	460.0
2	336.4	0.2803	0.8800	0.2861	0.0146	340.0
3	2.0	0.4390	1.7000	0.8656	0.0442	446.0
4	2.0	0.8622	0.8100	0.8100	0.0413	1840.0
5	2.0	0.8622	2.3000	2.3000	0.1174	600.0
6	2.0	0.8622	1.0500	1.0500	0.0536	110.0
7	4.0	1.3701	1.5000	2.3836	0.1216	60.0
8	4.0	1.3701	3.5000	5.5618	0.2838	130.0
9	4.0	1.3701	3.9000	6.1974	0.3162	200.0
			16.2700	19.5927	1.00000	4186.0000

0

A:\>


```

program METIN2;
uses crt;
type
  pinar = array [1..10] of real;
var
  ilhan : pinar;
  i,f,k : integer;
  k1,k2,k3,k4,k5,k6,k7,k8 : real;
begin
  clrscr;
  write ('Kp'nin degeri : '); readln (k1);
  writeln;
  write ('Ke'nin degeri : '); readln (k2);
  writeln;
  write ('T'nin degeri : '); readln (k3);
  writeln;
  write ('Lf'nin degeri : '); readln (k4);
  writeln;
  write ('Is'nin degeri : '); readln (k5);
  writeln;
  write ('i'nin degeri : '); readln (i);
  writeln;
  for f := 1 to i do
  begin
    writeln ('-----');
    write ('Ic',f,'nin degeri : '); readln (ilhan[f]);
    writeln;
    k8 := 0;
    for k := 1 to f-1 do
    begin
      k8 := k8 + ilhan[k];
    end;
    k7 := ((k1 + k2*k3)/(k1 + k2*k3*k4)) * (ilhan[f]/2 + k8) * (1/k5);
    writeln (' *');
    writeln ('F(h ',f,') = ',k7:10:4);
  end;
end.

```


KEPEZ ELEKTRİK T.A.Ş.
ENERJİ SATIŞ TARİFELERİ
TARİFE KATEGORİLERİ

BESLENME GERİLİMLERİ (kV)	AKTİF ENERJİ (TL/kWh)	PUANT TARİFESİ (TL/kWh)			GÜÇ BEDELİ (TL/kW)	GÜÇ AŞIMI (TL/kW)	REAKTİF ENERJİ (TL/kVarh)
		17/22	22/06	06/17			
C) TEK İLE ALIŞ VERİŞ FİYATI	222.60						
35 kV'TAN AŞAĞISI GERİLİMLER							
A) ÇİFT TERİMLİ TARİFE							
Sanayi Müşterileri	329.00	484.00	231.00	329.00	17.800	25.100	193.00
Ark Ocakları	260.00	358.00	198.00	260.00	12.600	21.100	108.-
Org.Sanayi Bölgeleri ve Küçük Sanayi Siteleri	313.00	463.00	217.00	313.00	16.900	23.900	183.-
B) TEK TERİMLİ TARİFE							
Sanayi Müşterileri	373.00						193.00
Org.Sanayi Bölgeleri ve Küçük Sanayi Siteleri	354.00						183.00
TC. Sağlık Bakanlığı Hastaneleri	224.00						-
Devlet ve Vakıf Hastaneleri	299.00						-
Toptan Elektrik Satışı Yapılan Yerler	321.00						-
Resmi Daireler, Ticarethane, Yazıhane	430.00						193.00
Santiye ve Geçici Aboneler	430.00						193.00
İl ve İlçe İçmesuyu Tesisleri	373.00						193.00
Tarımsal Sulama ve Köy İçmesuyu Tesisleri	143.00						-
Köy Tüzel Kişilikleri	311.00						-

NOT: 1-01 Ekim 1990 tarih ve 20654 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan Elektrik Tarifeleri Yönetmeliğindeki tüm hükümler butarifelere aynen uygulanacaktır.

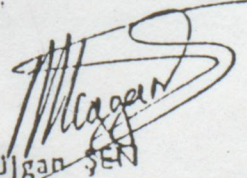
2- Ark ocaklı abonelerin haddane ve diğer yerlerdeki tüketimlerine sanayi tarifesi uygulanacaktır.

3- Köy meskûn sahası içinde kalıp toplam kurulu gücü 100 kVA ve daha az olan abonelere köyler ve köy içi aboneler tarifesi uygulanır.

4- Müstakil trafo ile beslenen abonelerden 0,4kV tarafında ölçüm yapılanlara tarifelerin her bir kademisi % 3 zamlı uygulanır.

5- Son ödeme tarihine kadar, tamamı veya bir kısmı ödenmeyen abone faturalarında gecikme bir gün dahi olsa, gecikme zammı, her ay için ayrı ayrı olmak üzere aylık % 7 olarak hesaplanacaktır.

