

ORTA GERİLİM ŞEBEKELERİNDE KULLANILAN

GERİLİM KADEMELERİNİN OPTİMİZASYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elk. Müh. Öner ÇELEBİ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 17 Ocak 1994

Tezin Savunulduğu Tarih : 14 Şubat 1994

Tez Danışmanı

: Prof. Dr. N. TARKAN

Diğer Jüri Üyeleri

: Prof. Dr. T. Tüfekçi

Prof. Dr. A. Kaypmaz

ŞUBAT 1994

ÖNSÖZ

Günümüzde hızla artan elektrik enerjisi ihtiyacı insanları tüketim konusunda daha hassas olmaya sevketmiştir. Bu durum teknik elemanları da kayıpların daha az olduğu ve daha ekonomik olan çözümler aramaya yöneltmiştir. Bu çalışmanın amacı da orta gerilim şebekelerinde kullanılan nominal gerilimlerin hangisinin gerçekte en optimum çözüm olduğunu tespit etmektir. Bu sebepten dolayı yeni kurulmakta olan şehir şebekelerinin tasarlanmasında kaynak olabilecek bir çalışmadır.

Bu tezin hazırlamasında her türlü desteğini esirgemeyen değerli hocam sayın Prof. Dr. Nesrin Tarkan'a ve tecrübelerinden yararlandığım sayın Yük. Müh. Orhan Aydoğan'a teşekkürlerimi sunarım.

Gümüşsuyu/İstanbul, Ocak 1994

Öner CELEBİ

İÇİNDEKİLER

BÜZET	vi
SUMMARY	vii
BÖLÜM 1.GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ İLETİMİ ve DAĞITIMI	3
BÖLÜM 3.ORTA GERİLİM ŞEBEKELERİNİN TANITIMI	6
3.1.Dalbudak Şebekeler	6
3.2.Ring Şebekeler	6
3.3.Gözlü Şebekeler	7
3.4.Enterkonnekte sistem	8
BÖLÜM 4.ORTA GERİLİM SALT MERKEZLERİ	9
4.1.Dağıtım Merkezleri	9
4.2.Transformatör Merkezleri	9
BÖLÜM 5.ORTA GERİLİM YERALTI KABLOLARI	11
5.1.Orta Gerilimde Kablo Seçimi	11
5.2.Orta Gerilim Kablolarının Döşenmesi	12
BÖLÜM 6.ORTA GERİLİM CİHAZLARI	13
6.1.Ayırıcılar	13
6.1.1.Adi Ayırıcılar	13
6.1.2.Topraklamalı Ayırıcılar	15
6.1.3.Sigortalı Ayırıcılar	15
6.1.4.Yük Ayırıcıları	16
6.2.Orta Gerilim Güç Kesicileri	17
6.2.1.Yağlı Kesiciler	17
6.2.2.Az Yağlı Kesiciler	19
6.2.3.Gazlı Kesiciler	21
6.2.4.Vakum Kesicileri	22
6.3.ölçü Transformatörleri	24
6.3.1.Akım Transformatörleri	24
6.3.2.Gerilim Transformatörleri	25
6.3.3.İç İhtiyaç Transformatörleri	27

6.4.Güç Transformatörleri	27
6.4.1.Transformatörlerin Yapısı	28
6.4.2.Transformatörlerin Bağlama Şekilleri ..	29
6.4.3.Transformatörlerin Paralel Çalışmaları	30
6.5.Parafudrlar	31
6.5.1.Parafudrların Seçimi	33
6.6.İzolatörler	34
6.7.Orta Gerilim Sigortaları	35
BÖLÜM 7.0.G.ŞEBEKELERİNİN KORUNMASI ve RÖLELER	37
7.1.Hat ve Şebeke Korumaları	37
7.1.1.Aşırı akım-zaman koruması	37
7.1.2.Mesafe Koruma	40
7.1.3.Toprak Teması Koruması	43
7.1.4.Tekrar Kapama	44
7.2.Transformatör Korumaları	45
7.2.1.Aşırı Akım Koruması	45
7.2.2.Tank Koruma	46
7.2.3.Buchholz Rölesi	46
7.2.4.Diferansiyel Koruma	48
BÖLÜM 8.ORTA GERİLİM ŞEBEKELERİNİN TOPRAKLANMASI	50
8.1.Topraklama	50
8.2.Toprağın Öz Direnci	51
8.3.Topraklayıcılar	51
8.4.Topraklayıcı Çeşitleri	52
8.4.1.Şerit Topraklayıcılar	52
8.4.2.Çubuk Topraklayıcılar	53
8.4.3.Levha Topraklayıcılar	53
8.5.Topraklama Çeşitleri	54
8.5.1.Koruma Topraklaması	54
8.5.2.İşletme Topraklaması	56
BÖLÜM 9.MALİYET FONKSİYONUNUN BULUNMASI	57
9.1.Mevcut Sistemin Maliyeti	57
9.1.1.10 kV Transformatör Merkezleri	
Maliyeti	57
9.1.2.10 kV Yeraltı Kabloları Maliyeti	58

9.1.3.34,5 kV Transformatör Merkezleri	
Maliyeti	58
9.1.4.34,5 kV Yeraltı Kabloları Maliyeti	60
9.1.5.34,5kV İndirici ve Salt Merkezleri	
Maliyeti	60
9.1.6.Projelendirme Maliyeti	61
9.1.7.Mevcut Sistemin Toplam Maliyeti	62
9.2.6,3 kV'a Göre Tasarlanmış Sistemin	
Maliyeti	63
9.2.1.6,3 kV Transformatör Merkezleri	
Maliyeti	63
9.2.2.5,8/10 kV Yeraltı Kabloları Maliyeti	64
9.2.3.34,5/6,3 kV İndirici ve Salt	
Merkezleri Maliyeti	64
9.2.4.Projelendirme Maliyeti	65
9.2.5.6,3 kV Tesisin Toplam Maliyeti	66
9.3.15 kV'a Göre Tasarlanmış Sistemin Maliyeti	67
9.3.1.15 kV Transformatör Merkezleri	
Maliyeti	67
9.3.2.8,7/15 kV Yeraltı Kabloları Maliyeti	68
9.3.3.34,5/15 kV İndirici ve Salt	
Merkezleri Maliyeti	68
9.3.4.Projelendirme Maliyeti	69
9.3.5.15 kV Tesisin Toplam Maliyeti	70
9.4.34,5 kV'a Göre Tasarlanmış Sistemin	
Maliyeti	71
9.4.1.34,5 kV Transformatör Merkezleri	
Maliyeti	71
9.4.2.34,5 kV Yeraltı Kabloları Maliyeti	72
9.4.3.34,5 kV Salt Merkezleri Maliyeti	72
9.4.4.Projelendirme Maliyeti	73
9.4.5.34,5 kV Tesisin Toplam Maliyeti	73
BÖLÜM 10.ORTA GERİLİM ŞEBEKELERİNDE GERİLİM	
OPTİMİZASYONU	74
10.1.Optimizasyon	74
10.2.O.G. Yeraltı Kablolarının Optimizasyonu	75
10.3.Transformatör Postalarının Optimizasyonu	79
10.4.Toplam Şebekenin Optimizasyonu	80
10.5.Gerilim-Maliyet Grafiği	81
SONUÇLAR ve ÖNERİLER	83
KAYNAKLAR	85
EKLER	86
ÖZGEÇMİŞ	90

ÖZET

Bir orta gerilim şebekesi tasarlanırken, şebekenin toplam güç ihtiyacı, üretim tesislerine uzaklığı, iletim ve dağıtım gerilimi, enerji kaybı, cihazların uygunluğu, kablo hattı tesis edilecekse ideal güzergahın seçimi gibi hususların gözönüne alınması gerekir.

Dağıtım şebekeleri, salt ve indirici transformatör merkezleri, orta gerilim hatları, transformatör postaları ve nihayet alçak gerilim besleme kablolarından meydana gelir. Orta gerilim şebekelerinde kullanılan kablo ve cihazların maliyetleri ve imalat şekilleri gerilim kademelerine göre bir çok farklılıklar gösterir.

Bu çalışmada, önce seçilen pilot bölgedeki mevcut orta gerilim şebekesinin toplam maliyeti bulunmuştur. Sonra sırasıyla 6,3 kV, 15 kV ve 34,5 kV gerilimlere göre tekrar tasarlanıp bu gerilim kademelerindeki şebeke maliyetleri hesap edilmiştir. Bu maliyetler kıyaslanarak bir gerilim maliyet grafiği çizilmiştir. Elde edilen maliyet değerlerinden gerilim yükseldikçe cihaz maliyetlerinin arttığı, bunun yanında kablo kesitlerinin dolayısıyla maliyetinin azaldığı görülmüştür. Cihaz maliyetlerindeki artmalar, kablo maliyetlerindeki azalmalardan daha az olduğundan seçilen pilot bölge için 34,5 kV gerilim kademesi optimum gerilim olarak hesap edilmiştir.

SUMMARY

MEDIUM VOLTAGE NETWORK OPTIMIZATION

In design, building and maintenance of any physical system engineers have to take under consideration many technological and managerial factors and have to make decision at several stages. The main objective of considering of all these factors and making decisions is either to minimize the effort or cost required or to maximize the profit in constructing a system which is physical. Since the effort and cost required or the benefit desired in constructing a system or in implementing an objective can be expressed as a function of certain variables, the optimization technique can be defined as the process of finding the parameters or control signals which minimize or maximize a function. In a more general sense the optimization is the process of obtaining the most appropriate solution in building a physical system or implementing a control operation. There are a number of methods available for solving optimization problems. The optimization techniques can be used to solve any engineering problems. In its broadest sense, the optimization can be applied to any physical problem. Optimization problems can be classified as follows:

1. Optimization with or without constraints.
Depending upon whether the constraints exist or not in the problem, the optimization can be classified as;

- a) Optimization with equality and inequality constraints ,

- b) Optimization without constraints.

2. Optimization based on the nature of design variables,

a) **Parameter Optimization:** For this category of optimization problem is to find the values of the system parameters which make some performance measure of these parameters minimum subject to certain constraints,

b) Another type of optimization problem is to find the variations of a set of the system parameters which are the continuous function of other parameters, that minimize a performance measure subject to the prescribed constraints.

In an optimal control problem there are two types variables. These are the control and the state variables. The state variables describe the behaviour of the system when the control variables are given. Thus the control variables bring the system from a given operating point into another one. When we use this vocabulary, then for the definition of the optimization problem the following statement can easily be given.

The optimization problem is to find a set of control variables such that the objective function computed for all control stages is minimized subject to prescribed constraints put on the state and control variables. The most important factors for medium voltage networks optimization are network cost, network power, network voltage and cross section area of line.

There are many voltage steps in medium voltage networks. In cases of selection of insufficient voltage step during design stage, network power losses increase. Therefore, while voltage steps in medium voltage networks are being selected zoning and construction plan should be feasibility, more effective prediction for energy requirement in accordance with improving in future, should be done and medium voltage networks should be installed to prevent long duration energy cut-off.

Losses in networks, which do not ensure energy requirement will increase and energy cut-off will be in long duration.

Constraints should be specified during optimization in medium voltage network. These can be voltage step, power cross section area of the lines, installed in system. Furthermore, constant outgoings for networks can come to the fore and be considerable as a constraints especially in developed cities in medium voltage network optimization, most important constraint is the power.

Since power requirement of network and increasing in future can be guessed with little approximation, power is usually selected as a constant and voltage steps and cross section area of lines, used in medium voltage networks are optimized.

Obtained results in this study to design medium voltage networks are as follows;

1. In regions, where power density is more. Power distribution should be done with upper medium voltage step. Being more of count of lower transformer station is the most optimal solution.
2. According to result of network design, doing for various voltage steps, voltage of 34,5 kV is determined as optimal. Voltage steps in value of 6,3 kV, 10 kV and 15 kV, used in our country, are not economic in regions where power density and especially transmission distance are more. Even per unit prices of cables and transformer station devices are cheaper than be in upper voltage step, the transmitted power is less.
3. When voltage value is rised, constant costs also increase. At that case, outgoings are to be more since transformer station is found on big area.

Since medium voltage steps, which are higher than 34,5 kV, are not used, the devices for these voltage steps are not produced. Price of devices for these voltages steps is not included in Turkish Electricity Authority's price list.

If schalt devices are produced for voltage steps, being higher than now, in our country, medium voltage networks can be installed that is more optimal.

The economics of electric power transmission revolve around three topics:

1) The actual cost of transmitting unit energy over distance.

2) The relative transmission cost as it varies from one type of line to another and particularly of underground lines with respect to overhead lines.

3) The energy loss per unit energy conveyed over unit distance. These three aspects will be discussed for all types of cable and the treatment of the oil-paper insulated self-contained cable serves as the model for this discussion.

To arrive at the actual cost of power transmission, it is necessary to have up to date information on three major cost components, which are:

a) The installed cost of transmission lines per unit length,

b) The cost of the fixed energy losses (dielectric, pumping, etc.), which accrue all the time regardless of

the amount of energy that the line is carrying.

c) The cost of the joule losses, which are proportional to the square of current or power flow.

Another important economic parameter is the "annual capital charge." This refers to depreciation, interest that would have been earned or saved had the capital not been built, and the annual maintenance cost, which for transmission lines is quite low.

The annual capital charge as a fraction of the installed cost of transmission lines used throughout reference is 15 percent. Depreciation rates do not vary with inflation and interest charges have remained relatively constant.

Relatively few self-contained oil-paper insulated cables have been installed in the United States. Their costs were not compiled in the ADL-report. Yet these cables are widely used in Europe and particularly in Great Britain. A graph comparing the installed cost of self-contained with pipe-type oil-paper insulated cables was published in 1967.

The British cost actually applies to 1965 and it is seen to be only about half that of U.S. pipe-type cable installations at corresponding voltage and power levels. In the discussion of it was argued that part of the differential might be explained by the higher wages that prevailed in the United States.

Most experts seem to agree that self-contained cables are more economical than pipe-type cables. But since no hard figures are available for U.S. installations it will be assumed that the installed cost of the self-contained cable in the United States is the same as that of the pipe-type cable for equal voltages and conductors.

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Elektrik şebekelerinde kullanılan nominal gerilimlerin çeşitliliği, bu gerilim kademelerinin hangisinin en optimum çözüm olduğunun araştırılması hususunu ön plana çıkarmıştır.

Bu çalışma, gerek yük yoğunluğunun fazlalığı ve gerekse gerilim kademelerinin çeşitliliği sebebiyle İstanbul ili, Bayrampaşa ilçesi elektrik şebekesi esas alınarak yapılmıştır.

Araştırmanın esas konusu, seçilen pilot bölgede en optimum gerilim kademesinin bulunması problemidir. Bu çalışmada önce Türkiye Elektrik Kurumu'ndan şebeke ile ilgili proje ve dökümanlar alınmıştır. Bu bilgiler ışığında 34.5 ve 10 kV gerilim kademelerini içeren mevcut şebekenin toplam maliyeti bulunmuştur. Kıyaslamanın yapılabilmesi için sistem, tamamı 6.3 kV, 15 kV ve 34.5 kV olacak şekilde ayrı ayrı tasarlanmış ve toplam maliyetleri hesap edilmiştir. Bu değerlerden yararlanılarak bir gerilim-maliyet grafiği elde edilmiştir.

Orta gerilim şebekelerinde kullanılan cihaz ve kabloların yanı sıra bunların tesis şekilleri de ayrıntılı olarak ele alınmış olup, daha önemlisi bu elemanların maliyetlerinin gerilim kademelerine göre nasıl değişiklikler gösterdiği de çalışmada yer almıştır.



BÖLÜM 2

ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ İLETİMİ ve DAĞITIMI

Elektrik enerjisi, çeşitli tiplerde güç santrallerinde üretildikten sonra, istenen mesafedeki tüketicilere ulaşınca kadar sırasıyla yükseltici transformatör, enerji nakil hattı, indirici transformatör ve nihayet dağıtım kablolarından geçer.

Elektrik enerjisinin üretilen yerden tüketilen yere kadar bütün bu tesislerin yapılması, buralarda kullanılan malzemelerin karakteristik özelliklerinin incelenmesi ve tespiti, bunlarda baş gösteren arızalarla bu arızalara karşı koruma tertipleri ve bundan başka kumanda, ayar ve ölçü tesisleri gibi her nevi yardımcı tertiplerin birlikte işletilmesi elektrik şebekesini ve işletmesini meydana getirir.

Elektrik enerjisinin üretilmesinde başlıca üç kaynak önemli yer tutmaktadır. Bunlar termik, hidrolik ve nükleer kaynaklardır.

Termik kaynaklar, ısı enerjisi oluşturan katı, sıvı ve gaz şeklindeki yakıtlardır. Kömür, petrol ve doğal gaz bu kaynakların en önemlileridir.

Hidrolik kaynaklar, barajlar sayesinde depolanmış suyun oluşturduğu potansiyel enerjinin kinetik enerjiye dönüştürülmesiyle elde edilen enerji kaynaklarıdır.

Nükleer kaynaklar, radyoaktif elementlere ait atomların parçalanması suretiyle oluşan enerji kaynaklarıdır. Bu kaynaklar termik kaynak olarak da değerlendirilebilirler.

Bütün bu kaynakların yanı sıra elektrik enerjisi, rüzgar, güneş, jeotermal ve gel-git olayının meydana getirdiği enerjiden de faydalanılarak elde edilebilir.

Elektrik enerjisinin üretildiği santraller çoğu zaman tüketim bölgelerinden uzakta kurulur. Bu bakımdan elektrik enerjisinin üretildiği yerlerden tüketim bölgelerine taşınması gerekmektedir. Günlük hayatta artık yoğun olarak kullanılmaya başlanan elektrik enerjisinin iletim ve dağıtımının ekonomik olarak yapılabilmesi en önemli meselelerden birisi olmuştur.

Yakın bir geçmişe kadar üretim tesisleri tüketicilere yakın olarak kurulur ve besleme alçak gerilimden yapılırdı. Bu şekilde beslemenin zaiyatlarının çok olması ve zamanla elektrik tüketiminin hızla artması, üretim tesislerinden iletimin orta gerilimle ve nihayet günümüzde yüksek, hatta çok yüksek gerilimle yapılmasını zorunlu hale getirmiştir.

Yüksek veya çok yüksek gerilim şebekeleri, büyük şehir veya bölgelerin beslenmesinde, elektrik santralından başlayan hatlar olarak değerlendirilebilir. Orta gerilim şebekeleri daha çok küçük şehirler, endüstri bölgeleri ve benzeri yerlere enerji taşınması veya büyük şehirlerde dağıtım transformatörlerine enerji taşınması için düzenlenir. Orta gerilim şebekeleri, yüksek ve çok yüksek gerilim şebekeleri ile alçak gerilim şebekeleri arasında bir köprü görevi yaparlar. Alçak gerilim şebekeleri ise dağıtım transformatörlerinden abonelere ulaşan hatlar olarak tanımlanabilir.

Santrallarda elektrik enerjisi üretmek için kullanılan generatörlerin gerilimleri çok yüksek değildir. Generatör çıkışı olarak 10 kV, 14.4 kV, ve 15.8 kV gibi gerilimler kullanılmaktadır. Bu gerilimler vasıtasıyla 20-30 km'den öteye ekonomik bir şekilde enerji iletimi yapılamaz. Bu nedenle daha uzaklara enerji taşımak için, üretilen gerilim yükseltici transformatörler yardımı ile yüksek gerilime çıkartılır ve enerji yüksek gerilimlerle iletilir. Böylece hatlarda ısı şeklinde kaybolan enerji azaltıldığı için iletim verimi yükselmiş olur.

BÖLÜM 3

ORTA GERİLİM ŞEBEKELERİNİN TANITIMI

3.1. Dalbudak Şebekeler

Bu şebekeler açık şebeke şeklindedir. Besleme çoğu zaman tek kaynaktır ve daha çok küçük yerleşim birimlerinde uygulanırlar. Dalbudak şebekeler genellikle hava hattı şeklinde tesis edilirler.

Kuruluşunun, işletmesinin ve bakımının kolay olması; arızalarının daha çabuk giderilebilmesi, iletken kesitlerinin transformatörden uzaklaştıkça küçülmesi ve kısa devre gücünün küçük olması dalbudak şebekelerin üstünlükleri olarak sıralanabilir. Bunların yanında işletme emniyetinin az olması, hat veriminin düşüklüğü, transformatörden uzaklaştıkça gerilimin düşmesi ve herhangi bir arızada abonelerin enerjisiz kalması dalbudak şebekelerin sakıncaları olarak sıralanabilir [1].

3.2. Ring Şebekeler

Bu şebekeler kapalı şebeke türündedir. Halka, bukle gibi isimlerle de anılırlar. Ring şebekelerde

besleme bir kaynaktan yapıldığı gibi birkaç kaynaktan da yapılabilir. Arıza hallerinde arızalı hat sistemden ayrılıp iki ana kollu dalbudak şebeke haline getirilebilir. Bu basit çalışma ile kısa sürede tüm abonelere enerji sağlama imkanı olabilir. Besleme kaynağının birden fazla olması beslemenin sürekli olmasını sağlar. Bu tür şebekelerde halkanın her yerinde iletken kesiti aynıdır. Daha çok şehirlerde, endüstri işletmelerinde ve uzun süreli enerji kesilmelerine tahammülü olmayan tesislerde uygulanır. Ring şebeke en basit bir gözlü şebeke gibi düşünülebilir. Bu şebekelerde arıza noktasına daha çabuk ulaşabilmek ve enerjinin sürekliliğini sağlamak için çok iyi selektif korumaya haiz olması gerekir [1].

3.3. Gözlü Şebekeler

Gözlü şebekeler de, ring şebekelerde olduğu gibi bir ya da daha fazla kaynaktan beslenebilirler. Baralar en az iki koldan enerji alacak şekilde tesis edilmiş olup abonelerin enerjisiz kalması hemen hemen söz konusu değildir. Arıza yapan kol sistemden ayrılır ve diğer kollardan beslenmeye devam eder. Bu tür şebekelerin tesisi, işletmesi ve bakımı çok zordur. Kısa devre akımının etkileri de daha büyük olur. Bununla birlikte gerilim düşümü azdır. Büyük güçlü alıcılar bağlanabilir ve besleme transformatörlerinin yedek kapasiteleri küçük tutulabilir [1].

3.4. Enterkonnekte Sistem

Bir bölgenin ya da bir ülkenin elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamak üzere, o yerin bütün elektrik santralleri, transformatör merkezleri ve aboneleri arasında kurulmuş olan şebekedir. Bu sistemde büyük küçük santral farkı gözetilmez. Tüketim merkezleri, çok büyük arızalar dışında bu sistemden kesintisiz enerji alabilirler.

Üstünlükleri; sistemin verimi yüksek, yedek generatör gücü düşüktür. Yakıttan ekonomi sağlar. Santraller uygun yerlerde kurulacağı için kuruluş ve işletme masrafları azdır [1].

Sakıncaları; sistemin kısa devre akımı çok yüksek olduğundan, iyi hesap yapılmazsa abonelerin büyük bölümü enerjisiz kalır. Sistemin kararlılığının sağlanması da çok zordur. Gerilim düşümü ve güç kaybı iyi hesap edilmezse verim düşer [2].

BÖLÜM 4

ORTA GERİLİM ŞALT MERKEZLERİ

4.1. Dağıtım Merkezleri

Orta gerilim dağıtım merkezleri genellikle dahili tip olarak tesis edilirler. Başlıca dört tipik hücreden oluşurlar. Bunlar giriş, çıkış, kuplaj ve ölçü hücreleridir.

Şalt merkezlerinde genellikle arızalara karşı yedek bara bulundurulur. Bununla birlikte, şebekeyi bölerek kısa devre akımlarını azaltmak, besleme kaynakları arasında istenen şekilde yük bölümü sağlamak, az önemli tüketicileri ayrı bir barada toplayarak gerektiği zaman yük atmayı kolaylaştırmak gibi amaçlarla çift bara sistemi kullanılmaktadır.

4.2. Transformatör Merkezleri

Şalt merkezlerinin transformatör bulunan özel bir şeklidir. Orta gerilimi orta gerilime çeviren ve orta gerilimi alçak gerilime çeviren olmak üzere iki türü vardır. Orta gerilimi orta gerilime çeviren tiplerde

genel olarak 34,5/15 kV, 34,5/10 kV gerilim kademeleri kullanılmaktadır.

Transformatör merkezlerinde de salt merkezlerinde olduğu gibi dört tipik hücre bulunmaktadır. Amaca göre değişik bara sistemleri kullanılır.

Orta gerilimi alçak gerilime çeviren transformatör merkezleri direk, sac köşk veya kagir tipte olabilirler. Kagir tipi merkezler orta gerilim şebekesinin durumuna göre hava hattı girişli (kule tipi) ya da kablo girişli (normal tip) olabilirler.

BÖLÜM 5

ORTA GERİLİM YERALTI KABLOLARI

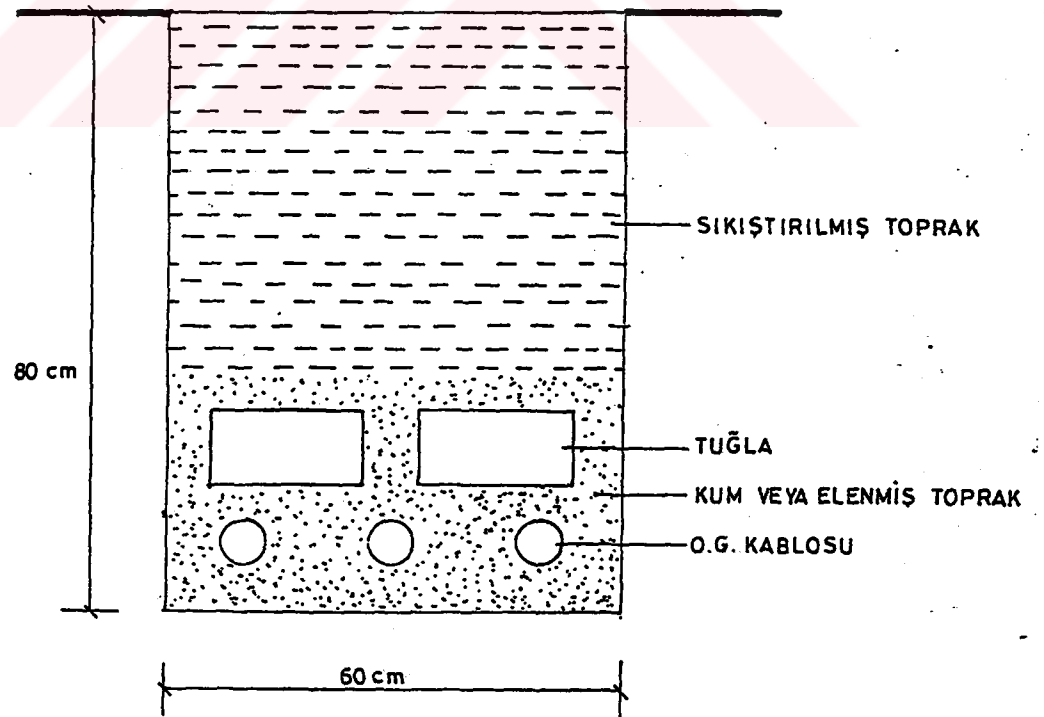
5.1. Orta Gerilimde Kablo Seçimi

Orta gerilim yeraltı kabloları kagıt ve termoplastik yalıtkanlı olmak üzere iki çeşittir. Günümüzde kagıt yalıtkanlı kablolar ekonomik olmaması ve işletme zorlukları yüzünden yerini termoplastik yalıtkanlı kablolarla bırakmıştır. Termoplastik yalıtkanlı kabloların başlık ve ek muflarını yapılması daha kolay ve daha emniyetli olduğundan işletmede önemli problemlere neden olmazlar.

Orta gerilimde kablo tipinin seçimi, kablonun döşeneceği ortama ve şebekenin teknik özelliklerine göre yapılır. Kablolar yeraltına, tuzlu suya, kablo tavaasına ve mekanik darbelere maruz ortamlara döşeneceğine göre seçilirler. Orta gerilim kablolarının belli ortamlarda dayanabilecekleri kısa devre akımları, nominal akım taşıma kapasiteleri, nominal gerilimleri ve nominal kesitleri imalatçı firmalar tarafından verilir [3].

5.2. Orta Gerilim Kablolarının Döşenmesi

Kablo kanalları yaklaşık 60 cm genişliğinde ve 80 cm derinliğinde olmak üzere açılır. Kanalin tabanına elenmiş toprak veya kum serilir. Kablo döşendikten sonra üzerine 10 cm kadar tekrar elenmiş toprak veya kum atılır. Kazı esnasında kabloyu darbelerden korumak ve o mahalde kablo bulunduğunu belli etmek amacıyla ikinci kat elenmiş toprak veya kumun üzerine aralık kalmayacak şekilde tuğla kapatılır. Kablo kanalına birden fazla kablo döşenmesi halinde, kablolar arasına dik olarak ara tuğlaları konur. Böylece herhangi bir kabloda meydana gelecek arızada vuku bulacak ısı ya da alevden diğer kabloların etkilenmesi önlenmiş olur. Kablolar, yol atlamaları dışında yolların kenarına, kaldırımlara döşenir.



Şekil 5.1 Kablo Kanalı Prensip Şeması

BÖLÜM 6

ORTA GERİLİM CİHAZLARI

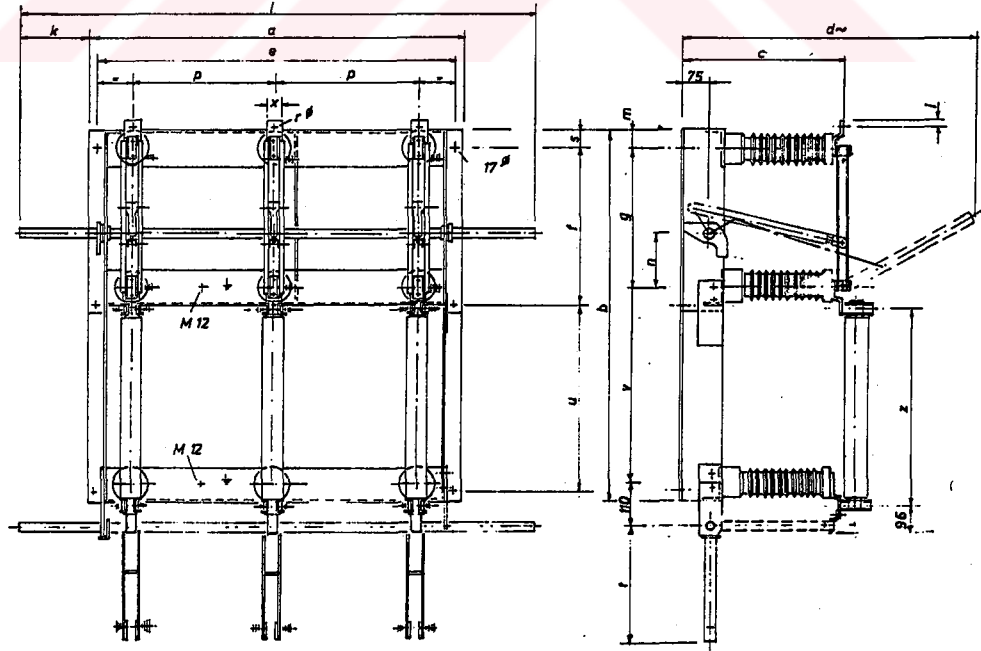
6.1. Ayırıcılar

Sistemden yük kalkmasıyla gerilimi kesmeye yarayan cihazlardır. Hatta çalışma yaparken emniyeti sağlamak için donatılırlar.

6.1.1. Adi Ayırıcılar

Ayırıcılar, yüksüz olarak devrelerin açılması ve kapatılmasında kullanılırlar. Ayırıcılarda ark söndürme tertibatı yoktur; sadece kesici tarafından açılmış devrede gözle görülür bir ayırma yapmak ve baralar arasında kuplajı gerçekleştirmek amacıyla tesis edilirler. Genellikle kesiciden önce kullanılırlar. Akım geçen bir orta gerilim devresinde, yanlışlıkla kesiciden önce ayırıcının açılması, yani devrenin akımının ayırıcı vasıtasıyla kesilmesi, çok önemli ve tehlikeli bir manevra hatasıdır. Bu nedenle meydana gelen ark, arkın neden olacağı patlama, eriyen ve buharlaşan metal kısımların etrafa saçılarak yoğunlaşması tesisatta hasar ve hatta manevra yakından yapılıyorsa; manevrayı yapan kimse için hayati tehlike

meydana getirebilir. Bu gibi yanılmalara engel olabilmek için çoğunlukla kesiciler ve ayırıcılar mekanik, elektrik veya pnömatik bir düzenle birbirlerine nazaran kilitlenirler. Böylece ancak kesici açıldıktan sonra ayırıcıya açma veya kapama kumandası iletilebilir. Her ne kadar yüksüz devre açmaları için yapılmış olsalar da, bazı küçük yüklerin açılmasında kullanılabilirler [3], [4].



Şekil 6.1 Sigortalı Topraklı Ayırıcı

Ayırıcılar dahili ve harici olmak üzere iki tipte üretilmektedir.

6.1.2. Topraklamalı Ayırıcılar

Kablo veya hava hatlarının bağlı olduğu ayırıcılarda hattın gerilim altından çıkarılmasından sonra, hat üzerinde kalan kapasitif yükün toprağa akıtılması için ayırıcının yanısıra bir de toprak ayırıcısı ilave edilir. Çoğu zaman esas ayırıcı ile toprak ayırıcısı arasında mekanik bir kilitleme tertibatı bulunur. Bu sayede esas ayırıcı açılmadan topraklama ayırıcısı kapatılamaz. Bununla birlikte, topraklama ayırıcısı kapatılmadan önce, topraklanacak hattın gerilim altında olmadığından, yani diğer uçtan da beslenebiliyorsa, o uçtan da gerilimden ayrılmış olmasından emin olunmalıdır [3].

6.1.3. Sigortalı Ayırıcılar

Bunlar iki şekilde olabilirler. Birincisinde normal ayırıcıdaki bıçakların yerini sigorta taşıyıcıları alır. Bunlara sigortalar takılabilir. Böylece sigortalar ve ayırıcı bir cihaz halinde birleştirilmiş olur. İkinci yapıda ise normal bir ayırıcının alt veya üst tarafına ayrıca sigorta takmaya ve taşımaya yarayan kontak ve ayaklar ilave edilir. Sigortalar bu bölüme takılırlar. Böylece ayırıcı ve sigortalar aynı bir şasi üzerine ve birbirini ardına yerleştirilmiş olur. Gerektiğinde cihazın

hattın bağlanacağı tarafına bir topraklama ayırıcısı da ilave edilebilir.

6.1.4. Yük Ayırıcıları

Orta gerilim tesislerinde güçler ve işletme akımları nispeten küçükse her giriş veya çıkışa kesici ve buna ait ayırıcıların konması tesisatı pahalılaştırır. Bu durumda sigortalı veya sigortasız olarak yük veya güç ayırıcıları kullanılır. Bunlarda sabit kontak elemanları küçük birer ark söndürme hücresi şeklinde düzenlenmiştir. Bunlarla hatların veya transformatörlerin normal işletme akımları açılıp kapatılabilirler. Fakat kısa devre akımları açılmaz. Kısa devre akımlarını açmak için bunlara seri olarak bağlanan yüksek gerilimli ve yüksek güçlü sigortalardan yararlanılır. Bu durumda kısa devre olduğunda, kısa devre olan faz veya fazlara ait sigortalar yanarak kısa devre akımını keserler. Sigortalardan herhangi biri yandığında sigortadan fırlayan bir vurma butonu, yük ayırıcısının kapama esnasında kurulan mekanik açma düzenine etki ederek yük ayırıcısının üç kutuplu olarak açılmasını sağlar. Böylece kısa devre akımı sigorta tarafından kesilmiş olduğundan, yük ayırıcısı sadece sağlam kalan fazlar üzerindeki normal işletme akımını açmış olur. Yük ayırıcılarında, açmadan önce ana kontaklar açılır, bu kontaklara paralel olan ve söndürme hücresi içerisinde yer alan çubuk kontaklar akımı kısa bir an için üzerine

alirlar. Açma esnasında arkın söndürölmesi bu çubuk şeklindeki yardımcı kontakların yer aldığı söndürme hücreleri içerisinde olur. Ark söndürme hücreleri dahili tiplerde genellikle kuru sistem, harici tiplerde ise yağlı olurlar. Açma güçleri tipe bağlı olarak 5-30 MVA arasında değişmektedir.

6.2. Orta Gerilim Güç Kesicileri

Yüksek gerilimli ve büyük akımlı şebekelerde devre açma işlemleri adi şalterlerle yapılamaz. Akımın kesilmesi sırasında oluşan ark kontaklara zarar vererek onların kısa zamanda kullanılamaz duruma gelmesine neden olur. Gerilim ne kadar yüksek veya akım ne kadar büyükse ark da o kadar fazla oluşur. Bu şekildeki devrelerde akımın kesilmesi özel şekilde yapılmış devre kesiciler yardımıyla yapılır. Kesicilerin devre açmaları sırasında oluşacak arkın kontaklarına zarar vermemesi için ark söndürme sistemleri geliştirilmiştir. Böylece kontakların ömrü uzatılmış olmaktadır [3].

Kesicilere ark söndürme işlemlerinin gerçekleşmesi için çeşitli üniteler eklenebilir. Buna göre kesiciler:

6.2.1. Yağlı Kesiciler

Yağlı kesiciler az yağlı, vakumlu ve gazlı kesicilerin geliştirilmesi ile artık kullanılmamaktadır.

Bina içerisinde orta gerilim ve orta güçlerde, küçük dağıtım merkezlerinde rastlanmaktadır.

Hücreli ve hücresiz olmak üzere iki tipte yapılırlar. Kontakları; silindirik kontak, lale kontak ve söndürme hücreli kontak biçiminde olur.

Hücresiz tipte, kontaklar ve diğer aksam bir yağ tankı içinde bulunur. Yağ gerek izolasyonu ve gerekse açma sırasında hasıl olan arkı söndürmeye yarar. Açma esnasında meydana gelen ark, bir gaz kabarcığı halinde tank içerisinde yükselerek tankın üst kısmında bulunan bir hava kaçış deliğinden dışarı çıkar. Bu sırada kazan içerisinde bir basınç oluşur. Kesicinin imali sırasında bu husus düşünölmelidir.

Yağın yanma veya basınç altında patlama tehlikesi ve çok miktarda yağa ihtiyaç göstermesi bu kesicilerin önemini azaltmıştır.

Ark söndürölmesini kolaylaştırmak için hücreli tipteki yağlı kesiciler yapılmıştır. Bunlarda tankın içerisinde ayrıca yine içinde yağ bulunan ve kontakların olduğu birkaç bölümden meydana gelmiş bir hücre vardır. Burada açma sırasında kontakların ayrılmasıyla hasıl olan yüksek basınçlı gaz hücre içerisinde meydana geldiğinden arkın soğuması ve sönmesi daha kolaylaşmış olur. Aynı zamanda daha az yağ kullanılır.

6.2.2. Az Yağlı Kesiciler

Bunlarda hareketli kontakın sabit kontakta ayrılmasından sonra akım önce metal buharının meydana getirdiği köprüden geçer. Oluşan yüksek sıcaklık çevredeki yağın ayrışmasına neden olur. Bu gazlara kontaklardan ayrılan metal iyonları da karışmıştır. Akım, gaz kitlesinin merkezindeki, sıcaklığı 10000 K olan ark üzerinden geçer. Ark, yüksek ısıdan dolayı iyonize olmuş hidrojen atomlarından meydana gelen ve yaklaşık eşit sayıda iyon ve elektronlardan oluşan iletken bir plazmadır.

Alternatif akımda akım sıfırdan geçerken, akım tarafından arkta oluşturulan ısı gücü de sıfır olur. En iyi söndürme mesafesine ulaşınca kadar basınç artar, deşarj yolu hareketli kontak çubuğu tarafından açıldığında o ana kadar depolanan basınç, plazmanın yoğun bir şekilde üflenmesini ve akmasını sağlar. Ancak akımın sıfırdan geçme zamanı çok kısadır. Bu kısa zaman içerisinde arkın geçirgenliğini yeteri kadar düşürecek ark enerjisi dışarıya iletilmezse, akım aksi yönde tekrar yükselerek ark plazmasının yeniden ısınmasına neden olur. Arkın yeniden ateşlenmemesi için, artık iletken olmayan fakat sıcaklığını koruyan gazların delinme gerilimini yükseltmek gerekir. Ayırma aralığının delinme gerilimi burada bulunan gazın yoğunluğu, dolayısıyla basıncı ile doğru, sıcaklık ile ters orantılı olarak artar. Oluşan

gaz basınç dengeleme hücrelerine giderken etrafındaki yağı iterek hacmini genişletir. Gazın bir bölümünün dışarı atılmasıyla gaz yoğunluğu azalır, delinme gerilimi yükselir ve böylece yeniden tutuşma önlenir. Bunun için gaz akımı arka dik yönde olmalıdır.

Az yağlı kesicilerde kullanılan transformatör yağı yanıcı bir maddedir. Ayrıca kesme esnasında arkın oluşturduğu sıcak gazlar yağı sıkıştırmak isterler. Yağ sıkışmadığından kesme sırasında basınç 100-150 bar'a çıkar.