6- Hayır Kurumları ve Kamu Yararına Çalışan derneklere Anadol ve Kamu Kuruluşları Spor Tesisleri hakkında gösterilen tarife uygulanacaktır.


MÜLKAN ŞEN
Enerji Dairesi Başkanı

Genelge

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığından :

2705 Sayılı Kanunla Değişik 1312 Sayılı Türkiye Elektrik Kurumu Genel M¼d¼rl¼đ¼ Kuruluş Kanununun 3 nc¼ Maddesi (1) Bendine G¼re Kurulan Elektrik Dağıtım M¼esseselerinin 1 Haziran 1983 Tarihinden İtibaren Uygulayacakları Reaktif Enerji Tarifesi

I — REAKTİF ENERJİ TARİFESİ :

Tek ve Çift Terimli tarifieden elektrik enerjisi satın alan müşteriler aşağıdaki şartılar dahilinde ayrıca reaktif enerji ücretli öderler.

a) Çektiği aktif enerjinin 0,50 katına kadar reaktif enerji çeken müşterilerden reaktif enerji ücretli alınmaz.

b) Çektiği aktif enerjinin 0,50 katından daha fazla reaktif enerji çeken müşteriler için reaktif enerjinin tamamının her bir kVArh'li 500 kuruştur.

II — REAKTİF ENERJİ TARİFESİNİN UYGULANMASI :

a) Meskenler, Resmi Daire ve Kurumlar, İbadethaneler ve Hayır Kurumları abonelerine reaktif enerji tarifesi uygulanmaz.

b) Sanayi ve ticarethane grubu abonelerinde;

i) M¼essese'lerin ve bağlı elektrik işletmelerinin 1. maddedeki reaktif enerji tarifesini uygulayabilmeleri için müşterilerin çekeceği reaktif enerjiyi ölçmek için gerekli ölç¼ aletlerinin tesise edilmiş olması şarttır.

ii) Bu abonelerden reaktif enerji sayacı olmayanların çektiği aktif enerjinin 0,50 katı kadar reaktif enerji çektiği kabul edilerek her bir kVArh'li 500 kuruş üzerinden hesap ve fatura edilir.

III — DİĞER HÜKÜMLER :

a) Müşteriler güç faktörlerini 0,9-1 (Endüktif) arasında tutmak zorundadırlar.

b) İki aktif sayacın Aron bağlantısı ile reaktif enerjisi ölç¼len müşterilerde, her iki aktif sayaç değerinin farklarının mutlak değerli $\sqrt{3}$ ile çarpılarak bulunacak reaktif enerjinin tamamı müşteri tarafından tüketilmiş kabul edilecektir.

c) Müşterinin aşırı kompanzasyon yaptığı, M¼esseseye yeterli ölç¼ aletleri ile tesbit edildiği ve inandırıcı delillere dayandırıldığı takdirde, II.ii maddesi uygulanacaktır.

Tebliğler

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığından :

16/2/1983 tarihli ve 17961 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanmış olan Bakanlığımız tebliği aşağıdaki şekilde değiştirilmiştir.

I — GENEL HÜKÜMLER

1 — Kurulu gücü veya besleme transformatörlerinin toplam kurulu gücü 250 kVA ve bunun üstünde olan elektrik tesislerinde kompanzasyon tesisi yapılması zorunludur.

2 — Üç fazlı olarak beslenen sanayi abonelerinin elektrik enerjisi ile besleme projeleri hazırlanırken, güç katsayısını düzeltmek için gerekli kompanzasyon tesisleri de proje kapsamına alınmalıdır.

3 — Abonelerin beslenmesinde kullanılan transformatör merkezleri ile ilgili kompanzasyon tesisi projeleri yapılırken, abonelerin kendi tesisleri için münferit kompanzasyon tesisi kurmaları durumunda, transformatör merkezlerinde yalnızca sabit kondansatör grubunun göz önünde bulundurulması yeterlidir.

4 — Kompanzasyon proje ve tesisleri yürürlükte bulunan ilgili elektrik yönetmeliklerine ve aşağıda belirtilen esaslara uygun olarak yapılmalıdır.

II — YENİ KURULACAK TESİSLERDE KOMPANZASYON

5 — ALÇAK GERİLİMDE KOMPANZASYON

5.1 — Kurulu gücü veya besleme transformatörlerinin toplam kurulu gücü 250 kVA ve daha büyük olan abonelerin 0,4 KV gerilimli baradan beslenmesi durumunda, kompanzasyon tesisi projesi aşağıda belirtilen esaslara göre yapılmalıdır.

5.1.1 — Projesi yapılacak tesisin güç katsayısı (Cosq) 0,9 ile 1 arasındaki bir değere yükseltilecek şekilde gerekli kondansatör gücü hesaplanmalıdır.

5.1.2 — Kondansatör hesabında kullanılacak etkin (aktif) güç, tesisin kurulu gücü ile eşzamanlılık katsayısı (diversite faktörünün tersi) çarpılarak bulunmalıdır.

5.1.3 — Gerekli kompanzasyon tesisi otomatik veya münferit olabilir. Ancak, münferit kompanzasyon yapılması durumunda, kondansatörler, devreye yük ile birlikte girip çıkacak şekilde tesis edilmelidir.

5.1.4 — Otomatik güç kompanzasyonu için kullanılacak donatım 0,4 KV gerilimli ana dağıtım panosundan ayrı olarak, başka bir pano içerisine tesis edilmeli ve iki pano arasındaki bağlantı, kablo veya bara ile yapılmalıdır.

Kompanzasyon panosu girişinde :

— Bıçaklı (özengili) şalter veya yük ayırıcı şalter ile sigorta, ya da,

— Bıçaklı (özengili) şalter veya yük ayırıcı şalter ile termik ve/veya manyetik röle, bulunmalıdır.

Sigorta ve termik ve/veya manyetik rölelerin sağlanmadığı belgelerle doğrulandığında, kompanzasyon panosu girişine yalnızca bıçaklı (özengili) şalter veya yük ayırıcı şalter konabilir.

5.1.5 — Tesiste bulunan cihazların (makine, motor, vb.) güç katsayısı bilinmiyorsa, omik dirençli yüklerin güçleri hesaba katılmayarak, başlangıç güç katsayısı 0,7 kabul edilmeli ve güç katsayısı 0,9 ile 1 arasındaki bir değere yükseltilecek şekilde gerekli kondansatör hesabı yapılmalıdır.

5.1.6 — Güç transformatörünün, anma gücünün % 3'ü ile % 5'i arasında seçilen birinci kondansatör grubu sabit ve sürekli olarak işletmede kalacak, öbür gruplar ise otomatik olarak devreye girip çıkacak şekilde tesis edilmelidir. Sabit grup, ana otomatik şalterden önce veya sonra bağlanabilir.

Abonenin kuracağı tesisler doğrudan alçak gerilim şebekesinden besleniyorsa, birinci grubun sabit bağlanması gerekmez.

5.1.7 — Başlangıçta çekilecek güç az olsa da, kompanzasyon panosu tam güce göre hesaplanarak projelendirilmelidir. Güç artışı olduğu zaman panoya kondansatör ve donatımı eklenmelidir.

Reaktif güç rölesinin ayar dizisi toplamı en az beş olmalıdır. Röle, aşırı ve düşük gerilime karşı koruma sistemlerini içermelidir. (Şebeke geriliminin nominal gerilimin % 10'u kadar ve daha çok artması veya eksilmesi durumunda, röle 0,5 saniye ile 3 saniye arasında bir gecikme ile, kumanda ettiği sistemleri devre dışı edecek ve gerilimin yeniden nominal değere yaklaşması durumunda önce sabit grubu sonra da yükün gereksinimine göre öbür grupları devreye sokacak özellikte olmalıdır).

5.1.8 — Kondansatör gruplarının ayrı ayrı sigortalar ve kontaktörler üzerinden beslenmesi ve paralel bağlanmış kontaktörlerin yardımcı kontaktörler ile devreye alınması koşulu ile grupların seçilmesinde ayar dizisi 1.1.1..., 1.2.2.... vb. şeklinde olmalıdır. 1.2.4.8..., sistemi, seçicili 1.1.1.. sistemi gibi çalışacak şekilde de kullanılabilir.

5.1.9 — Tesis sahiplerince, tesislerinin tamamının veya bir bölümünün omik güç çekeceği veya makinelerin kompanse edilmiş şekilde imal edilmiş olduğunun yazılı olarak bildirilmesi ve ilgili belgelerin proje onaylayan kuruluşa sunulması durumunda, projenin onaylanmasında bu husus göz önünde bulundurulmalıdır.

5.1.10 — Motorların münferit olarak kompanse edilmesi durumunda aşırı kompanzasyona engel olmak için;

— Küçük güçlü motorlarda (gücü 30 kW'ye kadar olan motorlar), tesis edilecek kondansatörlerin reaktif güç değerleri yürürlükte bulunan ve tanınan yerli ve yabancı standart, şartname, yönetmelik vb. deki değerlerden,

— Büyük güçlü motorlarda (gücü 30 kW'nin üstünde olan motorlar), olabildiğince, motorun boşa çalışmada çektiği reaktif gücün % 90'ından, daha büyük olmamalıdır.