Ayrıca kesme sırasında yağın bir bölümü asetilen ve hidrojen gazlarına dönüşür. Bu gazlar oksijenle birleştiklerinde patlarlar. İyi bakım yapılmayan kesicilerde veya kesici açma sırasında fonksiyonunu yerine getiremediği zaman bu tür tehlikeli patlama ve yangınlara rastlanılmaktadır.

Bir az yağlı kesicide her kesmeden sonra yağın bir miktarı karbon haline dönüşerek yalıtkanlığı olumsuz bir şekilde etkiler. Bu nedenle az yağlı kesicilerde yağ seviyeleri ve yağın özelliği sık sık kontrol edilmeli ve gerektiğinde yağ değiştirilmelidir.

Az yağlı kesicilerin şalterlemeye hazır olduklarını yağ gösterge düzeyinde anlamak mümkündür. Az yağlı kesicilerin olumsuz başka bir yanı da çok sayıda kısa

devre arızası olan fiderlerde sık bakıma ihtiyaç göstermeleridir.

Buna mukabil az yağlı kesicilerin bakımı çok basittir. En fazla 3 saat içerisinde yapılabilir. Bakımda sadece kontaklar ve ark söndürme hücresi gözden geçirilerek yağ değiştirilir. Eskimiş yağ, kazanlarda yakıt olarak kullanılabilir. Bakım için personel kolayca eğitilebildiği gibi, özel cihaz ve önlemlere de gerek yoktur [3].

6.2.3. Gazlı Kesiciler

SF₆ gazı çevre sıcaklığında renksiz, kokusuz ve molekül ağırlığı fazla olduğundan havaya nazaran daha yoğun bir gazdır. Ortama bırakılırsa havayla karışmayarak yerde ince bir tabaka halinde durur. Zehirli değildir. Dielektrik dayanımı yüksektir.

Arkın geçtiği küçük bölgede sıcaklık 10000 ila 12000 C° arasındadır. Bu sıcaklıkta SF₆ gazı ayrışarak ortama kükürt ve flor atomları, iyonları ve elektronları verir. Fakat SF₆ gazının ısıyı ortama çok çabuk dağıtma özelliğinden dolayı sıcaklık hızla düşer. Bu esnada çok elektronegatif olan flor iyonları, ortamdaki elektronları yakalayıp, akımı sınırlarlar. Aniden 2000 C'a düşen sıcaklıkta, kükürt ve flor iyonları tekrar SF₆ gazına ve eski yalıtkan haline dönüşür. Hareketli kontağın sabit

kontakdan ayrılmasıyla hücredeki memenin önünde oluşan ark plazması, etrafındaki SF₆ gazını ısıtır. Böylece sabit kontağın bulunduğu hücrede P1 basıncını meydana getirir. Plazmanın etrafındaki gazın daha çabuk ısıtılması, seri olarak bağlanmış silindir şeklindeki bir bobinle sağlanır. Bu bobinin meydana getirdiği magnetik alan ark plazmasının rotasyonunu ve daha fazla gazın ısınmasını sağlar. Bunun başka bir yararı da kontak malzemesinin eriyerek azalmasının minimuma indirilmesidir [3].

6.2.4. Vakum Kesicileri

Vakum kesicilerinde sabit kontağın hareketli kontakdan ayrılmasıyla kontaklar arasında elektrod düzeyinden çıkan metal buharı elektrodta arkin başladığı yerden 60 derecelik bir açı ile yayılan yüksek hızlı bir ışın teşkil eder.

Az yağlı ve SF₆ gazlı kesicilerde, yani gaz çevre içerisinde, ark, yoğunlaştırılmış bir plazma kolonu olarak düşünülebilir. Bu konsantre ark negatif bir karakteristik gösterdiğin ($du/di < 0$) stabil paralel arklar teşekkül edemez. Bundan dolayı bu konsantre arklar kontakların küçük bir yüzeyinde yüksek enerji yoğunluklarına neden olurlar.

Vakumdaki ark ise bunun aksine pozitif bir karakteristiğe sahiptir. Bu kesicilerde kontak yüzeyleri geniş yüzeyli levhalar şeklindedir. Kontak yüzeyleri arasında her biri takriben 100 Amperlik akımlar geçiren birçok paralel arklar teşekkül eder. Bu arklar birbirlerini ittiklerinden katodun dış yüzeyi üzerinde yaklaşık 10 m/s'lik bir hızla ileri geri hareket ederler. Arkın bu hareketi kontak yüzeylerinde çok az ve eşit dağılan bir yanmaya neden olur. Bu, vakum hücresinin uzun ömürlü olmasını sağlar. Akım sadece elektrod malzemesinden oluşan bir plazma içerisinde geçtiği için, bu tür kesicilerde kontak malzemesi çok önemlidir. Uygun malzeme kullanılmazsa arkın karakteristiği negatif ve dolayısıyla ark iktidarsız olur ki, bu da istenmeyen bir olaydır. Modern vakum kesicilerinde kontak malzemesi olarak sinterlenmiş Cr-Cu kullanılır. Bu malzeme ile kontak kaynaması önlenir ve iyi bir elektiriksel geçirgenlik sağlanır.

Kontaklar birkaç mm ayrıldığında akım sıfırdan geçerken ark kesilir. Ark enerjisinin çok az olması dolayısıyla metal buharı çok çabuk kondanse olur ve büyük bir kısmı tekrar kontak yüzeylerine döner. Böylece kontak malzemesinin azalması minimuma iner ve kontakların ömrü uzar [3].

6.3. Ölçü Transformatörleri

Transformatör postalarında ölçü aletleri ve koruma röleleri yüksek gerilim tarafına doğrudan doğruya bağlanamazlar, çünkü bunların büyük akım ve gerilimler için yapılışı hem zor hem de işletmede bakım ve kontrolleri tehlikelidir. Bu sebepten dolayı ölçülerin akım ve gerilim ölçü transformatörleri üzerinden yapılması zorunluluğu vardır.

6.3.1. Akım Transformatörleri

Akım transformatöründen istenilen en önemli özellik sekonder akım şiddetinin primer akım şiddeti ile orantılı olması ve bu orantısının ancak çevirme oranı ile belirli olmasıdır. Bundan başka, güç ve enerji ölçmelerinde hatalı sonuçlar elde etmemek için sekonder akımının faz durumunun, primer akımın faz durumuna (180° 'lik faz kayması hariç) uyması gerekmektedir.

Akım transformatörleri kısa devre durumuna çok yakın bir durumda çalışmaktadır. Yani sekonder tarafın yükü, akım sabit kaldığı durumda büyütüldüğü zaman, gerilim de artacağından mıknatıslanma akımı da zorunlu olarak büyür ki, ölçü transformatörünün hatası da artar. Bu sebepten ölçü transformatörünün sekonder yükü sınırlıdır. Bu özelliğe dikkat edilir. Yük empedans olup ohm cinsinden verilmektedir. Ölçü aletlerin yükleri ile beraber

bağlantı iletkenlerinin dirençleri de göz önüne alınmalıdır.

Akım transformatörleri, "0,1-0,2-0,3-0,5-1,0-3,0" olmak üzere çeşitli hata sınıflarına ayrılmıştır. Bu değerler hata oranını göstermektedir. Örneğin; 0.2 sınıfı söz konusu edildiğinde, bu sınıftaki akım transformatörünün ($\cos\phi = 0,8$) akım hatalarının, akım transformatörlerine bağlı yükün nominal yükün %25 ila %100'ü arasında değişmesi durumunda %0,2'den büyük olacağı anlaşılmalıdır [4].

6.3.2. Gerilim Transformatörleri

Elektrik tesislerinde yüksek gerilimleri ölçmek ya da koruma rölelerini çalıştırmak gayesi ile yüksek gerilimi daha alçak değerlere düşürmek için gerilim transformatörü kullanılır.

Gerilim transformatörleri, kısa devre olaylarında aşırı zorlamalara maruz kalmadığından, bu ölçü transformatörlerinin hesaplamasında genellikle akım transformatörlerinde olduğu gibi herhangi bir zorlukla karşılaşılmaz. Ölçülen akımların geniş sınırlar içinde değişmesine karşılık, gerilimin ortalama olarak sabit kaldığı da göz önünde tutmak gerekir.

Bu suretle gerilim transformatörleri dar bir sınır içinde doğru çalışması öngörülür. Ancak "mesafe koruma" rölelerine ait gerilim transformatörleri hariç tutulmalıdır. Çünkü bu tip röleler gerilimle ilgisi büyüktür.

Gerilim transformatörü, akım transformatörünün aksine kısa devre durumunda değil de, boşa çalışma durumunda çalışmaktadır. Ölçülen gerilim değerlerinde ölçü hatalarını azaltmak maksadı ile primer ve sekonder sargılarındaki gerilim düşümlerini küçültmek gerekir. Bunun için de sargı kesitleri büyük yapılır ve sargı kaçakları imkan dahilinde küçük olmasına dikkat edilir.

Akım transformatörlerinde olduğu gibi gerilim transformatörleri de hatalarına göre sınıflara ayrılmıştır. Gerilim transformatörleri bir fazlı ve üç fazlı olmak üzere şebekede kullanılırlar.

Bir fazlı gerilim transformatörlerinde iki kutbun yalıtılması durumunda, şebekenin iki fazına bağlanacağından genellikle üç fazlı bir şebekede güç ölçülmesinde iki gerilim transformatörü "V" montajı yapılarak kullanılır.

Şayet bir kutbu yalıtılmış ise bir fazlı gerilim transformatörleri faz-nötr arasına bağlanmakta olup üç fazlı bir şebekede güç ölçülmesi durumunda yıldız bağlı

üç adet bir fazlı gerilim transformatörü gerekmektedir [4].

6.3.3. İç İhtiyaç Transformatörleri

İç ihtiyaç transformatörleri, gerilim transformatörlerinin özel bir hali olarak tanımlanabilir. Özellikle transformatörsüz dağıtım merkezlerinde iç aydınlatmayı sağlamak ve koruma rölelerini besleyen akümülatörleri sarj etmek amacıyla kullanılırlar.

İç ihtiyaç transformatörleri kullanma amaçlarına göre çeşitli gerilim ve güçlerde üretilirler.

6.4. Güç Transformatörleri

Yüksek gerilim devrelerinde gerilim değişiklikleri güç transformatörleriyle yapılır. Güç transformatörleri 40 kVA'dan başlayarak 1000 MVA'ya kadar çok değişik güçlerde ve gerilimlerde yapılır.

Güç transformatörleri; üç fazlı iki sargılı normal transformatör, oto transformatörü ve üç sargılı olarak yapılabilirler. Primer ve sekonder uçlarının bağlantı şekilleri şebekenin ve kullanılma yerlerinin özelliklerine uygun bağlantı gruplarıdır. Büyük güçlerde müstakil olarak şebekede besleme yapabilecek şekilde bağlanırlar. Küçük güçte ve özellikle dağıtım

şebekelerinde birçok transformatörler paralel olarak bağlanırlar [5].

6.4.1. Transformatörlerin Yapısı

Transformatörler; çekirdek, sargı, izolasyon malzemeleri, kazan ve gerilim buşingleri gibi ana kısımlardan meydana gelmişlerdir.

Kristalleri yönlendirilmiş, özel izolasyonlu transformatör saçlarından müteşekkil üç bacaklı çekirdek bir düzlem üzerindedir. Transformatörlerin aktif kısmı kapakla sabit irtibatlandırılmış olup, kapak civatalarının sökülmesinden sonra yağ kazanından çıkarılabilir.

Bobinler yuvarlak veya dikdörtgen kesitli tellerden sarılmıştır. Bobinlerdeki aksiyal ve radyal kanallar kayıp ısılarını düzgün olarak dağıtır ve böylece ısı birikimleri meydana gelmez.

İzolasyon malzemesi olarak yüksek evsafı sert kağıt, kablo kağıdı ve prespan kullanılır. Her türlü rutubet, imalat esnasında, vakum altında itinalı olarak kurutmak suretiyle, izolasyon malzemesinden uzaklaştırılır.

Transformatörler 1600 kVA'e kadar dalgalı sac kazanlarla, bunun üstündeki güçlerde vakuma dayanan düz sacdan yapılmış kazana kaynak ve flanşla irtibatlı radyatörlerle teçhiz edilirler. Kazanların dip kısmında soğutma ve izolasyon yağını boşaltmak için bir tertibat mevcuttur.

Buşingler normlandırılmış olup gerilim serisi 10'dan itibaren yağ ile doldurulmuştur. Gereği kadar yükseğe yerleştirilmiş yağ genleşme kabı sayesinde, buşinglerin daima yağ ile dolu olması temin edilir [5].

6.4.2. Transformatörlerin Bağlama Şekilleri

Bilindiği gibi bir transformatörde primer ve sekonder sargılar vardır. Genellikle primer sargı üst gerilime, sekonder sargı ise alt gerilime ait bulunmaktadır. Gerilimin indirilmesi veya yükseltilmesi durumlarında transformatöre "indirici" veya "yükseltici" adı verilmektedir. Üç fazlı transformatörün sargıları; açık, üçgen, yıldız ve zikzak bağlama şeklinde tertiplenirler.

Şebekelerde en çok kullanılan bağlama grupları "Yy0, Dy5, Yd5, Yz5" olarak sıralanabilir. Bunlardan "Yy0" bağlama grubu transformatörler küçük güçlü olup nötr iletkeni az yüklenebilen dağıtım transformatörleridir.

Yz5 bağlama grubu transformatörler küçük güçlü dağıtım transformatörleri olarak kullanılan ve sekonderindeki nötr iletkeni tam yüklenebilen tiplerdir.

Büyük dağıtım transformatörleri, "Dy5" bağlama grubu transformatörlerden seçilmektedir. Bu transformatörlerin sekonderindeki nötr iletkeni az yüklenebilir.

Yd5 bağlama grubu transformatörler, daha çok büyük güçlü santral ve transformatör postalarında kullanılan tiptir. Enerji dağıtımında kullanılmazlar, zira simetrisiz yüklenemezler. Enerji iletiminde söz konusudur [5].

6.4.3. Transformatörlerin Paralel Çalışmaları

Transformatör postalarında birden fazla transformatörün bulunması durumunda bu transformatörlerin paralel çalıştırılması düşünülebilir. Paralel çalışma beslemenin sürekliliği açısından önemli olmakla birlikte, sistemin işletmeye alınabilmesi için bazı önemli şartların yerine gelmesi gerekmektedir. Bu şartlar aşağıda sıralanmıştır [1].

- a) Transformatörlerin bağlama grupları aynı olmalı.
- b) Çevirme oranları eşit olmalı; eşit değilse, bu fark %10'u aşmamalı.

c) Transformatörlerin nominal güçleri oranında sekonder yük akımı transformatörlere bölünebilmeleri için nominal akımdaki kısa devre gerilimlerinin eşit olmalı, eşit değilse, kısa devre gerilimleri arasındaki fark %10'u aşmamalı.

d) Transformatörlerin güçleri eşit olmalı, eşit değilse, güçler oranı "1/3" ü geçmemelidir.

e) Boşta çalışma durumunda, boşta çalışma akımlarının primer sargılarda meydana getirdikleri gerilim düşümleri ve fazların eşit olması gerekir. Bu şartla sirkülasyon akımının oluşması engellenmiş olur.

f) Sekonder gerilimleri eşit olmalı ve sistemin faz sıraları birbirine uymalıdır.

6.5. Parafudrlar

Enerji iletim ve dağıtım şebekelerinde oluşan yüksek gerilimler çeşitli şekillerde ortaya çıkmaktadır. Bunları şöyle sıralayabiliriz:

- a) Yıldırım etkisi ile oluşan yüksek gerilimler.
- b) Geçici olaylar sonucu ortaya çıkan yüksek gerilimler.
- c) Devre açma sırasında oluşan yüksek gerilimler.
- d) Arızalar sonucu oluşan yüksek gerilimler.

Atmosferik olaylar sonucu oluşan aşırı gerilimler genel olarak hatlar üzerine yıldırım düşmesi ile ortaya

çıkar. Yıldırım hat ile toprak arasında bir yük boşalmasıdır. Bulutun veya toprağın yük durumuna göre, buluttan toprağa veya topraktan buluta akabilir. Hat üzerine düşen yıldırım, hattın her iki yönünde ilerleme yapar. Yıldırım düşen yerde milyonlarca volt gerilim oluşarak yalıtkan kısımlardan atlar ve birçok alet ve makineleri kullanılamaz duruma getirir. Yıldırımın etkisi, düştüğü noktadan uzaklaştıkça azalır. Işık hızı ile hareket eden yıldırımın etkisi çok kısa zamanda sona erer.

Hava hatlarını yıldırımın zararlı etkilerinden korumak için enerji iletim ve dağıtım şebekelerinde bazı tedbirler alınır. Bunlardan biri, hava hatlarında uygulanan ve direklerin üst kısımlarına konan koruma iletkenidir. Koruma iletkeni toprak ile bağlantılı olup, çelik veya çelik-alüminyum iletkenlerden yapılır. Kesitleri yıldırım düştüğünde erimeyecek kadar kalın olmalıdır. Koruma iletkeni birden fazla da olabilir.

Koruma iletkenleri, hat üzerine yıldırım düşmesine engel olamazlar. Bunun için parafudrlar kullanılır. Parafudrlar, enerji iletim hatlarında, generatör ve transformatörlerde bulunan yalıtkanları yıldırımın zararlı etkilerinden korumak amacı ile kullanılırlar. Özellikle trafoların giriş ve çıkışları ile baralarda parafudrlar kullanılır. Normal durumlarda parafudrlar toprağa karşı akım geçirmezler. Fakat yıldırım

düştüğünde, parafudr üzerinden çok büyük akımlar geçerek toprağa boşalır. Yıldırımın etkisi geçince tekrar normal çalışmaya dönüşür. Normal çalışmada parafudr açık durumda olan bir devre elemanıdır [3].

6.5.1. Parafudrların Seçimi

Parafudrun nominal gerilimi "Un", parafudrun üzerinde yazılı olan ve bunun hat ucu ile toprak ucu arasında bulunmasına müsaade edilen en büyük alternatif gerilimin efikas değeridir.

Nötrü doğrudan doğruya topraklı olmayan şebekelerde bir fazda toprak arızası meydana geldiğinde diğer sağlam fazların toprağa nazaran gerilimleri faz arası gerilime kadar yükselir. Dolayısıyla bu tip şebekelerde bir faz iletkeni ile toprak arasına bağlanan parafudrun nominal geriliminin, müsaade edilen en yüksek işletme gerilimi kadar olması gerekir.

Nötrü doğrudan doğruya topraklı olan şebekelerde ise bir fazda bir toprak arızası olursa, topraklama direncinin sıfır olmaması sebebiyle nötr noktası biraz kayabilir. Bunun neticesinde diğer sağlam fazların toprağa nazaran gerilimleri biraz yükselirse de, faz arası geriliminin %80'ini geçmez. Bu sebeple böyle bir şebekede kullanılacak parafudrun nominal geriliminin, müsaade edilen en yüksek işletme geriliminin %80'i kadar

olması gerekir.

Herhangi bir toprak arızasında sağlam fazların toprağa nazaran alabilecekleri gerilim değeri ile, faz arası gerilimi arasındaki orana topraklama faktörü denir. Bu, nötrü etkili topraklı olmayan şebekeler için 1, nötrü etkili topraklı olan şebekeler için ise en fazla 0.8 değerindedir.

Parafudrların seçiminde önemli olan önemli bir büyüklük de darbe boşalma akımıdır. Bu, parafudrun çalışması sırasında, parafudrdan geçen darbe akımının tepe değeridir. Değişken dirençli parafudrlar 8/20 mikrosaniyelik nominal darbe boşalma akımlarına göre 1.5, 2.5, 5, 10 kA'lık olmak üzere dört sınıfa ayrılırlar. Alçak gerilim şebekelerinde 1.5 kA'lık, orta gerilimli transformatör merkezlerinde duruma göre 2.5, 5 kA'lık, santraller ve önemli transformatör merkezlerinde ise 10 kA'lık parafudrlar kullanılır.

6.6. İzolatörler

Gerek alçak gerilim ve gerekse orta gerilim bara mesnet izolatörleri A, B ve C tipi olmak üzere üç sınıftır. Bunların tepe kuvvetleri sırasıyla 375, 750, ve 1250 kgk'dir.

6.7. Orta Gerilim Sigortaları

Yüksek gerilim sigortaları orta gerilim şebekelerinde derivasyon hatlarının, transformatörlerin kondansatörlerin ve motorların korunmasında kullanılır. Yüksek gerilim ve yüksek güçlü sigortaların kısa devre kesme güçleri yüksektir.

Yüksek gerilim sigortalarında erime elemanının gövdesi, üzerine erime teli sarıldığında birçok aynı boyutta hücrecikler meydana gelecek şekildedir. Gövde boyunca oluşan bu hücreciklerde aynı kesit ve boyda teller bulunur. Böylece tel erirken birçok kısmi arklar oluşur ve ısı enerjisi bütün sigorta gövdesi boyunca eşit dağılır.