5.1.11 — Tesislerde harmonik akım üreten redresörler, ark ocakları, elektrik kaynak makineleri, tristör kumandalı doğru akım motorları gibi cihazlar varsa, bunların akım darbeleri ile elektrik sisteminde meydana getireceği olumsuz etkileri önlemek için gerekli önlemler alınmalıdır.

5.1.12 — Tesisin çektiği aktif enerjiyi ölçen sayaçtan başka, endüktif reaktif enerjiyi ölçmek için bir adet ve enerji sağlayacak kuruluşun gerekli görmesi durumunda, abonenin aşırı kompanzasyon sonucunda sisteme vereceği kapasitif reaktif enerjiyi ölçmek için bir adet olmak üzere toplam iki adet geri dönmesez reaktif sayaç tesis edilmelidir.

5.2. — Kurulu gücü veya besleme transformatörlerinin toplam kurulu gücü 250 kVA'nın altında olan abonelerin 0,4 kV gerilimli baradan beslenmesi durumunda, abonelerin kompanzasyon tesisi yaptırmaları zorunlu değildir. Yaptırılması durumunda, kompanzasyon projeleri aşağıda belirtilen esaslara göre hazırlanmalıdır.

5.2.1 — Kompanzasyon projesi Madde 5.1 (Madde 5.1.11 ve Madde 5.1.12 hariç) de belirtilen hususlar göz önünde bulundurularak hazırlanmalıdır.

5.2.2 — Tesisin çektiği aktif enerjiyi ölçen sayaçtan başka, endüktif reaktif enerjiyi ölçen bir adet geri dönmesez reaktif sayaç da tesis edilmelidir.

6 — ORTA GERİLİMDE KOMPANZASYON

6.1 — Kurulu gücü veya besleme transformatör gücü 250 kVA'nın üstünde olan tesislerin orta gerilim (O. G.) barasından beslenmeleri durumunda, kompanzasyon projesi aşağıda belirtilen esaslara göre yapılmalıdır :

6.1.1 — Tesisin güç katsayısı 0,9 ile 1 arasındaki bir değere yükseltilecek şekilde gerekli kondansatör gücü hesaplanmalıdır.

6.1.2 — Tesislerdeki cihazların kompanzasyonu münferit, grup veya merkezi kompanzasyon şeklinde yapılabilir.

6.1.3 — Motorların münferit olarak kompanse edilmesi durumunda aşırı kompanzasyona engel olmak için, olabildiğince, motorun boşa çalışmada çektiği reaktif gücün % 90'ından büyük değerde kondansatör seçilmemesine dikkat edilmelidir.

6.1.4 — Motorların münferit olarak kompanse edilmesi durumunda kondansatörler yüklerle birlikte devreye girip çıkacağından, motorlara yol vermede kullanılan kesiciler, motor ve kondansatör bataryasında meydana gelebilecek her türlü kısa devre akımlarını kesebilecek, motor ve kondansatör bataryasının kapasitif akımlarını başlatabilecek ve kesebilecek özellikte olmalıdır. Boşalma dirençlerinin devre dışı olması durumunda, motor uçları kısa devre edilerek topraklanmadan motor üzerinde çalışma yapılmamalıdır.

6.1.5 — Tesislerde harmonik akım üreten tristörlü, redresörlü ark ocakları gibi cihazlar varsa, bunların elektrik şebekesinde meydana getireceği olumsuz etkileri önlemek için gerekli önlemler alınmalıdır.

6.1.6 — Kondansatör bataryalarının korunmasını sağlamak için, birbirleri ile koordinasyonlu şekilde çalışabilecek (bireysel ünite, dengesizlik, kısa devre, bağlantı ucu yüksek gerilimi ve darbe gerilimi koruması gibi) koruma sistemleri proje hazırlanırken proje kapsamına alınmalıdır.

6.1.7 — Tesisin çektiği aktif enerjiyi ölçen aktif sayaçtan başka, endüktif reaktif enerjiyi ölçmek için bir adet ve enerji sağlayacak kuruluşun gerekli görmesi durumunda, abonenin aşırı kompanzasyon sonucunda sisteme vereceği kapasitif reaktif enerjiyi ölçmek için bir adet olmak üzere toplam iki adet geri dönmesiz reaktif sayaç tesis edilmelidir.

6.2 — Kurulu gücü veya besleme transformatörlerinin toplam kurulu gücü 250 kVA'nın üstünde olan, orta gerilim barasından beslenen ve darbeli akım çeken ark fırını gibi tesisleri bulunan abonelerin kompanzasyon tesisi projeleri yapılırken, enerji sağlayan TEK, vb. kuruluşların, sözü edilen abonelerin enerji gereksinimlerinin karşılanabilmesi için uyulmasını zorunlu gördüğü hususlar göz önünde bulundurulmalıdır.

III — MEVCUT TESİSLERDE KOMPANZASYON

7 — ALÇAK GERİLİMDE KOMPANZASYON

7.1 — Kurulu gücü veya besleme transformatörlerinin toplam kurulu gücü 250 kVA ve daha büyük olan abonelerin 0,4 kV gerilimli baradan beslenmesi durumunda, kompanzasyon tesisi projesi, Madde 5.1 (Madde 5.1.2....., Madde 5.1.5 ve Madde 5.1.9 hariç) de ve aşağıda belirtilen esaslara göre yapılmalıdır :

7.1.1 — Mevcut tesislerde, tüketiciye ait aktif ve reaktif sayaçlarla veya pens kosinüs fimetre, vb. gibi ölçü aletleri ile belirli zamanlarda ölçmeler yapılarak en düşük güç katsayısı belirlenmeli, bu değer 0,9 ile 1 arasında bir değere yükseltilecek şekilde gerekli kondansatör hesaplanmalı ve tesis edilmelidir.

7.1.2 — Yapılacak ölçmeler sonucunda, abone tesislerinin şebekeden yüksek harmonikli akımlar çektiğinin tespit edilmesi durumunda, bu harmoniklerin sistemde meydana getireceği olumsuz etkileri önlemek için gerekli önlemler alınmalıdır.

7.2 — Kurulu gücü veya besleme transformatörlerinin toplam kurulu gücü 250 kVA'nın altında olan tesislerin 0,4 kV gerilimli baradan beslenmeleri durumunda, kompanzasyon tesisi yaptırmaları zorunlu değildir. Ancak, kompanzasyon tesisi yapılması durumunda, bu tesisin projesi Madde 5.2.1 ve Madde 7.1.1'de belirtilen esaslara göre hazırlanmalıdır.

8 — ORTA GERİLİMDE KOMPANZASYON

8.1 — Kurulu gücü veya besleme transformatörlerinin toplam kurulu gücü 250 kVA'nın üstünde olan tesislerin orta gerilim barasından beslenmesi durumunda, kompanzasyon tesisi projesi Madde 6.1, Madde 7.1.1 ve Madde 7.1.2'deki esaslara göre yapılmalıdır.

8.2 — Kurulu gücü veya beslenme transformatörlerinin toplam kurulu gücü 250 kVA'nın üstünde olan, orta gerilim barasından beslenen ve darbeli akım çeken ark fırını gibi tesisleri bulunan abonelerin kompanzasyon tesisi projeleri, Madde 6.2'de belirtilen esaslara göre yapılmalıdır.

IV — TEBLİĞİN UYGULANMASI İLE İLGİLİ HÜKÜMLER

9 — Yeni kurulacak tesislere ait kompanzasyon tesisleri, tesisin işletmeye açılmasından sonra en geç altı ay içerisinde tamamlanmış; olmalıdır.

10 — Daha önce onaylanmış elektrik besleme projeleri ile daha önce yapılmış olan elektrik tesislerine ait kompanzasyon projeleri, bu tebliğin yayımlandığı tarihten başlanarak en geç bir yıl içerisinde onaylatılmalı ve söz konusu kompanzasyon tesislerinin yapılması ve geçici kabul işlemi altı ay içerisinde tamamlanmış olmalıdır.

11 — Kompanzasyon tesisi projelerinin onaylanması ile tesislerin geçici kabul işlemleri Bakanlıkça verilmiş yetkiye göre Türkiye Elektrik Kurumu (TEK)'nin ilgili "Elektrik Dağıtım Müesseseleri" tarafından veya ilgili diğer kuruluşlar tarafından yapılır.

12 — TEK veya Bakanlıkça yetki verilen diğer kuruluşlar, kompanzasyon tesislerini belirtilen süre içerisinde kurmayan abonelerin elektrigini kesebilir.

13 — Bu tebliğ yayımlandığı tarihte yürürlüğe girer.

Tebliğ olunur.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının 21.12.1982 gün ve 16061 sayılı yazısı ile üç yıl müteber olmak üzere tasdik edilmiştir.

KOMPANZASYON TESİSLERİ TEKNİK ŞARTNAMESİ

A- KAPSAM

Bu yönetmelik elektrikşebekelerinde trafoların AG tarafına güç faktörünü düzeltmek maksadıyla konan, sabit otomatik kompanzasyon tesislerini ve bu tesisleri teşkil eden güç kondansatörlerini, reaktif güç kontrol rölesini, kontaktörleri, harici ve dahili tip panoları, deşarj dirençlerini ve lüzumlu diğer bütün malzemeleri kapsar. Bahsi geçen tesis ve malzemelerin malzeme ve montaj özellikleri aşağıda bölümlerde belirtildiği gibi olacaktır.

B- GÜÇ KONDANSATÖRLERİ:

1- Güç kondansatörleri TS 804 ve IEC70 standartlarına uygun olarak ve TS garanti ve kalite belgesini haiz olacaktır.