Erime teli için en iyi malzeme yüksek saflıkta gümüş tel veya şeritlerdir. Ark söndürme ortamı olarak yüksek saflıkta ince taneli kuvars kumu kullanılır. Dış gövde elektroporselendir. Başlık genellikle nikel veya gümüş kaplı bakırdan yapılır ve su geçirmez bir şekilde gövdeye tesbit edilir.

Yüksek gerilim yüksek güçlü sigortalarının kısa devre kesme güçleri, kullanılacakları yerdeki kısa devre gücüne eşit veya daha büyük olmalıdır.

Motorların kısa devrelere karşı korunmaları için sigorta seçiminde, yol alma akım ve zamanı gözönünde bulundurularak akım-zaman egrilerinden buna uygun sigorta anma akımı bulunmalıdır.

Kondansatörlerin kısa devrelere karşı korunmasında yüksek gerilim sigortasının anma akımı, kondansatör anma akımının, 1,6-2 katı kadar seçilir. [3]



BÖLÜM 7

ORTA GERİLİM ŞEBEKELERİNİN KORUNMASI

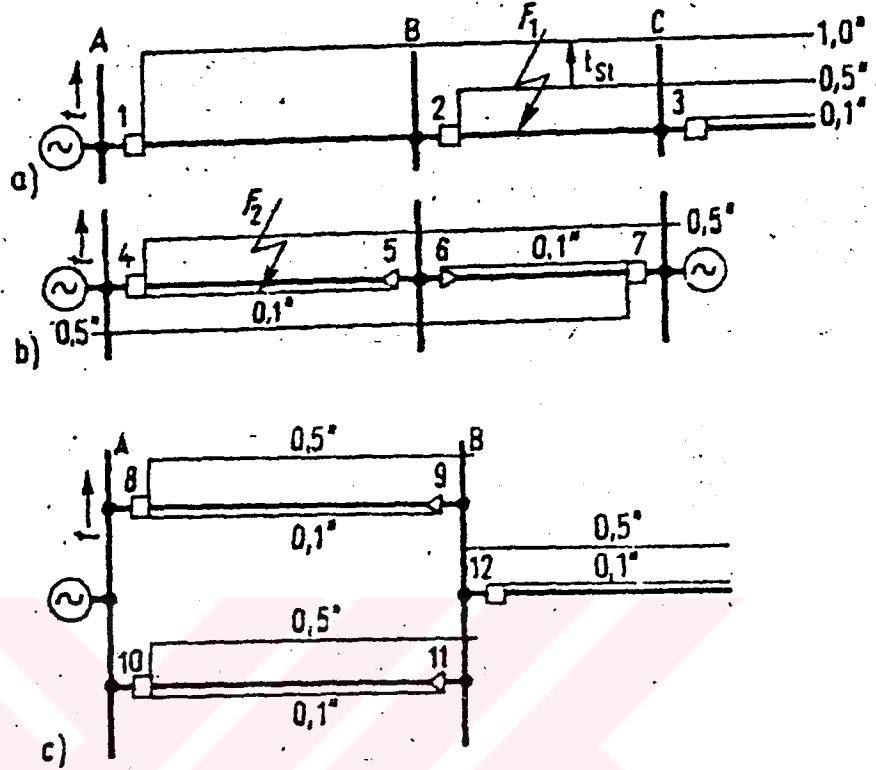
7.1. Hat ve Şebeke Korumaları

Arızalı hatların veya şebeke parçalarının bütün şebekenin çalışmasını engellemeden sistemden ayrılması gerekmektedir. Bunun için çeşitli yöntemler vardır.

7.1.1. Aşırı Akım-Zaman Koruması

Aşağıdaki şekilde tek taraflı beslenen bir şebekenin zaman bakımından kademelendirilmiş aşırı akım-zaman röleleri ile korunması gösterilmiştir.

En uçtaki röle 0.1 saniyelik en hızlı zamana ayarlanmış, besleme noktasına doğru bundan sonra gelen röleler yaklaşık 0.5 saniyelik farklarla kademelendirilmiştir. Örneğin F1 noktasındaki bir arızayı buna en yakın olan 2 rölesi 0.5 saniyelik bir gecikmeyle açar. Ancak görüldüğü gibi, bu kademe planında besleme noktasına doğru kısa devre akımları arttığı halde açma zamanının artması bir sakınca teşkil eder.

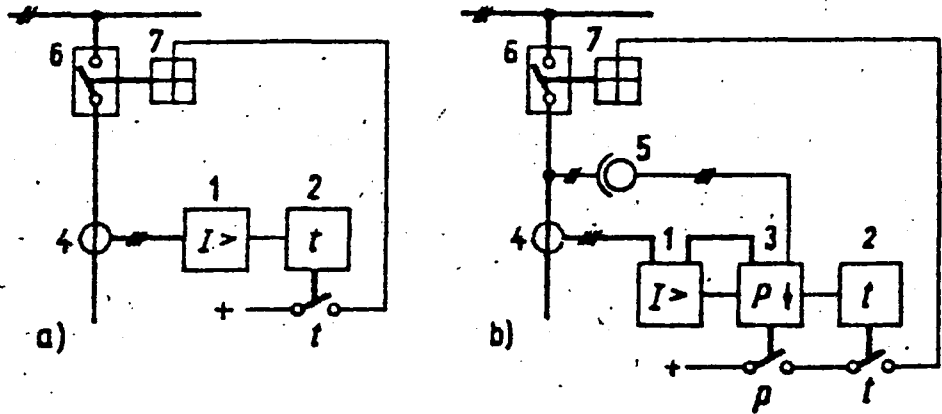


Şekil 7.1 Aşırı akım ($\square$) ve yönlü aşırı akım ($\triangleleft$) rölelerinin zaman yönünden kademelendirilmesi
a) Bir taraflı b) İki taraflı beslenen şebeke
c) Bir taraflı beslenen paralel hatlar.

Çift taraflı beslenen şebekede aşırı akım-zaman röleleri ile selektivite sağlanamaz. İkinci bir kriter olarak kısa devre enerjisi yönünün de dahil edilmesi gerekir. Seri bağlanmış yön ölçme elemanlı bir aşırı akım rölesi (yönlü aşırı akım rölesi) bu ihtiyacı karşılar. Bu durumda örnekteki F2 noktasındaki bir arızada şebekedeki bütün aşırı akım röleleri faaliyete geçmekle birlikte, 5 ve 6 yönlü aşırı akım rölelerinden sadece 5 rölesi arızayı açma yaptıracak yönde ölçer ve

arızayı hızlı olarak, yani ayarlanabilen en kısa zamanla açar. 6 rölesi ise enerji yönünü ters yönden ölçtüğü için açma yaptıramaz. 5 rölesi açma yaptırdıktan sonra II besleme kaynağı ayrılmış olur ve arıza sadece I besleme kaynağı tarafından beslenmeye devam eder. Bu da 4 aşırı akım rölesi tarafından 0.5 saniyelik bir gecikmeyle açılır. Burada önce 5 rölesinin yönü tayin edebilmesi ve açma yaptıırabilmesi için 4 ve 5 röleleri arasında 0.4 saniyelik bir zaman farkı bırakılmıştır. Bu bağlantıda 4 ve 7 röleleri yönlü röleler olmayıp, normal aşırı akım-zaman röleleridir. Şekilde c'de paralel hatların aşırı akım ve yönlü aşırı akım röleleri ile korunmasını ve bunlara ait zaman kademelerini göstermektedir.

Aşağıdaki şekilde aşırı akım-zaman ve yönlü aşırı akım-zaman röleleri fonksiyon şemaları gösterilmiştir.



Şekil 7.2 Aşırı akım koruma fonksiyon şemaları
a) Aşırı akım-zaman rölesi
b) Yönlü aşırı akım-zaman rölesi

Görüldüğü gibi yönlü aşırı akım-zaman rölesinde ancak zaman ve yön röleleri kontaklarının her ikisi birden kapandığında gerçekleşmekte sadece biri kapandığında gerçekleşmemektedir [3].

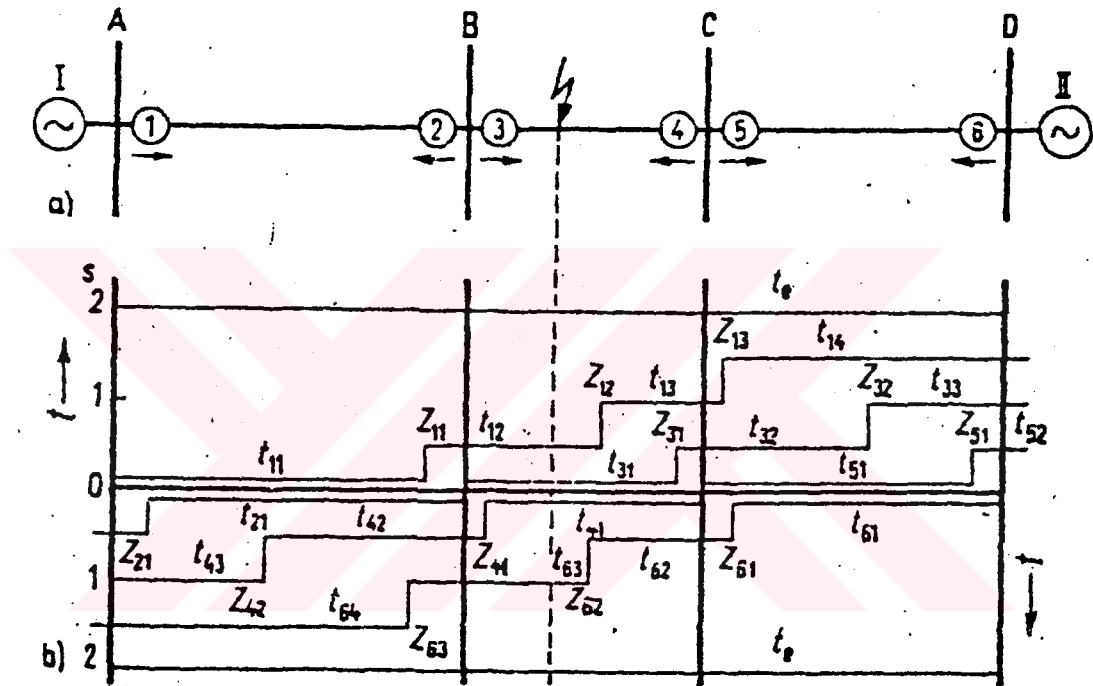
7.1.2. Mesafe Koruma

Aşırı akım-zaman rölelerinin açma zamanları hala 0.5 saniye gibi nispeten yüksek bir değerdedir. Arızalanan her hattın hızlı olarak açılması istenirse, bu taktirde aşırı akım ve kısa devre enerjisi yönünden başka, arıza mesafesi de üçüncü bir kriter olarak dahil edilmelidir. Her mesafe rölesinin çok kademeli bir açma karakteristiği vardır. Kademe sayısı zaman rölesi kontaklarının sayısına bağlıdır. Örneğin B ve C istasyonları arasındaki bir kısa devrede bütün mesafe röleleri çalışırlar, fakat yalnız 3 ve 4 mesafe röleleri en kısa mesafeyi ölçerler ve her ikisinde de kısa devre enerjisinin yönü açma yönündedir. Dolayısıyla sadece bu iki röle hızlı olarak açma yaptırırlar ve arızalı hat selektif olarak devre harici edilmiş olur. 5 rölesi 4 rölesiyle aynı mesafeyi ölçmekle beraber bunda enerji yönü ters olduğundan, yön rölesinin kontağı kapanmaz ve açma olmaz. Şekilde görüldüğü gibi açma olması için yön ve empedansa bağlı zaman kontaklarının birlikte kapanmaları gerekir. "te" zaman kontağı son veya sınır zamana ait olup, müsaade edilen en yüksek açma zamanına ayarlanır. Bu kademe yön ve empedanstan bağımsızdır ve

ancak arıza yerine doğru daha önde bulunan röleler herhangi bir nedenle açma yaptıramazsa açma kumandası verir. Hızlı zamanla açma yaptıran 1. kademeye ait karakteristik, koruduğu hattın empedansının tamamına değil, yaklaşık %90'ına ayarlanır. Aksi taktirde ölçme ve hesap hataları sonucu meydana gelebilecek hatalar dolayısıyla 1. kademenin karakteristiği farkında olunmadan kendi bölgesi dışına taşabilir. Bu durumda sonraki bölgenin başlangıcındaki arızalar da ilgili olmadığı halde bir evvelki bölgenin 1. kademe zamanı ile açılabilir ve selektivite bozulabilir. Bu nedenle 1. kademe karakteristiği koruduğu hattın sonuna kadar değil %90'ına kadar uzatılmalıdır. Kademe planındaki kademe karakteristikleri, kısa devre başladığında çalıştırılan bir zaman rölesinin fasılalarla açılan kontakları tarafından şekildeki direnç kademeli olarak çoğaltılarak elde edilir. Yani şekilde sağdaki köprünün gerilim payı, döner bobinli röle çalışıp kontağını kapatıncaya kadar kademeli olarak azaltılır.

Bazı hallerde mesafe rölesini çalışmaya başlatmak için aşırı akımla uyarma yeterli olmaz. Az yükte çalışmada kısa devre akımı korunan hattın anma akımından küçük olabilir. Bu gibi hallerde kısa devre sonucu hat empedansının azaldığını tesbit eden ve mesafe rölesini çalıştırmaya başlatan düşük empedans uymaları kullanılır [3].

Şekilde empedans ekseninin üst tarafındaki karakteristikler I'den II'ye doğru olan kısa devre enerjisi, alt taraftakiler ise ters yöndeki kısa devre enerjisi için geçerlidir. Bütün röleler empedans ve yönden bağımsız olan aynı "te" sınır zamanına ayarlıdır.

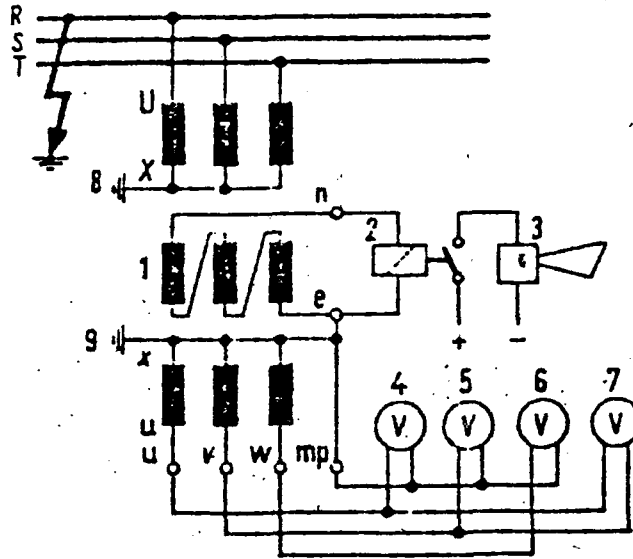


Şekil 7.3 Mesafe koruma
a) Vaziyet planı
b) Zaman kademe planı

Ölçekli olarak çizilen kademe planından her rölenin bütün kademelerine ait primer empedanslar alındıktan sonra bunlar rölede ayarlanacak sekonder empedanslara çevrilir.

7.1.3. Toprak Teması Koruması

Yıldız noktası etkili olarak topraklanmamış şebekelerde toprak değmesi "Ie" çoğunlukla hattın anma akımının altında olduğundan, toprak değmesi arızası olan hat genellikle selektif olarak açılmaz, sadece ihbar verilir. Şekil I'deki bağlantıdan görüldüğü üzere şebekede bir fazda toprak değmesi olduğunda bu faza ait gerilim sıfır olur ve gerilim transformatörünün (1) açık üçgen şeklindeki sargılarının e-n uçlarından $3u$ gerilimi alınır bu gerilim, bir gerilim rölesine (2) sevk edilerek ihbar verilir. Arızalı faza ait voltmetre sıfıra düşerken sağlam fazlara ait voltmetreler faz arası gerilimine yükselir. Böylece toprak değmesi arızasının hangi fazda olduğu anlaşılır [3].



Şekil 7.4 Toprak değmesi arızası ihbar bağlantısı

Bir baradan çıkan hatlardan hangisinde toprak değmesi olduğunu tespit edebilmek için, sıfır gerilimi ve toprak değmesi akımından birlikte yararlanılır. Şekil 2, böyle bir toprak değmesi arızası yönünü tesbit rölesinin prensip şemasını göstermektedir. Enerji yönü ileri doğru, yani hatta doğru olduğunda, röle kontağı V geriye, yani baraya doğru olduğunda da tarafına kapanır. 3. şekildeki 1 rölesi toprak değmesini ileri yönde, 2 ve 3 röleleri ise geri yönde tesbit ederler. Böylece toprak değmesi arızasının 1 rölesinin bulunduğu hatta olduğu anlaşılır.

Toprak değmesi akımı "Ie", sekonderleri paralel bağlanmış üç akım transformatörü (1) kablo akım transformatörü (2) ile elde edilir. Kompanze edilmemiş şebekelerde yön rölesinin dönme momentini artırmak için gerilim devresine bir kondansatör (C) bağlanır. Çünkü bu şebekelerde toprak değmesi akımı ve yer değiştirme gerilimi arasında 90°'lik bir faz açısı vardır. Bu da wattmetrik sistemde bir dönme momenti meydana getirmez.

7.1.4. Tekrar Kapama

Özellikle hava hatlarında meydana gelen kısa devrelerin çoğu arkın neden olduğu kısa devrelerdir. Arıza yerine enerji sevki kısa bir zaman kesilebilirse bu cins arızalar giderilebilirler. Enerji tekrar verildiğinde arıza kaybolmuşsa hat işletmede kalır, arıza

devam ediyorsa bu taktirde de normal selektif koruma cihazları ile açılır. Açma ve tekrar kapama kumandası bir tekrar kapama ve kısa kesinti rölesi tarafından verilir. Bu rölede kesinti zamanı ayarlanabilir. Kesinti zamanının alt sınırı ark yolunun deiyonize olma zamanı ile, üst sınırı da ayrılan şebeke kısmının asenkron hale gelmemesi ile sınırlıdır. Müsaade edilen kesinti süresi bir fazlı kısa kesintide, üç fazlı kısa kesintidekinden fazla olabilir. Çünkü bu durumda hat, enerjisi kesilmeyen diğer iki faz tarafından senkron olarak muhafaza edilebilir. Bir kutuplu kısa kesinti 220 kV ve daha yüksek gerilimli etkili topraklanmış şebekelerde kullanılır. Bu durumda her kutbu ayrı ayrı açılıp kapatabilen kesiciler kullanılması gerekir [3].

7.2. Transformatör Korumaları

Transformatörler aşırı akımlara, ısınmalara, kısa devrelere ve toprak kaçaklarına karşı korunurlar.

7.2.1. Aşırı Akım Koruması

Sokak aralarındaki transformatör merkezlerindeki transformatörler, geçici aşırı yüklerde açmamaları için genellikle termik aşırı akım röleleri ile korunurlar. Bu küçük transformatör merkezlerinde kesici açtırma devresi için yardımcı gerilim kaynaklarının temini de zordur. Bu gibi hallerde akım transformatörü akımı ile açtırma

yaptırmak en uygun çözüm şeklidir. Kısa devre akımının akım transformatörü primer anma akımının 20 katını geçmediği, yani akım transformatörünün sekonder tarafındaki akımın 100 A'ı geçmediği durumlarda direkt seri açtırma devresi kullanılabilir. Bu sistemde normal olarak rölenin kontağı kapalıdır, fazla yükte gecikmeli, kısa devrede ise gecikmesiz olarak açılarak kesici açtırma bobinini akım transformatörünün devresine sokar ve kesicinin akım transformatörü akımı ile açılmasını sağlar. Burada kesici açtırma bobini 5 A'lık bir akım bobinidir. Kısa devre esnasında akım büyük değerlerde olduğundan, bu güvenli bir açtırma sistemi oluşturur [3].

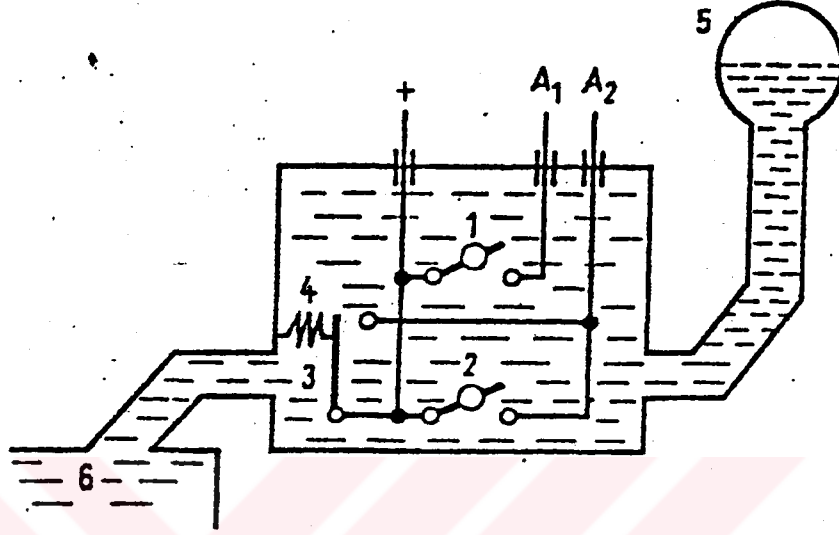
7.2.2. Tank Koruma

Toprağa nazaran izole edilen transformatör tankı, yani kazanı, bir akım transformatörü üzerinden toprağa bağlanır. Gerilim altındaki kısımların kazana değmesi halinde toprağa akan akım, akım transformatörünün sekonder tarafında uygun hassasiyette bir akım rölesine sevk edilerek kesici açtırılır. Kazanı topraktan izole etmek için beton kullanılabilir. Beton, kazanla toprak arasında yeterli izolasyonu sağlar [3].