2- Kondansatörlerin nominal gerilimi 400 V. 50 Hz. bağlantı şekli üçgen olacak ve nominal gerilimin 1,1 katına kadar gerek sinisoidal, gerekse sinisoidal olmayan gerilimlerle sürekli olarak çalışabileceklerdir.

3- Kondansatörler iki yıl müddetle kapasite kaybına uğramayacaktır.

4- Kondansatörler saç muhafaza kabı içerisine alınmış ise üzerinde topraklama vidası bulunacaktır. (Kondansatörlerin saç muhafaza kabı içerisinde olması soğumanın, topraklamanın temini ve mükavemat açısından tercih sebebidir.)

5- Kondansatörler, sinisoidal anma gerilimi ve anma frekansı ile çalıştıklarında, geçen akımın efikas değerinin 1,3 katını aşmayan faz akımı ile sürekli çalışabileceklerdir.

6- Kondansatörlerin ilgili standardında belirtilen karakteristikleri ve deney sonuçları bir çizelge halinde tekliflere eklenecektir.

7- Güç kondansatörlerinin kullanıldıkları yerde en yüksek çevre sıcaklığı C, en düşük sıcaklık C dir. Rakım ise m.dir. Kondansatörler bu şartlarda çalışmaya elverişli olacaktır.

8- Bankamız kondansatörleri teslim alırken dilerse T.S. 804 de belirtilen tüm deneylerin yapılmasını isteyebilir. Bunun için firmaya ayrıca bir ücret ödemez.

9- Kondansatörler devreden çıkarıldıklarında en geç 60 saniye sonra üzerindeki kalıcı gerilimi 50 V.un altına düşüren aşağıdaki cetvelde belirtilen deşarj dirençlerini ihtiva edeceklerdir.

Kondansatör gücü KVAR	Deşarj Direnci	
	Rv (K)	Pp (W)
5	205	3
10	102	5
15	68	8
20	51	10
25	41	12
30	34	15
40	25	20
50	20	25
60	17	30
75	14	34
100	10	50
120	8	60

10- Güç kondansatörleri üzerinde bulunacak bir plakada silinmez ve kolayca okunabilecek biçimde aşağıdaki bilgiler olacaktır.

- 1- Firmanın markası ve kısa adı
- 2- Seri numarası
- 3- Sınıfı
- 4- Anma gücü, KVAR olarak üç fazlı birimin toplam gücü gösterilmelidir.
- 5- Yalıtım seviyesi
- 6- Yalıtkanın cinsi
- 7- Deşarj tertibatı
- 8- İlgili standardın işaret ve numarası

11- Her kondansatörün üzerine ayrıca ("TEHLİKE" uçlara dokunmadan önce bunları kısa devre yapınız ve topraklayınız) yazısını çok belirli bir şekilde gösteren bir plaka konacaktır

12- Kondansatörlerin mevcut topraklama barasına irtibatı yapılacaktır.

13- Kondansatör kayıpları yaklaşık olarak 1,5 W/KWAR'ı geçmeyecektir.

14- Kondansatörlerin şebekeye bağlanması sırasında devredeki cihazları yıpratabilecek yüksek frekans ve amplitüdde geçici akımlar meydana gelebiliyorsa devrenin kapanması sırasında bu geçici akımları sınırlandırmak için kondansatöre seri olarak uygun büyüklükte ya bir direnç veya self bobini bağlanmalıdır.

15- Ambalajlama :

a) Taşıma firmaya ait ise: Firma kondansatörleri montaj mahallinde hasara uğramamış ve çalışır durumda teslim edecektir.

b) Taşıma Bankamızca yapılacak ise:

Bankamız aşağıda belirtilen biçimde bir ambalajlama isteyebilir. Firma teklifinde bu tür ambalajlama için ayrıca fiyat bildirecektir.

1- Kondansatörler sağlam ambalaj kağıtlarına sarıldıktan sonra mukavva ya da başka uygun gereçlerden yapılmış bir kutu içine yerleştirilecektir.

2- Kutular üzerine madde 10.daki bilgiler dış etkiler ile silinip bozulmayacak biçimde yazılmış olacaktır.

3- Kutulara konulmuş kondansatörlerin taşıma sırasında herhangi bir hasara uğramamaları için kutular, yeter derecede sağlam tahtadan ya da eşdeğer nitelikte başka gereçten yapılmış sandıklara yerleştirilecektir. Sandıkların üzerine A x B x C biçiminde cm. olarak boyutları Kg. ağırlıkları ve içerisindeki kondansatör sayısı yazılacaktır.

C-PANOLAR :

a) Dahili Tip Otomatik Kompanzasyon Panosu :

2 mm. DKP sac'tan imal edilecek, gerektiğinde profil demirleri ile takviye edilerek, 1 kat fırın astar, iki kat fırın boyalı olacak, gerektiği kadar kondansatör bataryası, reaktif güç rölesi, kesinüfsimetre, W-otomat ile bıçaklı sigorta ve kontaktörleri monte etmeye elverişli tesbit sacını haiz olacaktır. Ayrıca kondansatör cinsine göre profil demiri veya sacdan yapılan dikey ve yatay tesbit elemanları bulunacaktır. El-o-Ot. 3. pozisyonlu komitatör, kademe seçici anahtarları, kademe sinyal lambaları, reaktif güç rölesiyle kesinüfsimetre pano yüzüne yerleştirilecek şekilde yapılacaktır.

Reaktif güç rölesi üzerinde EI-O-Ot. komitatörü ile kademe sinyal lambası bulunduğu takdirde, pano üzerine ayrıca bu cihazlar konmayacaktır. Panonun kapısı lastik contalı olacak, panjurları ise özel önlemle toza karşı korunacaktır. Pano üzerine tehlike levhası konacaktır. Pano kapıları açılınca kondansatörler mikrosviç vasıtasıyla devre dışı olacaktır. Pano şalt şemasında belirtilen karakteristikteki cihaz ve malzemeleri ihtiva edecektir. Panonun gövdesi topraklanacaktır. Panolar Bankaca verilecek veya firmaca hazırlanıp Bankaca onaylanacak detaylı resme göre imal edilecektir. Panoların arkası kapalı olacak, ön kısmında da anahtar bulunacaktır. Panolar trafo binasındaki yerleşme plânına göre tesis edilecektir.

b) Harici Tip Otomatik Kompanzasyon Panosu:

DAHİLİ tip pano şartnamesine uygun olacaktır. Buna ilaveten pano 2,5 mm. DKP sacdan imal edilecek ve çatısı çift kat sac olarak arası 2,5 mm. kalınlığında izole edilmiş ve çatı meyli asgari iki yüzde de % 30 eğimli olacaktır. Panonun ön ve arkası kapılı olacak ve kapılar da aynı tip anahtar kullanılacaktır.

c) Trafo çıkışındaki AG panosu üzerinde yer bulunmadığı takdirde besleme kablosu üzerindeki NH sigortalar ve özengili şalter kompanzasyon panosu üzerine yerleştirilecektir.

D- REAKTİF GÜÇ KONTROL RÖLESİ:

1- Çalışma gerilimi 380 V. (-20 %, + 10 %) toleranslı, frekansı 50 HZ ve çalışma akımı/5 A. akım trafosuna uygun olarak $I_n = 5$ A. olacaktır.

2- Röleler kondansatörleri şalt şemasında belirtildiği şekilde devreye sokup çıkarmaya elverişli olacaktır.

3- Röleler a,a,a,.....a, veya a, 2a, 2a,.....2a birim değerlerinde kondansatör unitelerine kumanda etmeye elverişli olacaktır.

4- Röle üzerinde sistemin kosinüsüsünün endüktif veya kapasitif yönde olduğunu gösterir, ışıklı diyotlar veya mikrokosinüsümetre bulunacaktır.

5- Röle üzerinde kondansatör gücü (C), akım trafosu oranı (K) ile ilgili $C/K = 0,05$ A 1,2 A arasında ayarlanabilecektir.

6- Röle üzerinde, sistemin kosinüsüsünü stabil tutabilmek için, asgari 0,8-1 kademeleri arasında ayar imkanı sağlanmalıdır.

7- Röle içerisinde, kademe kontaktörlerine kumanda etmek için 250 V.da minimum 6 A. (1500 VA) sürekli kontak akımını haiz yardımcı röleler bulunacaktır.

8- Yardımcı rölelerde kontak teması tam sağlanacak, kontak temas direnci minimum olacak ve açma kapama olayı net bir şekilde gerçekleşecektir.

9- Röle bünyesindeki yardımcı rölelere emir verirken, çevrede oluşabilecek, elektro-manyetik gürültülerden müteessir olmayacaktır.

10- Röle sıfır gerilim sistemini haiz olacaktır. Enerji kesilmelerinde röle evvelce ne kadar kademeyi devreye almışsa tümünü devre dışı edecek ve enerjinin tekrar gelmesi 1 sn. gibi kısa sürede gerçekleşmiş olsa dahi kademeler 1. kademeden başlayarak yeniden sistemin ihtiyacı kadar devreye girecektir.

11- Kademeler arasındaki giriş ve çıkıştaki zaman gecikmesi geçici rejim darbelerinden etkilenmemesi için 8 ile 15 sn. arasında olacaktır.

12- Röle çerçeve ölçüsü, tablo tipi ölçü aletleri standardına uygun olarak 144 x 144 mm. ebadında olacaktır.