7.2.3. Buchholz Rölesi

Buchholz rölesi yağ seviyesini iki kademede kontrol eden iki şamandıralı kontak ihtiva eder. Şekildeki 1.

kademe kontağı kapandığında ihbar verilir, 2.kademe kontağı kapandığında ise kesici açtırılır.



Şekil 7.5 Buchholz rölesi

Yağ içerisindeki arızalarda daima yağ gazları meydana gelir. Büyük arızalarda meydana gelen yağ gazlarının akışı klepeyi (3), geri getirme yayına (4) karşı çalıştırarak yine kesicinin açılmasını sağlar. Akış klepesinin hassasiyeti geri getirme yayı (4) ile ayarlanabilir.

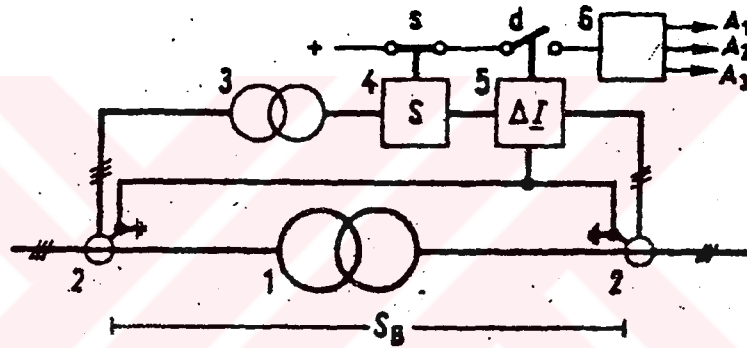
Buchholz röleleri dahili arızalara karşı hassas, basit ve ucuz olmakla beraber, çalışmaları fazla hızlı değildir. Diferansiyel röleler bunlardan daha hızlı çalışırlar.

7.2.4. Diferansiyel Koruma

Burada koruma bölgesinin her iki tarafındaki akım transformatörlerinin farklı olan tahvil oranlarını eşitleme ve ana akım transformatörünün faz kayması meydana getiren bir bağlama grubunda olması halinde, bunu sekonder devrede de teşkil etmek için, akım transformatörlerinin sekonder devresinde bir ara transformatör kullanılır. Çünkü her iki taraftaki akım transformatörlerinin ana akımları norm değerler arasından seçileceklerinden ancak istisnai hallerde transformatörün her iki taraftaki ana akımlarına uyarlar. Burada diferansiyel röle esas itibariyle ara akım transformatörünün üçgen tarafında bulunmalıdır. Böylece biri koruma bölgesi içinde olan, bir çift toprak değmesinde akım transformatörü (2) için kapalı bir akım devresi mevcut olur.

Her transformatör diferansiyel rölesi boşa çalışan transformatörün büyük kapama akımına karşı stabilize edilmelidir. Çünkü sadece besleme tarafından verilen mıknatıslanma akımı o taraftaki akım transformatörü üzerinden diferansiyel rölede (5) bir fark akımı (I_d) olarak ortaya çıkar ve transformatörün, kapatılır kapatılmaz hemen tekrar açılması sonucunu doğurur. Bunu ayırtetmek için kriter olarak transformatörlerin kapama akımlarının fazla miktarda 2. harmonik ihtiva etmesinden yararlanılır. 2. harmonikleri süzen kilitleme

rölesinin (4) açılan kontağı ile seri bağlanmıştır. Bu röle 2. harmonik normal sınırları aştığında kontağını (s) açarak diferansiyel rölenin açma yaptırmasını önler.



Şekil 7.6 Transformator diferansiyel rölesi
fonksiyon şeması

BÖLÜM 8

ORTA GERİLİM SEBEKELERİNİN TOPRAKLANMASI

8.1. Topraklama

İster alçak, isterse yüksek gerilim şebekesi olsun, insan güvenliğini sağlamak bakımından topraklama yapılması şarttır. Şebekenin sıfır hattı topraklandığı gibi ayrıca da bir toprak hattı tesis edilmektedir. Şebekede yalıtkanlığın bozulması veya buna benzer olaylar vuku bulduğunda, kaçak akımlardan doğan gerilimlerin yüksek değerlere ulaşmasına engel olmak için iyi bir topraklamaya ihtiyaç vardır. Aksi halde, insan hayatı için tehlike söz konusudur. Topraklamada esas, kaçak gerilimin sınırlandırılması ve geçecek akımın, hattı koruyan sigorta akımından büyük olmasını sağlamak amacıyla topraklama direncinin belirli değerden aşağıda tutmaktır. Böylece sigortanın çalışması ve devreyi koruması sağlanır. Bir tesisatta alçak gerilim işletme topraklamasıyla, yüksek gerilim koruma topraklaması ayrı ayrı yapılmalıdır. Topraklanmış bir şebekede topraklama direncinin değeri;

$$R < \frac{65 \text{ V}}{I_a} \quad \text{olmalıdır. [6]}$$

Buradaki "Ia" sigortanın şebekeyi koruduğu akım değeridir.

8.2. Toprağın Öz Direnci

Toprak elektrik akımı için bir yarı iletkendir. Öz direnci cinsine ve rutubet derecesine göre geniş sınırlar içerisinde değişir. Çeşitli cins toprakların elektriksel dirençleri farklı olduğu gibi, aynı cins bir toprağın elektriksel direnci de çeşitli mevsimlerde farklı değerler gösterir. Toprağın öz direnci 1 m² kesitinde ve 1 m boyundaki toprağın direncidir [3].

Toprak, kuru, rutubetli ve donmuş olmak üzere başlıca üç durumda bulunabilir. Kuru ve donmuş toprağın öz direnci çok yüksektir. Tamamen kurutulmuş toprak izole bir cisimdir. Toprak yüzeyinde bulunan kuru tabakaların kalınlığı çok büyük olmayıp, 10 ila 20 cm kadardır. Buna karşılık don daha derinlere nüfuz eder. Yerine göre 50 ila 100 cm, hatta daha fazla bir don tabakasını gözönüne alarak topraklayıcıları daha derine gömmek gerekir.

8.3. Topraklayıcılar

Topraklayıcı, toprak içerisindeki metalik iletkendir. Genellikle galvanizli demirden yapılır. Bir topraklama iletkeniyle topraklanacak yere bağlanır [6].

Bir topraklayıcı, yayılma direnci ile tanımlanır. Bu, topraklayıcı ile, topraklayıcıdan yeteri kadar uzak (en az 20 m) bir ölçme noktası arasında toprağın gösterdiği dirençtir.

8.4. Topraklayıcı Çeşitleri

Topraklayıcılar, kullanıldığı yerin şartları ve teknik özelliklerine göre çeşitlilikler gösterir.

8.4.1. Şerit Topraklayıcılar

Bu topraklayıcılar en az 3 mm kalınlığında ve 100 mm² kesitinde galvanizli demir şeritten yapılırlar. Bunun yanında yuvarlak iletkenler veya örgülü teller de bu maksatla kullanabilirler. Şerit topraklayıcılar çok derine gömülmezler. İklim şartlarına göre uygun gömme derinliği tayin edilmesi gerekir. Gömme noktası sürekli rutubette kalacak ve donma olmayacak şekilde seçilmelidir. [6]

En basit şerit topraklayıcı, boylu boyuna döşenen bir şeritten ibarettir. Bunun yayılma direnci, öncelikle şeritin uzunluğuna bağlıdır. Bunun için yalnız yassı çelik şerit kullanılır.

Yassı şeritler, yüksek kenarı yukarı gelecek şekilde toprağa döşenirler. Böylece toprak ile şerit arasında

boşlukların kalmaması ve akımın toprağa daha iyi geçmesi sağlanır. Serit topraklayıcılar, en çok yıldız, halka, gözlü veya bunların kombinasyonu şeklinde yapılır.

8.4.2. Çubuk Topraklayıcılar

Bu topraklayıcılar genellikle 1" çapında çelik borudan veya eşdeğer profil çelikten veyahutta 20 mm çapında som bakırdan yapılırlar ve zemine dik olarak çakılırlar. Som bakır çubuğun maliyetinin yüksek olması dolayısıyla, yaygın olarak bakır ceketli çelik çubuklar kullanılmaktadır.

Çubuk topraklayıcılar, 3-5 m uzunluğunda olup, üst ucu yüzeyden minimum 50 cm aşağıda olacak şekilde çakılmalıdır. Bu topraklayıcıların zemine sıkı bir şekilde çakılması ve uzun olmaları sebebiyle yazın dahi daima rutubetli zeminde bulunmaları çok iyi bir topraklama imkanı sağlar [6].

8.4.3. Levha Topraklayıcılar

Levha topraklayıcıların günümüzde kullanımı gün geçtikçe azalmıştır. Buna sebep olarak, tesis edilmesindeki güçlük ve diğer topraklayıcılara göre daha büyük yayılma direncine sahip olması gösterilebilir.

Levha topraklayıcılar genellikle galvanizli demirden veya som bakırdan mamuldür. Bunlar toprağa çakılamazlar. Öncelikle çukur kazılır ve levha zemine dik olarak yerleştirilir. Bu esnada levha etrafında boşluk kalmamasına dikkat edilir. Toprak iyice sıkıştırılır. Levhanın zeminden en az 1 m altta olmasına dikkat edilir.

8.5. Topraklama Çeşitleri

Orta gerilim şebekelerinde işlevlerine göre iki türlü topraklama vardır.

8.5.1. Koruma Topraklaması

Elektriksel cihazların işletme akım devrelerine ait olmayan, fakat yalıtım hatası, ark v.b. nedenlerle gerilim altına girebilen metal kısımlarına ilişkin topraklamalardır.

Koruma topraklamasına ait topraklama direnci, 1 kV'tan alçak gerilimli şebekelerde, temas gerilimi veya topraklayıcı gerilimi 65 V'u, 1 kV'tan yüksek şebekelerde 125 V'u geçmeyecek derecede küçük olmalıdır. Buna göre 1 kV'tan yüksek gerilimli şebekelerde koruma topraklamasına ait topraklama direnci aşağıdaki değerlerde olmalıdır [3].

a) Yıldız noktası etkili olarak topraklanmış
şebekelerde;

$$R_e \leq 125 \text{ V} / I_k \quad [3]$$

I_k : Faz-toprak kısa devresi akımıdır.

b) Yıldız noktası topraklanmamış şebekelerde;

$$R_e \leq 125 \text{ V} / I_e \quad [3]$$

I_e : Toprak değmesi akımıdır.

c) Toprak değmesi akımı kompanze edilmiş
şebekelerde;

$$R_e \leq 125 \text{ V} / I_r \quad [3]$$

I_r : Toprak değmesi artık akımıdır.

Büyük kısa devre akımlarında koruma topraklamasının
" $R_e \leq 125 \text{ V} / I_k$ " bağıntısına göre boyutlandırılması
ekonomik olmaz. Bu durumda arızalı devrenin, koruma
cihazları tarafından hızlı bir şekilde açılması istenir.
Yani 125 V'tan daha büyük bir temas gerilimi oluşmasına
engel olunamıyorsa o zaman bu gerilimin çok kısa süreli
olması sağlanmalıdır. Açma zamanına " t_a " denilirse;

$$t_a \leq 0.1 \text{ s} \quad \text{olmalıdır.}$$

Transformatörlerin, kesicilerin, ayırıcıların,
izolatör demirlerinin, hava hattı direklerinin,

kabloların madeni kılıf zırh ve ekranlarının, akım ve gerilim transformatörlerinin sekonder sargı uçlarından birinin topraklanması koruma amacıyla yapılan topraklamalardır.

8.5.2. İşletme Topraklaması

İşletme topraklaması, işletme akımı devresine ait aktif kısımlara ilişkin topraklamalardır. Generatörlerin ve transformatörlerin yıldız noktalarının, bu yıldız noktalarına bağlı direnç ve endüktansların, nötr iletkenlerinin, gerilim transformatörlerinin yüksek gerilim tarafındaki yıldız noktalarının topraklanması bu türden topraklamalardır. Yüksek gerilim şebekelerinde parafudrlar en kısa yoldan koruma topraklamasına bağlanmalıdır. Topraklayıcı gerilimi 125 V'u geçerse işletme topraklaması koruma topraklamasından ayrılır ve izole iletkenle topraklayıcıya bağlanır [3].

BÖLÜM 9

MALİYET FONKSİYONUNUN BULUNMASI

9.1. Mevcut Sistemin Maliyeti

9.1.1. 10 kV Transformatör Merkezleri Maliyeti

MALZEME VEYA İŞİN CİNSİ	MİKTARI	B.FİYATI	TUTARI
Stasyonier Akü 24V 100Ah	293 Ad	5.829	1.707.897
Bakır Bara 40/5 mm ²	39375 kg	85	3.346.875
Bakır Bara 50/5 mm ²	600 "	85	51.000
Demir Konstrüksiyon	524000 "	11	5.764.000
Azyağlı Kes.12kV 630A 500MVA	688 Ad	27.864	19.170.432
Bara Mesnet İzo.12kV (750kg)	11790 "	175	2.063.250
Dah-Dah Geçit İzo.12kV 400A	360 "	532	191.520
Dah.Adi Ayırıcı 12kV 400A	1041 "	3.248	3.381.168
Dah.Sig.Ayırıcı 12kV 400A	60 "	4.263	255.780
OG Sigorta Patronu 12kV 2A	180 "	227	40.860
Seksiyoner Kumanda Tertibatı	1101 "	480	528.480
Şarj Tertibatı 24V 2-10A	293 "	1.996	584.828
Ölçü ve Koruma Panosu	414 "	4.209	1.742.526
İhbar Röle Kombinasyonu 24V	324 "	2.598	841.752
İşıkli İhbar Tablosu	324 "	747	242.028
Trifaze Aşırı Akım Rölesi	688 "	4.043	2.781.584
Gerilim Kontrol ölesi 24V	293 "	1.229	360.097
Yardımcı Röle 24V	1032 "	593	611.976
Akustik Korna 24V	293 "	688	201.584
Ölüm Tehlike Levhası	1896 "	48	91.008
Galvaniz Şeritle Yapı.Topr.	293 "	445	130.385
Galvaniz Şerit	38250 kg	13	497.250
1x50mm ² NYY ile Yapılan Toprak.	7600 mt	49	372.400
Akım Tr.12kV 25/5A 30VA c1:0,5	24 Ad	2.950	70.800
Akım Tr.12kV 100/5A 30VA c1:0,5	156 "	2.950	460.200
Akım Tr.12kV 25/5A 30VA c1:1	75 "	2.950	221.250
Akım Tr.12kV 40/5A 30VA c1:1	117 "	2.950	345.150
Akım Tr.12kV 50/5A 30VA c1:1	45 "	2.950	132.750
Akım Tr.12kV 60/5A 30VA c1:1	108 "	2.950	318.600
Akım Tr.12kV 75/5A 30VA c1:1	144 "	2.950	424.800
Akım Tr.12kV 100/5A 30VA c1:1	633 "	2.950	1.867.350
Akım Tr.12kV 125/5A 30VA c1:1	12 "	2.950	35.400
Akım Tr.12kV 150/5A 30VA c1:1	225 "	2.950	663.750
Akım Tr.12kV 250/5A 30VA c1:1	579 "	2.950	1.708.050
Akım Tr.12kV 350/5A 30VA c1:1	114 "	3.049	347.586
Akım Tr.12kV 400/5A 30VA c1:1	12 "	3.049	36.588
Gerilim Tr.10/0,1kV 60VA c1:0,5	120 "	6.306	756.720

MALZEME VEYA İŞİN CİNSİ	MİKTARI	B.FİYATI	TUTARI
Güç Trans.10/0,4kV 400 kVA	17 "	122.466	2.081.922
Güç Trans.10/0,4kV 630 kVA	39 "	172.461	6.725.979
Güç Trans.10/0,4kV 800 kVA	17 "	220.206	3.743.502
Güç Trans.10/0,4kV 1000 kVA	36 "	248.507	8.946.252
Güç Trans.10/0,4kV 1250 kVA	46 "	279.550	12.859.300
Güç Trans.10/0,4kV 1600 kVA	148 Ad	331.847	49.113.356
NYY Kablo 2x1,5 mm ²	21975 mt	17	373.575
NYY Kablo 3x2,5 mm ²	10980 "	21	230.580
NYY Kablo 4x2,5 mm ²	8790 "	23	202.170
NYY Kablo 7x2,5 mm ²	13185 "	31	408.735
Dah.Kablo Başl.12kV 3x35mm ²	20 Ad	1.313	26.260
Dah.Kablo Başl.12kV 3x50mm ²	7 "	1.348	9.436
Dah.Kablo Başl.12kV 3x70mm ²	134 "	1.362	182.508
Dah.Kablo Başl.12kV 3x120mm ²	374 "	1.559	583.066
Dah.Kablo Başl.12kV 3x185mm ²	73 "	1.797	131.181
Dah.Kablo Başl.12kV 3x240mm ²	10 "	1.826	18.260
Kulesiz Tip Tr.Binası 3 Hüc.	8 "	67.042	536.336
Kulesiz Tip Tr.Binası 4 Hüc.	215 "	84.470	18.161.050
Kulesiz Tip Tr.Binası 6 Hüc.	67 "	95.096	6.371.432
Kulesiz Tip Tr.Binası 8 Hüc.	3 "	114.095	342.285

G.TOPLAM (1000 TL) 163.394.859

9.1.2. 10 kV Yeraltı Kabloları Maliyeti

MALZEME VEYA İŞİN CİNSİ	MİKTARI	B.FİYATI	TUTARI
E3SSV Kablo 10 kV 3x35/16	5499 mt	369	2.029.131
E3SSV Kablo 10 kV 3x50/16	2039 "	414	844.146
E3SSV Kablo 10 kV 3x70/16	28401 "	483	13.717.683
E3SSV Kablo 10 kV 3x120/25	76886 "	655	50.360.330
E3SSV Kablo 10 kV 3x185/25	12340 "	885	10.920.900
E3SSV Kablo 10 kV 3x240/25	4380 "	1.062	4.651.560

G.TOPLAM (1000 TL) 82.523.750

9.1.3. 34,5 kV Transformatör Merkezleri Maliyeti

MALZEME VEYA İŞİN CİNSİ	MİKTARI	B.FİYATI	TUTARI
Stasyonier Akü 24V 100Ah	94 Ad	5.829	547.926
Bakır Bara 40/5 mm ²	13000 kg	85	1.105.000
Bakır Bara 50/5 mm ²	2000 "	85	170.000
Bakır Bara 50/10 mm ²	1000 "	84	84.000
Demir Konstrüksiyon	79200 "	11	871.200
Azıyağı Kes.36kV 630A 750MVA	202 Ad	31.051	6.272.100

MALZEME VEYA İŞİN CİNSİ	MİKTARI	B.FİYATI	TUTARI
Bara Mesnet 1zo.36kV (750kg)	2718 "	371	1.008.378
Dah-Dah Geçit 1zo.36kV 400A	90 "	884	79.560
Dah.Adi Ayırıcı 36kV 400A	208 "	5.037	1.047.696
Dah.Adi Ayırıcı 36kV 630A	94 "	5.145	483.630
Dah.Sig.Ayırıcı 36kV 400A	30 "	6.754	202.620
OG Sigorta Patronu 36kV 2A	90 "	247	22.230
Seksiyoner Kumanda Tertibatı	332 "	480	159.360
Şarj Tertibatı 24V 2-10A	94 "	1.996	187.624
ölçü ve Koruma Panosu	94 "	4.209	395.646
İhbar Röle Kombinasyonu 24V	94 "	2.598	244.212
Isıklı İhbar Tablosu	94 "	747	70.218
Trifaze Aşırı Akım Rölesi	202 "	4.043	816.686
Gerilim Kontrol ölesi 24V	94 "	1.229	115.526
Yardımcı Röle 24V	202 "	593	119.786
Akustik Korna 24V	94 "	688	64.672
ölüm Tehlike Levhası	516 "	48	24.768
Galvaniz Şeritle Yapı.Topr.	72 "	445	32.040
Galvaniz Şerit	8500 kg	13	110.500
1x50mm ² NYY ile Yapı.Toprakl.	2350 mt	49	115.150
Akım Tr.36kV 10/5A 30VA c1:0,5	6 Ad	4.474	26.844
Akım Tr.36kV 15/5A 30VA c1:0,5	3 "	4.474	13.422
Akım Tr.36kV 30/5A 30VA c1:0,5	63 "	4.474	281.862
Akım Tr.36kV 60/5A 30VA c1:0,5	18 "	4.474	80.532
Akım Tr.36kV 10/5A 30VA c1:1	6 "	4.474	26.844
Akım Tr.36kV 20/5A 30VA c1:1	14 "	4.474	62.636
Akım Tr.36kV 30/5A 30VA c1:1	98 "	4.474	438.452
Akım Tr.36kV 60/5A 30VA c1:1	6 "	4.474	26.844
Akım Tr.36kV 100/5A 30VA c1:1	21 "	4.474	93.954
Akım Tr.36kV 200/5A 30VA c1:1	6 "	4.474	26.844
Akım Tr.36kV 300/5A 30VA c1:1	29 "	4.474	129.746
Akım Tr.36kV 400/5A 30VA c1:1	24 "	4.559	109.416
Ger.Tr.34,5/0,1kV 60VA c1:0,5	60 "	11.286	677.160
Güc Trans.34,5/0,4kV 400 kVA	4 "	133.102	532.408
Güc Trans.34,5/0,4kV 630 kVA	3 "	184.572	553.716
Güc Trans.34,5/0,4kV 800 kVA	1 "	242.033	242.039
Güc Trans.34,5/0,4kV 1000 kVA	9 "	270.690	2.436.210
Güc Trans.34,5/0,4kV 1600 kVA	77 "	364.451	28.062.727
NYY Kablo 2x1,5 mm ²	3600 mt	17	61.200
NYY Kablo 3x2,5 mm ²	1800 "	21	37.800
NYY Kablo 4x2,5 mm ²	1500 "	23	34.500
NYY Kablo 7x2,5 mm ²	2160 "	31	66.960
Dah.Kablo Başl.36kV 3x50mm ²	35 "	3.425	119.875
Dah.Kablo Başl.36kV 3x95mm ²	12 "	3.586	43.032
Dah.Kablo Başl.36kV 3x150mm ²	45 "	3.804	171.180
Dah.Kablo Başl.36kV 3x240mm ²	47 "	3.974	186.778
Kulesiz Tip Tr.Binası 2 Hüc.	3 "	113.505	340.515
Kulesiz Tip Tr.Binası 4 Hüc.	44 "	139.710	6.147.240
Kulesiz Tip Tr.Binası 6 Hüc.	24 "	166.959	4.007.016
Kulesiz Tip Tr.Binası 8 Hüc.	2 "	192.307	384.614

G.TOPLAM (1000 TL) 59.772.894

9.1.4. 34,5 kV Yeraltı Kabloları Maliyeti

MALZEME VEYA İŞİN CİNSİ	MİKTARI	B.FİYATI	TUTARI
YE3SSV Kablo 36 kV 3x50/16	5364 mt	851	4.564.764
YE3SSV Kablo 36 kV 3x95/16	11602 "	1.048	12.158.896
YE3SSV Kablo 36 kV 3x150/25	14208 "	1.281	18.200.448
YE3SSV Kablo 36 kV 3x240/25	74495 "	1.679	125.077.105

G.TOPLAM (1000 TL) 160.001.213

9.1.5. 34,5/10kV İndirici ve Salt Merkezleri Maliyeti

MALZEME VEYA İŞİN CİNSİ	MİKTARI	B.FİYATI	TUTARI
Stasyonere Akü 110V 200Ah	8 Ad	41.890	335.120
Bakır Bara 40/5 mm ²	1800 kg	85	153.000
Bakır Bara 60/10 mm ²	35000 "	84	2.940.000
Demir Konstrüksiyon	44800 "	11	492.800
Azyağı Kes.36kV 1250A 1000MVA	66 "	35.499	2.342.934
Azyağı Kes.12kV 1250A 500 MVA	62 "	33.776	2.094.112
Azyağı Kes.12kV 630A 500MVA	6 "	27.864	167.184
Bara Mesnet İzo.36kV (1250kg)	720 "	396	285.120
Bara Mesnet İzo.12kV (1250kg)	900 "	206	185.400
Dah.Adi Ayırıcı 36kV 1250A	74 "	6.136	454.064
Dah.Adi Ayırıcı 12kV 400A	6 "	3.248	19.488
Dah.Adi Ayırıcı 12kV 1250A	68 "	5.037	342.516
Dah.Sig.Ayırıcı 36kV 400A	2 "	6.754	13.508
OG Sigorta Patronu 36kV 2A	6 "	247	1.482
Seksiyoner Kumanda Tertibatı	150 "	480	72.000
Şarj Tertibatı 110V 2-10A	8 "	3.271	26.168
Ölçü ve Koruma Panosu	134 "	4.209	564.006
İhbar Röle Kombinasyonu 110V	134 "	2.598	348.132
İşıklı İhbar Tablosu	134 "	747	100.098
Trifaze Aşırı Akım Rölesi	134 "	4.043	541.762
Gerilim Kontrol ölesi 110V	8 "	1.229	9.832
Yardımcı Röle 110V	268 "	593	158.924
Akustik Korna 110V	8 "	688	5.504
Ölüm Tehlike Levhası	250 "	48	12.000
Galvaniz Şeritle Yapı.Topr.	36 "	445	16.020
Galvaniz Şerit	2750 kg	13	35.750
1x50mm ² NYN ile Yapı.Topraklı.	150 mt	49	7.350
Akım Tr.36kV 100/5A 30VA c1:1	3 Ad	4.474	13.422
Akım Tr.36kV 200/5A 30VA c1:1	36 "	4.474	161.064
Akım Tr.36kV 250/5A 30VA c1:1	12 "	4.474	53.688
Akım Tr.36kV 300/5A 30VA c1:1	42 "	4.474	187.908
Akım Tr.36kV 350/5A 30VA c1:1	6 "	4.559	27.354
Akım Tr.36kV 400/5A 30VA c1:1	84 "	4.559	382.956
Akım Tr.36kV 450/5A 30VA c1:1	3 "	4.559	13.677
Akım Tr.36kV 800/5A 30VA c1:1	18 "	4.839	87.102
Akım Tr.12kV 25/5A 30VA c1:1	18 "	2.950	53.100

MALZEME VEYA İŞİN CİNSİ	MIKTARI	B.FİYATI	TUTARI
Akım Tr.12kV 150/5A 30VA c1:1	39 "	2.950	115.050
Akım Tr.12kV 250/5A 30VA c1:1	111 "	2.950	327.450
Akım Tr.12kV 350/5A 30VA c1:1	24 "	3.049	73.176
Akım Tr.12kV 400/5A 30VA c1:1	12 "	3.049	36.588
İç İhtiyaç Tr. 10/0,22kV 4kVA	2 "	22.222	44.444
Güç Trans.10/0,4kV 400 kVA	6 "	122.466	734.796
Güç Trans.34,5/10kV 11 MVA	4 "	2.248.127	8.992.508
Güç Trans.34,5/10kV 15 MVA	9 "	3.751.204	33.760.836
Güç Trans.34,5/10kV 20 MVA	2 "	5.001.605	10.003.210
Güç Trans.34,5/10kV 25 MVA	1 "	6.252.007	6.252.007
NY Y Kablo 2x1,5 mm ²	1000 mt	17	17.000
NY Y Kablo 3x2,5 mm ²	1000 "	21	21.000
NY Y Kablo 4x2,5 mm ²	5000 "	23	115.000
NY Y Kablo 7x2,5 mm ²	8000 "	31	248.000
Dah.Kablo Başl.36kV 3x50mm ²	1 "	3.425	3.425
Dah.Kablo Başl.36kV 3x95mm ²	8 "	3.586	28.688
Dah.Kablo Başl.36kV 3x120mm ²	4 "	3.760	15.040
Dah.Kablo Başl.36kV 3x150mm ²	5 "	3.804	19.020
Dah.Kablo Başl.36kV 3x240mm ²	36 "	3.974	143.064
Dah.Kablo Başl.12kV 3x70mm ²	13 "	1.362	17.706
Dah.Kablo Başl.12kV 3x120mm ²	37 "	1.559	57.683
Dah.Kablo Başl.12kV 3x185mm ²	8 "	1.797	14.376
Dah.Kablo Başl.12kV 3x240mm ²	4 "	1.826	7.188
Dağıtım Merkezi 12 Hücreli	2 "	578.039	1.156.078
Dağıtım Merkezi 20 Hücreli	1 "	690.473	690.473
Dağıtım Merkezi 24 Hücreli	2 "	747.300	1.494.600
Dağıtım Merkezi 28 Hücreli	1 "	802.959	802.959
Dağıtım Merkezi 32 Hücreli	2 "	859.191	1.718.382
G.TOPLAM (1000 TL)			79.614.292

9.1.6. Projelendirme Maliyeti

MALZEME VEYA İŞİN CİNSİ	MIKTARI	B.FİYATI	TUTARI
Kablo hatlarının projelendiril.	235 km	298	70.093
34,5 kV'a kadar tr. merkezleri	389 Ad	1.094	425.566
34,5/10 kV indirici Merkezleri	6 "	9.948	59.688
G.TOPLAM (1000 TL)			555.347

9.1.7. Mevcut Tesisin Toplam Maliyeti

1) 34,5 kV Transformatör Merkezleri Maliyeti ..	59.772.894
2) 34,5 kV Yeraltı Kabloları Maliyeti	160.001.213
3) 10 kV Transformatör Merkezleri Maliyeti	163.394.859
4) 10 kV Yeraltı Kabloları Maliyeti	82.523.750
5) 34,5/10 kV indirici Merkezleri ve Salt Merkezleri Maliyeti	79.614.292
6) Projelendirme Maliyeti	555.347

G.TOPLAM (1000 TL) 545.862.355



9.2. 6,3 kV'A GÖRE TASARLANMIŞ TESİSİN MALİYETİ

9.2.1. 6,3 kV Transformatör Merkezleri Maliyeti

MALZEME VEYA İŞİN CİNSİ	MİKTARI	B.FİYATI	TUTARI
Stasyonier Akü 24V 100Ah	364 Ad	5.829	2.121.756
Bakır Bara 50/5 mm ²	48187 kg	85	4.095.895
Bakır Bara 60/5 mm ²	4560 "	85	387.600
Bakır Bara 60/10 mm ²	1400 "	84	33.600
Demir Konstrüksiyon	290000 "	11	3.190.000
Azyağlı Kes.7,2kV 630A 200MVA	965 Ad	27.663	26.694.795
Bara Mesnet İzo.7,2kV (375kg)	15174 "	123	1.866.402
Dah-Dah Geçit İzo.7,2kV 400A	270 "	532	143.640
Dah.Adi Ayırıcı 7,2kV 1250A	1418 "	4.774	6.769.532
Dah.Sig.Ayırıcı 7,2kV 400A	90 "	4.263	383.760
OG Sigorta Patronu 7,2kV 2A	270 "	228	61.560
Seksiyoner Kumanda Tertibatı	1508 "	480	723.840
Şarj Tertibatı 24V 2-10A	364 "	1.996	726.544
Ölçü ve Koruma Panosu	364 "	4.209	1.532.076
İhbar Röle Kombinasyonu 24V	364 "	2.598	945.672
İşıkli İhbar Tablosu	965 "	747	720.855
Trifaze Aşırı Akım Rölesi	364 "	4.043	1.471.652
Gerilim Kontrol Rölesi 24V	364 "	1.229	447.356
Yardımcı Röle 24V	965 "	593	572.245
Akustik Korna 24V	364 "	688	250.432
Ölüm Tehlike Levhası	2500 "	48	120.000
Galvaniz Seritle Yapı.Topr.	364 "	445	161.980
Galvaniz Serit	32760 kg	13	425.880
1x50mm ² NYN ile Yapı.Toprakl.	9925 mt	49	486.325
Akım Tr.7,2kV 25/5A 30VA c1:0,5	33 Ad	2.950	97.350
Akım Tr.7,2kV 150/5A 30VA c1:0,5	219 "	2.950	646.050
Akım Tr.7,2kV 300/5A 30VA c1:0,5	18 "	2.950	53.100
Akım Tr.7,2kV 25/5A 30VA c1:1	222 "	2.950	654.900
Akım Tr.7,2kV 100/5A 30VA c1:1	273 "	2.950	805.350
Akım Tr.7,2kV 150/5A 30VA c1:1	894 "	2.950	2.637.300
Akım Tr.7,2kV 300/5A 30VA c1:1	18 "	2.950	53.100
Akım Tr.7,2kV 750/5A 30VA c1:1	54 "	3.352	181.008
Akım Tr.36kV 1000/5A 30VA c1:1	1245 "	3.352	4.173.240
Akım Tr.36kV 1500/5A 30VA c1:1	186 "	3.352	623.472
Ger.Tr.6,3/0,1kV 60VA c1:0,5	180 "	5.900	1.062.000
Güc Trans. 6,3/0,4kV 400 kVA	21 "	122.466	2.571.786
Güc Trans. 6,3/0,4kV 630 kVA	42 "	172.461	7.243.362
Güc Trans. 6,3/0,4kV 800 kVA	18 "	220.206	3.963.708
Güc Trans. 6,3/0,4kV 1000 kVA	45 "	248.507	11.182.815
Güc Trans. 6,3/0,4kV 1250 kVA	46 "	279.550	12.859.300
Güc Trans. 6,3/0,4kV 1600 kVA	225 "	331.847	74.665.575
NYN Kablo 2x1,5 mm ²	18200 mt	17	309.400
NYN Kablo 3x2,5 mm ²	9100 "	21	191.100
NYN Kablo 4x2,5 mm ²	7280 "	23	167.440
NYN Kablo 7x2,5 mm ²	10920 "	31	338.520
Dah.Kablo Başl.6,3kV 3x120mm ²	2103 Ad	940	1.976.820
Dah.Kablo Başl.6,3kV 3x150mm ²	1184 "	993	1.175.712
Dah.Kablo Başl.6,3kV 3x240mm ²	324 "	1.171	379.404

MALZEME VEYA İŞİN CİNSİ	MİKTARI	B.FİYATI	TUTARI
Kulesiz Tip Tr.Binası 4 Hüc.	259 "	84.470	21.877.730
Kulesiz Tip Tr.Binası 6 Hüc.	95 "	95.096	9.034.120
Kulesiz Tip Tr.Binası 8 Hüc.	10 "	114.095	1.140.950

G.TOPLAM (x1000 TL)			214.398.009

9.2.2. 5,8/10 kV Yeraltı Kabloları Maliyeti

MALZEME VEYA İŞİN CİNSİ	MİKTARI	B.FİYATI	TUTARI
YE3SSV Kablo 10 kV 3x120/16	367401 mt	534	196.192.134
YE3SSV Kablo 10 kV 3x150/25	150852 "	617	93.075.684
YE3SSV Kablo 10 kV 3x240/25	74385 "	891	66.277.035

G.TOPLAM (x1000 TL)			355.544.853

9.2.3. 34,5/6,3 kV İndirici ve Salt Merkezleri Maliyeti

MALZEME VEYA İŞİN CİNSİ	MİKTARI	B.FİYATI	TUTARI
Stasyonere Akü 110V 200Ah	8 Ad	41.890	335.120
Bakır Bara 60/5 mm ²	2800 kg	85	238.000
Bakır Bara 60/10 mm ²	45000 "	84	3.780.000
Demir Konstrüksiyon	34800 "	11	382.800
Azyağı Kes.36kV 1250A 1000MVA	66 "	35.499	2.342.934
Azyağı Kes.7,2kV 1250A 200 MVA	62 "	33.776	2.094.112
Azyağı Kes.7,2kV 630A 200MVA	6 "	27.864	167.184
Bara Mesnet İzo. 36kV (1250kg)	720 "	396	285.120
Bara Mesnet İzo.7,2kV (1250kg)	900 "	206	185.400
Dah.Adi Ayırıcı 36kV 1250A	74 "	6.136	454.064
Dah.Adi Ayırıcı 7,2kV 630A	6 "	3.400	20.400
Dah.Adi Ayırıcı 7,2kV 1250A	68 "	4.774	324.632
Dah.Sig.Ayırıcı 36kV 400A	2 "	6.754	13.508
OG Sigorta Patronu 36kV 2A	6 "	247	1.482
Seksiyoner Kumanda Tertibatı	150 "	480	72.000
Şarj Tertibatı 110V 2-10A	8 "	3.271	26.168
Ölçü ve Koruma Panosu	134 "	4.209	564.006
İhbar Röle Kombinasyonu 110V	134 "	2.598	348.132
İşıkli İhbar Tablosu	134 "	747	100.098
Trifaze Aşırı Akım Rölesi	134 "	4.043	541.762
Gerilim Kontrol ölesi 110V	8 "	1.229	9.832
Yardımcı Röle 110V	268 "	593	158.924
Akustik Korna 110V	8 "	688	5.504
Ölüm Tehlike Levhası	250 "	48	12.000
Galvaniz Seritle Yapı.Topr.	36 "	445	16.020

MALZEME VEYA İŞİN CİNSİ	MİKTARI	B.FİYATI	TUTARI
Galvaniz Serit	2750 kg	13	35.750
1x50mm ² NYY ile Yapı.Toprakl.	150 mt	49	7.350
Akım Tr.36kV 100/5A 30VA c1:1	3 Ad	4.474	13.422
Akım Tr.36kV 200/5A 30VA c1:1	36 "	4.474	161.064
Akım Tr.36kV 250/5A 30VA c1:1	12 "	4.474	53.688
Akım Tr.36kV 300/5A 30VA c1:1	42 "	4.474	187.908
Akım Tr.36kV 350/5A 30VA c1:1	6 "	4.559	27.354
Akım Tr.36kV 400/5A 30VA c1:1	84 "	4.559	382.956
Akım Tr.36kV 450/5A 30VA c1:1	3 "	4.559	13.677
Akım Tr.36kV 800/5A 30VA c1:1	18 "	4.839	87.102
Akım Tr.7,2kV 40/5A 30VA c1:1	18 "	2.950	53.100
Akım Tr.7,2kV 250/5A 30VA c1:1	39 "	2.950	115.050
Akım Tr.7,2kV 750/5A 30VA c1:1	111 "	2.950	327.450
Akım Tr.7,2kV 1000/5A 30VA c1:1	24 "	3.049	73.176
Akım Tr.7,2kV 1500/5A 30VA c1:1	12 "	3.049	36.588
İç İhtiyaç Tr.34,5/0,22kV 4kVA	2 "	22.222	44.444
Güç Trans.6,3/0,4kV 400 kVA	6 "	122.466	734.796
Güç Trans.34,5/6,3kV 11 MVA	4 "	2.043.752	8.175.008
Güç Trans.34,5/6,3kV 15 MVA	9 "	3.670.982	33.038.838
Güç Trans.34,5/6,3kV 20 MVA	2 "	4.894.642	9.789.284
Güç Trans.34,5/6,3kV 25 MVA	1 "	6.118.303	6.118.303
NYY Kablo 2x1,5 mm ²	1000 mt	17	17.000
NYY Kablo 3x2,5 mm ²	1000 "	21	21.000
NYY Kablo 4x2,5 mm ²	5000 "	23	115.000
NYY Kablo 7x2,5 mm ²	8000 "	31	248.000
Dah.Kablo Başl.36kV 3x50mm ²	1 "	3.425	3.425
Dah.Kablo Başl.36kV 3x95mm ²	8 "	3.586	28.688
Dah.Kablo Başl.36kV 3x120mm ²	4 "	3.760	15.040
Dah.Kablo Başl.36kV 3x150mm ²	5 "	3.804	19.020
Dah.Kablo Başl.36kV 3x240mm ²	36 "	3.974	143.064
Dah.Kablo Başl.7,2kV 3x70mm ²	13 "	796	10.340
Dah.Kablo Başl.7,2kV 3x120mm ²	37 "	940	34.780
Dah.Kablo Başl.7,2kV 3x185mm ²	8 "	1.145	9.160
Dah.Kablo Başl.7,2kV 3x240mm ²	4 "	1.171	4.684
Dağıtım Merkezi 12 Hücreli	2 "	578.039	1.156.078
Dağıtım Merkezi 20 Hücreli	1 "	690.473	690.473
Dağıtım Merkezi 24 Hücreli	2 "	747.300	1.494.600
Dağıtım Merkezi 28 Hücreli	1 "	802.959	802.959
Dağıtım Merkezi 32 Hücreli	2 "	859.191	1.718.382