13- Rölenin kullanma ayar, bakım, montaj ve prospektüsleri Türkçe olarak detaylı bilgileri ihtiva edecek şekilde verilecektir. Bilhassa ayar tarifi net, lüzumsuz giriş ve çıkışın nasıl önleneceğini açıklayacaktır.

E- KONTAKTÖRLER VE SİGORTALAR:

1- Kontaktörler, kondansatör bataryalarını emniyetli şekilde devreye sokup, çıkaracak kontaklara sahip olacak iki açan, iki kapayan yardımcı kontağı haiz olacaktır.

2- Kontaktör bobinlerinin çalışma gerilimi 220 Volt olacaktır.

3- 50 ve 100 KVAR güçteki kondansatörlere kumanda eden 110 A. ile 170 A.lik kontaktörler için ayrıca yardımcı kontaktör tesis edilecektir.

4- Kontaktörler devre dışı kaldığı zaman en geç 7 sn.de kondansatörlerin deşarjını sağlayacak aşağıdaki listede belirtilen deşarj dirençleri, kontaktörün iki açıcısı üzerinden V bağlantısında devreye sokulacaktır.

Kondansatör gücü KVAR	Deşarj direnci	
	K	W
25	1,5	6
30	1,5	6
40	1,5	6
50	1,5	6
60	1	12
80	1	12
100	1	12

5- Sigortalar gecikmeli tip olacak, ayrıca kondansatör nominal akımının 1,5 - 1,7 katı büyüklükte seçilecektir.

F- GENEL HUSUSLAR:

1- Kompanzasyon tesisleri, işletmeye girmelerini müteakip imalat ve montaj hatalarına karşı iki sene firma garantisinde olacaktır.

2- Bu garanti müddeti içinde imalat, montaj hatası ve kapasite kaybı görülen kondansatör üniteleri firma tarafından Bankanın tensip edeceği, yeni ve kapasite kaybı olmayan kondansatörler ile ücretsiz olarak değiştirilip yerine monte edilerek, çalışır vaziyette teslim edilecektir.

3- Tesiste yedekleme yönünden genellikle aynı tipte malzeme kullanılmaya çalışılacaktır. Kullanılan malzeme ve teçhizat, birinci sınıf kalite ve tanınmış firma mamullerinden olacak, TSE, VDE, IEC normlarına uygun olacaktır.

4- Firmanın yaptığı iş ve işçilik birinci sınıf olacak ve kontrollüğe beğendirilecektir. Kontrollükça uygun bulunmayan işler kontrollüğün isteklerine uygun olacak şekilde yeniden yapılacaktır.

5- İşin gereği elektrik kesilmelerinde 5 gün önce işletmeye bilgi verilecek ve tercihen bu işler tatil günlerine rastlatılacaktır.

6- Firma montaj esnasında gerekli her türlü emniyet tedbirlerini alacaktır.

7- İhtilaflı bir konu için birden fazla madde geçerli olması halinde Banka lehine olan madde uygulanacaktır.

8- Otomatik kompanzasyon panolarının bakım ve işletme talimatı firma tarafından hazırlanıp çerçevelendikten sonra her trafo binasında uygun bir yere asılacaktır.

9- Otomatik kompanzasyon panolarına ait resimler projede verilmemiştir.

İhale üzerinde kalan firma hangi fabrikanın kondansatörlerini kullanacaksa ona göre projedeki tek kutuplu şalt şemalarında belirtilen esaslara göre,

- a) Panoya ait imalat resimlerini detaylı ve ölçekli bir şekilde,
- b) Otomatik kompanzasyon panolarının monte edilecekleri trafo binalarını mahallinde tetkik ederek, bahsi geçen panoların binalara yerleşme plânını, bila bedel tanzim edip onanmak üzere Bankaya verecektir. Bu plânların Bankaca onanıp firmaya gönderilmesini müteakip imalata başlanacaktır.

nize Sanayi Bölge Müdürlüğünde Elektrik Kontrol Mühendisi olarak çalışmaktadır.

İLHAN MEHİR
ANTALYA

ÖZGEÇMİŞ

03.02.1969 da Sivas doğumludur.İlk,Orta ve Lise öğrenimini,Antalya'da tamamladı.1985 - 1986 Öğretim yılında İstanbul Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümünde,yüksek öğrenimine başladı.1989-1990 öğretim yılında,İkincilikle Elektrik Mühendisliği Bölümünden mezun oldu.Aynı yıl,yüksek lisans yapmak üzere Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne kayıt yaptırdı.Halen Antalya Organize Sanayi Bölge Müdürlüğünde Elektrik Kontrol Mühendisi olarak çalışmaktadır.

İLHAN METİN
ANTALYA