G.TOPLAM (x1000 TL) 80.374.329

9.2.4. Projelendirme Maliyeti

MALZEME VEYA İŞİN CİNSİ	MİKTARI	B.FİYATI	TUTARI
Kablo hattının projelendirilmesi	592 km	298	176.416
6,3 kV'a kadar Tr. Merk. Proj.	395 Ad	1.094	432.130

G.TOPLAM (1000 TL) 608.546

9.2.5. 6,3 kV Tesisin Toplam Maliyeti

1) 6,3 kV Transformatör Merkezleri Maliyeti ...	214.398.009
2) 6,3 kV Yeraltı Kabloları Maliyeti	355.544.853
3) 34,5/6,3 kV indirici ve Şalt Merkezleri Maliyeti	78.487.201
4) Projelendirme Maliyeti	608.546

G.TOPLAM (1000 TL) 652.038.609



9.3. 15 kV'A GÖRE TASARLANMIŞ TESİSİN MALİYETİ

9.3.1. 15 kV Transformatör Merkezleri Maliyeti

MALZEME VEYA İŞİN CİNSİ	MİKTARI	B.FİYATI	TUTARI
Stasyonier Akü 24V 100Ah	364 Ad	5.829	2.121.756
Bakır Bara 50/5 mm ²	38187 kg	85	3.245.895
Bakır Bara 60/5 mm ²	3160 "	85	268.600
Bakır Bara 60/10 mm ²	990 "	84	83.160
Demir Konstrüksiyon	390000 "	11	4.290.000
Azyağlı Kes.17,5kV 630A 370MVA	965 Ad	29.119	28.099.835
Bara Mesnet İzo.17,5kV (375kg)	15174 "	183	2.776.842
Dah-Dah Geçit İzo.17,5kV 400A	270 "	614	165.780
Dah.Adi Ayırıcı 17,5kV 1250A	1418 "	5.505	7.806.090
Dah.Sig.Ayırıcı 17,5kV 400A	90 "	5.441	489.690
OG Sigorta Patronu 17,5kV 2A	270 "	239	64.530
Seksiyoner Kumanda Tertibatı	1508 "	480	723.840
Şarj Tertibatı 24V 2-10A	364 "	1.996	726.544
ölçü ve Koruma Panosu	364 "	4.209	1.532.076
İhbar Röle Kombinasyonu 24V	364 "	2.598	945.672
İşıkli İhbar Tablosu	965 "	747	720.855
Trifaze Aşırı Akım Rölesi	364 "	4.043	1.471.652
Gerilim Kontrol Rölesi 24V	364 "	1.229	447.356
Yardımcı Röle 24V	965 "	593	572.245
Akustik Korna 24V	364 "	688	250.432
Ölüm Tehlike Levhası	2500 "	48	120.000
Galvaniz Şeritle Yapı.Topr.	364 "	445	161.980
Galvaniz Şerit	32760 kg	13	425.880
1x50mm ² NYY ile Yapı.Topraklı.	9925 mt	49	486.325
Akım Tr.17,5kV 15/5A 30VA c1:0,5	33 Ad	3.372	111.276
Akım Tr.17,5kV 60/5A 30VA c1:0,5	219 "	3.372	738.468
Akım Tr.17,5kV 125/5A 30VA c1:0,5	18 "	3.372	60.696
Akım Tr.17,5kV 15/5A 30VA c1:1	222 "	3.372	748.584
Akım Tr.17,5kV 50/5A 30VA c1:1	273 "	3.372	920.556
Akım Tr.17,5kV 60/5A 30VA c1:1	894 "	3.372	3.014.568
Akım Tr.17,5kV 125/5A 30VA c1:1	18 "	3.372	60.696
Akım Tr.17,5kV 300/5A 30VA c1:1	54 "	3.372	181.008
Akım Tr.17,5kV 500/5A 30VA c.1	1245 "	3.485	4.338.825
Akım Tr.17,7kV 750/5A 30VA c1:1	186 "	3.612	671.832
Gerilim.Tr.15/0,1kV 60VA c1:0,5	180 "	6.840	1.231.200
Güç Trans. 15/0,4kV 400 kVA	21 "	122.466	2.571.786
Güç Trans. 15/0,4kV 630 kVA	42 "	172.461	7.243.362
Güç Trans. 15/0,4kV 800 kVA	18 "	220.206	3.963.708
Güç Trans. 15/0,4kV 1000 kVA	45 "	248.507	11.182.815
Güç Trans. 15/0,4kV 1250 kVA	46 "	279.550	12.859.300
Güç Trans. 15/0,4kV 1600 kVA	225 "	331.847	74.665.575
NYY Kablo 2x1,5 mm ²	18200 mt	17	309.400
NYY Kablo 3x2,5 mm ²	9100 "	21	191.100
NYY Kablo 4x2,5 mm ²	7280 "	23	167.440
NYY Kablo 7x2,5 mm ²	10920 "	31	338.520
Dah.Kablo Başl.17,5kV 3x120mm ²	1203 Ad	1.865	2.243.595
Dah.Kablo Başl.17,5kV 3x150mm ²	783 "	1.899	1.486.917
Dah.Kablo Başl.17,5kV 3x240mm ²	201 "	2.002	402.402

MALZEME VEYA İŞİN CİNSİ	MİKTARI	B.FİYATI	TUTARI
Kulesiz Tip Tr.Binası 4 Hüc.	259 "	84.470	21.877.730
Kulesiz Tip Tr.Binası 6 Hüc.	95 "	95.096	9.034.120
Kulesiz Tip Tr.Binası 8 Hüc.	10 "	114.095	1.140.950

G.TOPLAM (x1000 TL) 219.754.544

9.3.2. 8,7/15 kV Yeraltı Kabloları Maliyeti

MALZEME VEYA İŞİN CİNSİ	MİKTARI	B.FİYATI	TUTARI
YE3SSV Kablo 15 kV 3x120/16	247401 mt	590	145.966.590
YE3SSV Kablo 15 kV 3x150/25	99852 "	682	68.099.064
YE3SSV Kablo 15 kV 3x240/25	54385 "	943	51.285.055

G.TOPLAM (x1000 TL) 265.350.709

9.3.3. 34,5/15kV İndirici ve Salt Merkezleri Maliyeti

MALZEME VEYA İŞİN CİNSİ	MİKTARI	B.FİYATI	TUTARI
Stasyonier Akü 110V 200Ah	8 Ad	41.890	335.120
Bakır Bara 60/5 mm ²	2050 kg	85	174.250
Bakır Bara 60/10 mm ²	28000 "	84	2.352.000
Demir Konstrüksiyon	22800 "	11	250.800
Azyağı Kes.36kV 1250A 1000MVA	66 "	35.499	2.342.934
Azyağı Kes.17,5kV 1250A 370 MVA	62 "	31.791	1.971.042
Azyağı Kes.17,5kV 630A 370MVA	6 "	29.119	174.714
Bara Mesnet İzo. 36kV (1250kg)	720 "	396	285.120
Bara Mesnet İzo.17,5kV (1250kg)	900 "	269	242.100
Dah.Adı Ayırıcı 36kV 1250A	74 "	6.136	454.064
Dah.Adı Ayırıcı 17,5kV 630A	6 "	4.083	24.498
Dah.Adı Ayırıcı 17,5kV 1250A	68 "	5.505	374.340
Dah.Sig.Ayırıcı 36kV 400A	2 "	6.754	13.508
OG Sigorta Patronu 36kV 2A	6 "	247	1.482
Seksiyonier Kumanda Tertibatı	150 "	480	72.000
Şarj Tertibatı 110V 2-10A	8 "	3.271	26.168
Ölçü ve Koruma Panosu	134 "	4.209	564.006
İhbar Röle Kombinasyonu 110V	134 "	2.598	348.132
İşıkli İhbar Tablosu	134 "	747	100.098
Trifaze Aşırı Akım Rölesi	134 "	4.043	541.762
Gerilim Kontrol ölesi 110V	8 "	1.229	9.832
Yardımcı Röle 110V	268 "	593	158.924
Akustik Korna 110V	8 "	688	5.504
Ölüm Tehlike Levhası	250 "	48	12.000
Galvaniz Şeritle Yapı.Topr.	36 "	445	16.020
Galvaniz Şerit	2750 kg	13	35.750

MALZEME VEYA İŞİN CİNSİ	MİKTARI	B.FİYATI	TUTARI
1x50mm ² NYY ile Yapı.Toprakl.	150 mt	49	7.350
Akım Tr.36kV 100/5A 30VA c1:1	3 Ad	4.474	13.422
Akım Tr.36kV 200/5A 30VA c1:1	36 "	4.474	161.064
Akım Tr.36kV 250/5A 30VA c1:1	12 "	4.474	53.688
Akım Tr.36kV 300/5A 30VA c1:1	42 "	4.474	187.908
Akım Tr.36kV 350/5A 30VA c1:1	6 "	4.559	27.354
Akım Tr.36kV 400/5A 30VA c1:1	84 "	4.559	382.956
Akım Tr.36kV 450/5A 30VA c1:1	3 "	4.559	13.677
Akım Tr.36kV 800/5A 30VA c1:1	18 "	4.839	87.102
Akım Tr.17,5kV 20/5A 30VA c1:1	18 "	3.372	60.696
Akım Tr.17,5kV 125/5A 30VA c1:1	39 "	3.372	131.508
Akım Tr.17,5kV 300/5A 30VA c1:1	111 "	3.372	374.292
Akım Tr.17,5kV 500/5A 30VA c1:1	24 "	3.485	83.640
Akım Tr.17,5kV 750/5A 30VA c1:1	12 "	3.612	43.344
İc İhtiyaç Tr.34,5/0,22kV 4kVA	2 "	22.222	44.444
Güç Trans. 15/0,4kV 400 kVA	6 "	122.466	734.796
Güç Trans.34,5/15 kV 11 MVA	4 "	2.248.127	8.992.508
Güç Trans.34,5/15 kV 15 MVA	9 "	3.751.204	33.760.836
Güç Trans.34,5/15 kV 20 MVA	2 "	5.001.605	10.003.210
Güç Trans.34,5/15 kV 25 MVA	1 "	6.252.007	6.252.007
NYY Kablo 2x1,5 mm ²	1000 mt	17	17.000
NYY Kablo 3x2,5 mm ²	1000 "	21	21.000
NYY Kablo 4x2,5 mm ²	5000 "	23	115.000
NYY Kablo 7x2,5 mm ²	8000 "	31	248.000
Dah.Kablo Başl.36kV 3x50mm ²	1 "	3.425	3.425
Dah.Kablo Başl.36kV 3x95mm ²	8 "	3.586	28.688
Dah.Kablo Başl.36kV 3x120mm ²	4 "	3.760	15.040
Dah.Kablo Başl.36kV 3x150mm ²	5 "	3.804	19.020
Dah.Kablo Başl.36kV 3x240mm ²	36 "	3.974	143.064
Dah.Kablo Başl.17,5kV 3x70mm ²	13 "	1.509	19.617
Dah.Kablo Başl.17,5kV 3x120mm ²	37 "	1.866	69.042
Dah.Kablo Başl.17,5kV 3x185mm ²	8 "	1.983	15.864
Dah.Kablo Başl.17,5kV 3x240mm ²	4 "	2.002	8.008
Dağıtım Merkezi 12 Hücreli	2 "	578.039	1.156.078
Dağıtım Merkezi 20 Hücreli	1 "	690.473	690.473
Dağıtım Merkezi 24 Hücreli	2 "	747.300	1.494.600
Dağıtım Merkezi 28 Hücreli	1 "	802.959	802.959
Dağıtım Merkezi 32 Hücreli	2 "	859.191	1.718.382

G.TOPLAM (x1000 TL) 78.887.230

9.3.4. Projelendirme Maliyeti

MALZEME VEYA İŞİN CİNSİ	MİKTARI	B.FİYATI	TUTARI
Kablo hattının projelendiril.	402 km	298	119.796
15 kV'a kadar Tr.Merk.Proj.	395 Ad	1.094	432.130

G.TOPLAM (1000 TL) 551.926

9.3.5. 15 kV Tesisin Toplam Maliyeti

1) 15 kV Transformatör Merkezleri Maliyeti	219.754.544
2) 15 kV Yeraltı Kabloları Maliyeti	265.350.709
3) 34.5/15 kV İndirici ve Şalt Merkezleri Maliyeti	78.887.230
4) Projelendirme Maliyeti	551.926

G.TOPLAM (1000 TL) 564.544.409



9.4. 34,5 kV'A GÖRE TASARLANMIŞ TESİSİN MALİYETİ

9.4.1. 34,5 kV Transformatör Merkezleri Maliyeti

MALZEME VEYA İŞİN CİNSİ	MİKTARI	B.FİYATI	TUTARI
Stasyonær Akü 24V 100Ah	364 Ad	5.829	2.121.756
Bakır Bara 40/5 mm ²	38550 kg	85	3.276.750
Bakır Bara 50/5 mm ²	3800 "	85	323.000
Bakır Bara 50/10 mm ²	400 "	84	33.600
Demir Konstrüksiyon	390000 "	11	4.290.000
Azyağlı Kes.36kV 630A 750MVA	965 Ad	31.051	29.964.215
Bara Mesnet İz.36kV (750kg)	15174 "	371	5.629.554
Dah-Dah Geçit İz.36kV 400A	270 "	884	238.680
Dah.Adi Ayırıcı 36kV 630A	1418 "	5.145	7.295.610
Dah.Sig.Ayırıcı 36kV 400A	90 "	6.754	607.860
OG Sigorta Patronu 36kV 2A	270 "	247	66.690
Seksiyoner Kumanda Tertibatı	1508 "	480	723.840
Şarj Tertibatı 24V 2-10A	364 "	1.996	726.544
Ölçü ve Koruma Panosu	364 "	4.209	1.532.076
İhbar Röle Kombinasyonu 24V	364 "	2.598	945.672
İşıkli İhbar Tablosu	965 "	747	720.855
Trifaze Aşırı Akım Rölesi	364 "	4.043	1.471.652
Gerilim Kontrol Rölesi 24V	364 "	1.229	447.356
Yardımcı Röle 24V	965 "	593	572.245
Akustik Korna 24V	364 "	688	250.432
Ölüm Tehlike Levhası	2500 "	48	120.000
Galvaniz Şeritle Yapı.Topr.	364 "	445	161.980
Galvaniz Şerit	32760 kg	13	425.880
1x50mm ² NYY ile Yapı.Topraklı.	9925 mt	49	486.325
Akım Tr.36kV 10/5A 30VA c1:0,5	33 Ad	4.474	147.642
Akım Tr.36kV 30/5A 30VA c1:0,5	219 "	4.474	979.806
Akım Tr.36kV 60/5A 30VA c1:0,5	18 "	4.474	80.532
Akım Tr.36kV 10/5A 30VA c1:1	222 "	4.474	993.228
Akım Tr.36kV 20/5A 30VA c1:1	273 "	4.474	1.221.402
Akım Tr.36kV 30/5A 30VA c1:1	894 "	4.474	3.999.756
Akım Tr.36kV 60/5A 30VA c1:1	18 "	4.474	80.532
Akım Tr.36kV 15/5A 30VA c1:1	54 "	4.474	241.596
Akım Tr.36kV 300/5A 30VA c1:1	1245 "	4.474	5.570.130
Akım Tr.36kV 400/5A 30VA c1:1	186 "	4.559	847.974
Ger.Tr.34,5/0,1kV 60VA c1:0,5	180 "	11.286	2.031.480
Güc Trans.34,5/0,4kV 400 kVA	21 "	133.102	2.795.142
Güc Trans.34,5/0,4kV 630 kVA	42 "	184.572	7.752.024
Güc Trans.34,5/0,4kV 800 kVA	18 "	242.039	4.356.702
Güc Trans.34,5/0,4kV 1000 kVA	45 "	270.690	12.181.050
Güc Trans.34,5/0,4kV 1250 kVA	46 "	279.550	12.859.300
Güc Trans.34,5/0,4kV 1600 kVA	225 "	364.451	82.001.475
NYY Kablo 2x1,5 mm ²	18200 mt	17	309.400
NYY Kablo 3x2,5 mm ²	9100 "	21	191.100
NYY Kablo 4x2,5 mm ²	7280 "	23	167.440
NYY Kablo 7x2,5 mm ²	10920 "	31	338.520
Dah.Kablo Başl.36kV 3x150mm ²	728 "	3.804	2.769.312
Dah.Kablo Başl.36kV 3x240mm ²	108 "	3.974	429.192
Kulesiz Tip Tr.Binası 4 Hüc.	259 "	139.710	36.184.890

MALZEME VEYA İŞİN CİNSİ	MİKTARI	B.FİYATI	TUTARI
Kulesiz Tip Tr.Binası 6 Hüc.	95 "	166.959	15.861.105
Kulesiz Tip Tr.Binası 8 Hüc.	10 "	192.307	1.923.070
G.TOPLAM (1000 TL)			258.746.372

9.4.2. 34.5 kV Yeraltı Kabloları Maliyeti

MALZEME VEYA İŞİN CİNSİ	MİKTARI	B.FİYATI	TUTARI
YE3SSV Kablo 36 kV 3x120/25	122467 mt	1.155	141.449.385
YE3SSV Kablo 36 kV 3x150/25	50284 "	1.281	64.413.804
YE3SSV Kablo 36 kV 3x240/25	24795 "	1.679	41.630.805
G.TOPLAM (1000 TL)			247.493.994

9.4.3. 34.5 kV Şalt Merkezleri Maliyeti

MALZEME VEYA İŞİN CİNSİ	MİKTARI	B.FİYATI	TUTARI
Stasyonere Akü 110V 200Ah	8 Ad	41.890	335.120
Bakır Bara 40/5 mm ²	1800 kg	85	153.000
Bakır Bara 60/10 mm ²	19000 "	84	1.596.000
Demir Konstrüksiyon	30000 "	11	330.000
Azyağı Kes.36kV 1250A 1000MVA	79 "	35.499	2.804.421
Bara Mesnet İz.36kV (1250kg)	1152 "	396	456.192
Dah.Adi Ayırıcı 36kV 1250A	90 "	6.136	552.240
Dah.Sig.Ayırıcı 36kV 400A	2 "	6.754	13.508
OG Sigorta Patronu 36kV 2A	6 "	247	1.482
Seksiyoner Kumanda Tertibatı	92 "	480	44.160
Şarj Tertibatı 110V 2-10A	8 "	3.271	26.168
ölçü ve Koruma Panosu	79 "	4.209	332.511
İhbar Röle Kombinasyonu 110V	79 "	2.598	205.242
İşıkli İhbar Tablosu	79 "	747	59.013
Trifaze Aşırı Akım Rölesi	79 "	4.043	319.397
Gerilim Kontrol ölesi 110V	8 "	1.229	9.832
Yardımcı Röle 110V	158 "	593	93.694
Akustik Korna 110V	8 "	688	5.504
ölüm Tehlike Levhası	140 "	48	6.720
Galvaniz Seritle Yapı.Topr.	24 "	445	10.680
Galvaniz Serit	2260 kg	13	29.380
1x50mm ² NYN ile Yapı.Topraklı.	150 mt	49	7.350
Akım Tr.36kV 10/5A 30VA c1:1	18 Ad	4.474	80.532
Akım Tr.36kV 300/5A 30VA c1:1	117 "	4.474	523.458
Akım Tr.36kV 400/5A 30VA c1:1	87 "	4.559	396.633
İç İhtiyaç Tr.34,5/0,22kV 4kVA	2 "	22.222	44.444
Güç Trans.34,5/0,4kV 400 kVA	6 "	133.102	798.612

MALZEME VEYA İŞİN CİNSİ	MİKTARI	B.FİYATI	TUTARI
NYY Kablo 2x1,5 mm ²	700 mt	17	11.900
NYY Kablo 3x2,5 mm ²	700 "	21	14.700
NYY Kablo 4x2,5 mm ²	3500 "	23	80.500
NYY Kablo 7x2,5 mm ²	6100 "	31	189.100
Dah.Kablo Başl.36kV 3x150mm ²	39 "	3.804	148.356
Dah.Kablo Başl.36kV 3x240mm ²	29 "	3.974	115.246
Dağıtım Merkezi 12 Hücreli	4 "	578.039	2.312.156
Dağıtım Merkezi 20 Hücreli	4 "	690.473	2.761.892

G.TOPLAM (1000 TL) 14.869.143

9.4.4. Projelendirme Maliyeti

MALZEME VEYA İŞİN CİNSİ	MİKTARI	B.FİYATI	TUTARI
Kablo hattının projelendiril.	197 km	298	58.868
34,5kV'a kadar Tr.Merk.Proj.	395 Ad	1.094	432.130

G.TOPLAM (1000 TL) 490.998

9.4.5. 34,5 kV Tesisin Toplam Maliyeti

1) 34,5 kV Transformatör Merkezleri Maliyeti...	258.746.372
2) 34,5 kV Yeraltı Kabloları Maliyeti	247.493.994
3) 34,5 kV Salt Merkezleri Maliyeti	14.869.143
4) Projelendirme Maliyeti	490.998

G.TOPLAM (1000 TL) 521.600.507

BÖLÜM 10

ORTA GERİLİM ŞEBEKELERİNDE GERİLİM OPTİMİZASYONU

10.1. Optimizasyon

Optimizasyon kelime anlamıyla bir işin en teknik ve en ekonomik bir şekilde yapılmasıdır. Orta gerilim şebekelerinde optimizasyon ise, şebekenin maliyeti, güç ihtiyacını karşılayabilmesi ve sürekli beslemenin sağlanabilmesi bakımından en uygun şebeke tasarımının yapılması problemidir.

Orta gerilim şebekelerinde optimizasyon yapılırken çeşitli kısıtlamalar söz konusudur. Bu kısıtlamalar gerilim kademesi, güç ya da kesit olabilir. Bunların yanında özellikle büyük şehirlerde sabit maliyetlerde ön plana çıkabilir.

Orta gerilim şebeke optimizasyonu yapılırken genellikle güç kısıtlaması vardır. Zira şebekenin güç ihtiyacı ve gelecekteki gelişimi önceden büyük bir yaklaşıklıkla kestirilebilir. Bu yüzden şebekede kullanılacak gerilim ve kesitlerin optimizasyonu yapılır.

Optimizasyon yapılırken şebekede kullanılacak cihaz ve hatların maliyetleri ve teknik özelliklerinin çok iyi incelenmesi gerekir.

10.2. Orta Gerilim Yeraltı Kablolarının Optimizasyonu

Yeraltı kablolarında km başına maliyet fonksiyonu;

$$L = L_0 + L_1 U + L_2 q \quad \text{şeklindedir [7].} \quad (10.1)$$

L_0 : Yeraltı kablosunun km başına sabit masrafları
 L_1 : Gerilime bağlı katsayı
 L_2 : Kesite bağlı katsayı

Joule kayıplarından meydana gelen maliyet;

$$3.R.I^2 = \frac{3.r.I^2}{q} \quad [\text{W/km}]'dir. \quad (10.2)$$

I : Hat akımı (A)
 q : Hattın kesiti (mm^2)
 r : 1 km uzunluğunda ve 1 mm^2 kesitindeki bir fiktif iletkenin direnci

Tüm kayıplar;

$$J = \frac{J_0}{q} \cdot I^2 \quad (10.3)$$

$$J_0 = 3.12,5.r.h.k$$

k : Birim maliyet
 h : Kullanma saati

Güncelleştirme faktörü (Kablo ömrü 30 yıl ve faiz %7 olarak düşünülürse) 12,5 olarak hesap edilmiştir [7].

Kayıpların da gözönüne alınmasıyla maliyet fonksiyonu;

$$L = L_0 + L_1 U + L_2 q + \frac{J_0}{q} I^2 \quad \text{olur.} \quad (10.4)$$

$$\frac{\partial L}{\partial U} = \frac{k}{\sqrt{3}} \cdot \frac{\partial P}{\partial U} \quad L_1 = k \cdot I_0 \quad (10.5)$$

$$\frac{\partial L}{\partial q} = \frac{k}{\sqrt{3}} \cdot \frac{\partial P}{\partial q} \quad L_2 - J_0 \cdot \frac{I_0^2}{q_0^2} = 0 \quad (10.6)$$

$$\frac{\partial L}{\partial I} = \frac{k}{\sqrt{3}} \cdot \frac{\partial P}{\partial I} \quad \frac{2 \cdot J_0 \cdot I_0}{q_0} = k \cdot U_0 \quad (10.7)$$

I_0 : Optimal akım değeri
 q_0 : Optimal kesit değeri
 U_0 : Optimal gerilim değeri

$$q_0 = \sqrt{\frac{I_0}{L}} \cdot I_0 \quad (10.8)$$

akım yoğunluğu;

$$i_0 = \frac{I_0}{q_0} = \sqrt{\frac{L_2}{J_0}} \quad (10.9)$$

(6) ve (9) formüllerinden;

$$2 \sqrt{L_2 \cdot J_0} = k \cdot U_0 \quad \text{bu ifade ile "k.I}_0\text{" çarpılırsa}$$

$$k = \sqrt{\frac{2 \cdot L_1 \cdot \sqrt{3} L_2 \cdot J_0}{P}} \quad \text{olur ve buradan;}$$

$$U_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot \sqrt{L_2 \cdot J_0}}{L_1 \cdot \sqrt{3}}} \cdot \sqrt{P} \quad \text{ifadesi bulunur. (10.10)}$$

Bu sonuclan hattın optimal geriliminin iletilen gücün karekökü ile orantılı olduğu görölür [7].

Hattın ekonomik gücü de gerilimin karesi ile orantılıdır [7].

$$P_e = \frac{L_1 \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot \sqrt{L_2 \cdot J_0}} \cdot U^2 \quad (10.11)$$

(5) Formölünden;

$$I_0 = \sqrt{\frac{L_1}{2 \cdot \sqrt{3 \cdot L_2 \cdot J_0}}} \cdot \sqrt{P} \quad (10.12)$$

(6) Formölünden;

$$q_0 = \sqrt{\frac{L_1}{2 \cdot L_2}} \cdot \sqrt{\frac{J_0}{L_2}} \cdot \sqrt{P} \quad (10.13)$$

$$I_0 = \frac{L_1}{2 \cdot \sqrt{L_2 \cdot J_0}} \cdot U_0 \quad (10.14)$$

$$q_0 = \frac{L_1}{2 \cdot L_2} \cdot U_0 \quad (10.15)$$

(14) ve (15) Formüllerinden;

$$L_2 \cdot q_0 = \frac{J_0}{q_0} \cdot I_0^2 = \frac{1}{2} \cdot L_1 \cdot U_0 \quad (10.16)$$

Buradan;

$$L = L_0 + L_1 U_0 + L_2 q_0 + \frac{J_0}{q_0} \cdot I_0^2 \quad \text{formülü,}$$

$$L = L_0 + 2 \cdot L_1 \cdot U_0 \quad \text{şeklini alır.} \quad (10.17)$$

(10) ve (12) Formüllerinden ekonomik empedans;

$$Z_e = \frac{U_0}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{I_0}$$

$$Z_e = \frac{2 \cdot \sqrt{L_2 \cdot J_0}}{L_1 \cdot \sqrt{3}} \quad (10.18)$$

(10) ve (18) Formüllerinden

$$U_0^2 = Z_e \cdot P \quad \text{elde edilir.} \quad (10.19)$$

10.3. Transformator Postalarının Optimizasyonu

$$A = A_0 + A_1 U + A_2 P + A_3 I \quad [7] \quad (10.20)$$

A_0 : Postanın kurulduğu yerin kirası

A_1 : Gerilime bağlı katsayı

A_2 : Güce bağlı Katsayı

A_3 : Akıma bağlı katsayı

$$\frac{\partial A}{\partial U} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{\partial P}{\partial U} \quad A_1 + A_2 \cdot \sqrt{3} \cdot I_0 = 1 \cdot I_0 \quad (10.21)$$

$$\frac{\partial A}{\partial I} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{\partial P}{\partial I} \quad A_2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_0 + A_3 = 1 \cdot U_0 \quad (10.22)$$

$$A_1 = (1 - A_2 \cdot \sqrt{3}) \cdot I_0$$

$$A_3 = (1 - A_2 \cdot \sqrt{3}) \cdot U_0$$

$$1 - A_2 \cdot \sqrt{3} = \sqrt{\frac{A_1 \cdot A_3 \cdot \sqrt{3}}{P}}$$

$$U_0 = \sqrt{\frac{A_3}{A_1 \cdot \sqrt{3}}} \cdot \sqrt{P} \quad (10.23)$$

$$I_0 = \sqrt{\frac{A_1}{A_3 \cdot \sqrt{3}}} \cdot \sqrt{P} \quad (10.24)$$

Buradan, postalarda optimal gerilim ve optimal akımın P gücünün karekökü ile orantılı olduğu anlaşılır [7].

10.4. Toplam Şebekenin Optimizasyonu

Orta gerilim şebekeleri, hatlar ve transformatör postalarından meydana gelir. Bu durumda şebekenin toplam maliyeti [7];

$$T = LD + A \quad (10.25)$$

D : Hat uzunluğu

(1) ve (20) Formüllerinden

$$T = (D.L_0 + A_0) + (D.L_1 + A_1).U + A_2.\sqrt{3}.U.I + (2.D.\sqrt{L_2.J_0} + A_3).I \quad (10.26)$$

$$\frac{\partial T}{\partial U} = \frac{m}{\sqrt{3}} \cdot \frac{\partial P}{\partial U} \quad D.L_1 + A_1 + A_2.\sqrt{3}.I_0 = m.I_0 \quad (10.27)$$

$$\frac{\partial T}{\partial I} = \frac{m}{\sqrt{3}} \cdot \frac{\partial P}{\partial I} \quad 2.D.\sqrt{L_2.J_0} + A_3 + A_2.\sqrt{3}.U_0 = m.U_0 \quad (10.28)$$

$$m - A.\sqrt{3} = \sqrt{\frac{(D.L_1 + A_1).(2.D.\sqrt{L_2.J_0} + A_3).\sqrt{3}}{P}} \quad (10.29)$$

Buradan, optimal gerilim;

$$U_0 = \sqrt{\frac{2.D.\sqrt{L_2.J_0} + A_3}{(D.L_1 + A_1) \cdot \sqrt{3}}} \cdot \sqrt{P} \quad (10.30)$$

optimal akım;

$$I_o = \sqrt{\frac{D.L_1 + A_1}{(2.D.L_2.J_o + A_3) \cdot \sqrt{3}}} \cdot J_P \quad (10.31)$$

10.5. Gerilim-Maliyet Grafiği

-Mevcut şebeke;

Gerilim kademeleri : 10 kV, 34,5 kV

Toplam şebeke maliyeti : 545.862.355 (x1000) TL

-6,3 kV'a göre tasarlanmış şebeke;

Gerilim Kademeleri : 6,3 kV

Toplam şebeke maliyeti : 652.038.609 (x1000) TL

-15 kV'a göre tasarlanmış şebeke;

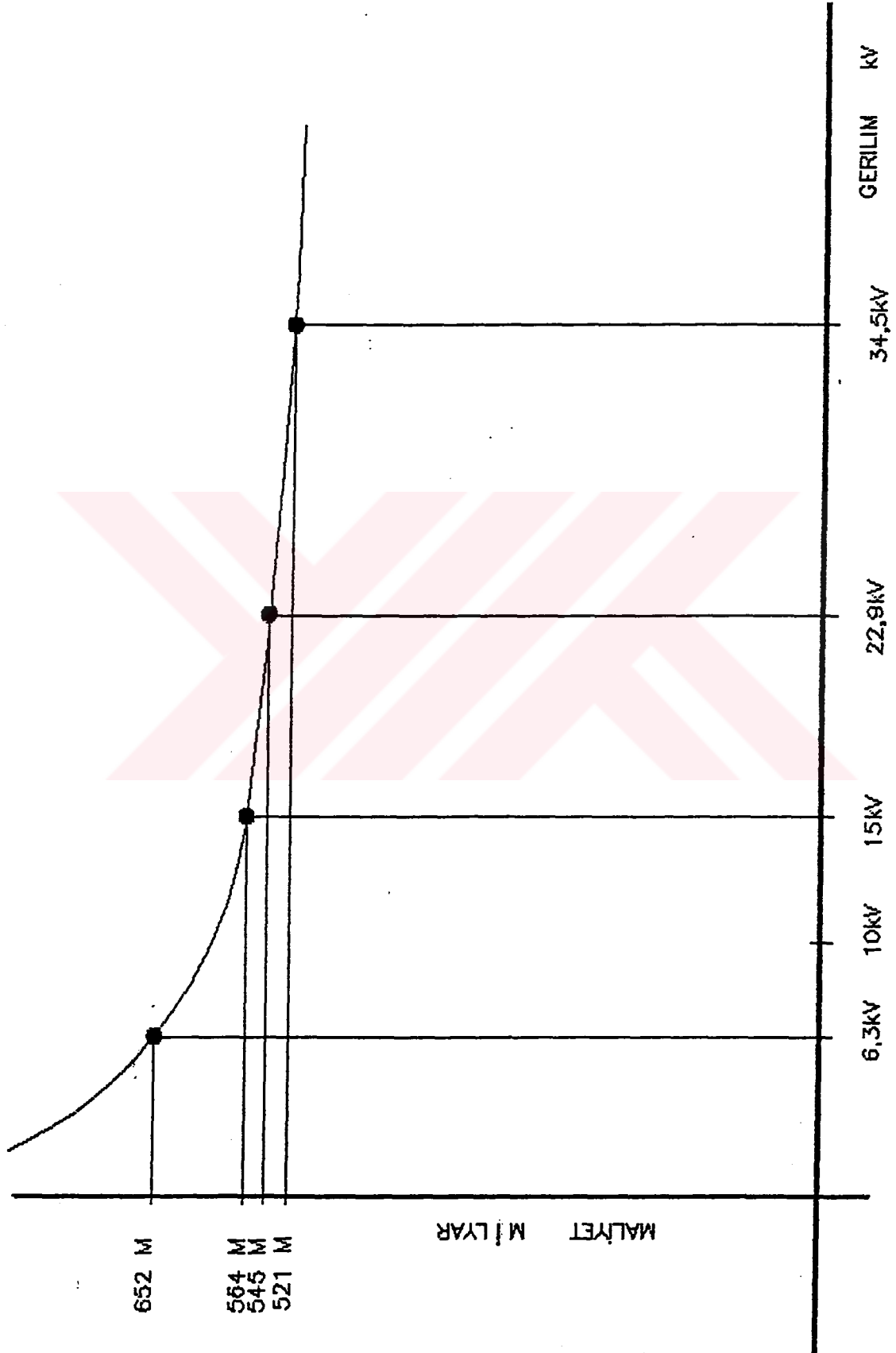
Gerilim Kademeleri : 15 kV

Toplam şebeke maliyeti : 564.544.409 (x1000) TL

-34,5 kV'a göre tasarlanmış şebeke;

Gerilim Kademeleri : 34,5 kV

Toplam şebeke maliyeti : 521.600.507 (x1000) TL



Şekil 10.1 Gerilim-Maliyet Grafiği

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

1994 yılında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'ndan yapılan açıklamaya göre, her yıl Keban'daki elektrik santralının ürettiği kadar enerjinin hatlarda ısıya dönüşmesi şebekelerin optimal tasarımlarının önemini bir kez daha ortaya koymuştur. Yapılan bu çalışma orta gerilim şebekelerinin tasarlanması konusunda şu sonuçları ortaya çıkarmıştır.

1) Güç yoğunluğu çok fazla olan bölgelerde dağıtımın en büyük orta gerilim kademesinde yapılması, indirici merkezlerin sayısının fazla olması, en optimal çözümdür.

2) Çeşitli gerilim kademelerinde yapılan şebeke tasarımları sonucunda optimal gerilimin 34,5 kV olduğu anlaşılmıştır.

Ülkemizde kullanılan 6,3 kV, 10 kV ve 15 kV gerilim kademeleri, yük yoğunluğu ve özellikle iletim mesafesi fazla olan bölgelerde ekonomik değildir. Her ne kadar kablo ve transformator postası cihazlarının birim fiyatları bir üst gerilime göre daha ucuz olsa da iletilen güç daha azdır.

3) Gerilim yükseldikçe sabit maliyetler de artmaktadır.

Bu durumda transformatör yeri daha büyük alan kaplayacağından giderleri de büyük olacaktır. Bununla birlikte yer problemi olan bölgelerde köşk tipi transformatör postaları tesis edilerek bu sabit giderler aşağı çekilebilir.

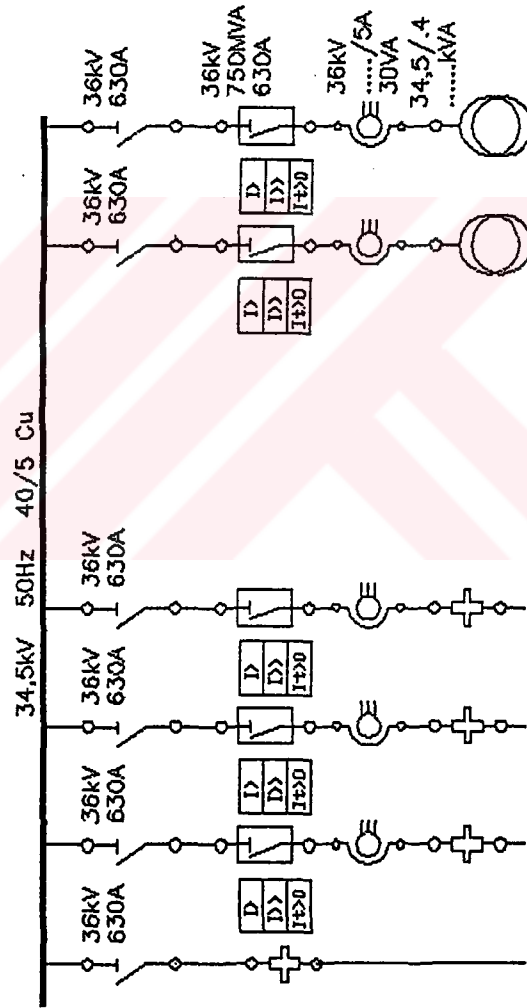
Ülkemizde 34,5 kV'tan daha büyük orta gerilim şebekesi yaygın olarak kullanılmadığından bu gerilimlerde cihaz üretimi de yoktur. Türkiye Elektrik Kurumu birim fiyatları da bu gerilimleri içermemektedir.

154 kV gerilime kadar kabloların üretildiği ülkemizde daha yüksek gerilim kademelerinde cihaz üretilmesi halinde orta gerilim şebekeleri daha ekonomik olarak tesis edilecek, şehri bir ağ gibi saran yeraltı kablo şebekesi daha az yer kaplayacaktır. Bu şekilde uzak mesafedeki tüketicilere daha az kayıpla enerji sağlanabilecektir.

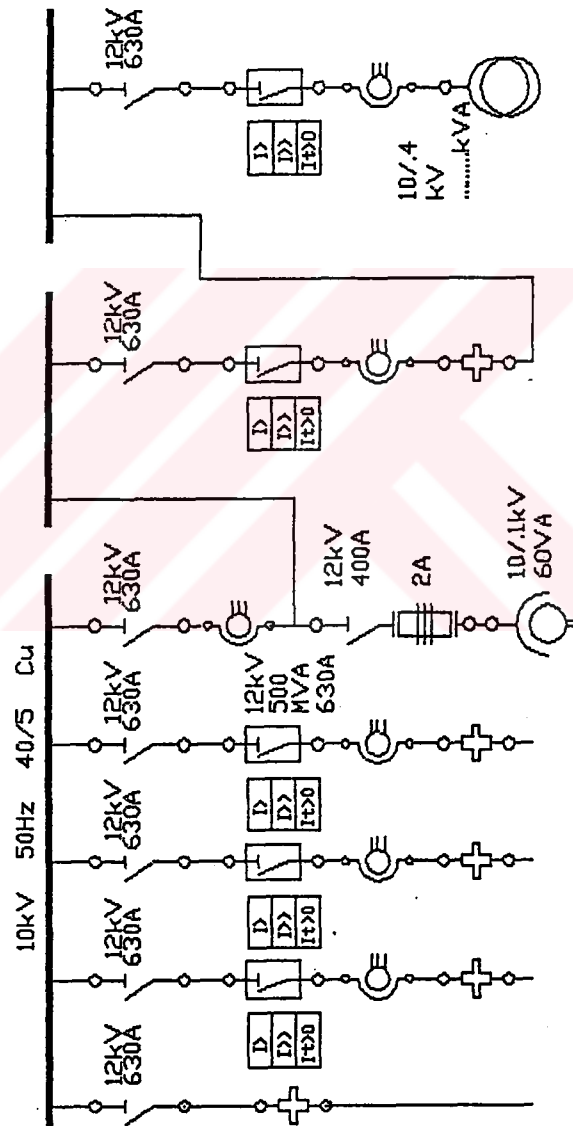
KAYNAKLAR

- [1] Peşint A., Elektrik Santralleri Enerji İletimi ve Dağıtımı, Ankara, 1978.
- [2] Bayram M., Elektrik Tesisleri Dersleri Cilt 1, İstanbul, 1978.
- [3] Alperöz N., Elektrik Enerjisi Dağıtımı, İstanbul, 1987.
- [4] İnan M., Orta Gerilim Şebekeleri, Cilt 2, İstanbul, 1982.
- [5] Saner Y., Güç Dağıtımı, İzmit, 1991.
- [6] Bayram M., Elektrik Tesislerinde Güvenlik, İstanbul, 1987.
- [7] Tarkan N., Elektrik Tesislerinde Optimizasyon ve Durum Kestirimi Ders Notları, İstanbul, 1991.
- [8] T.E.K. 1993 Birim Fiyat Listesi, 1993.

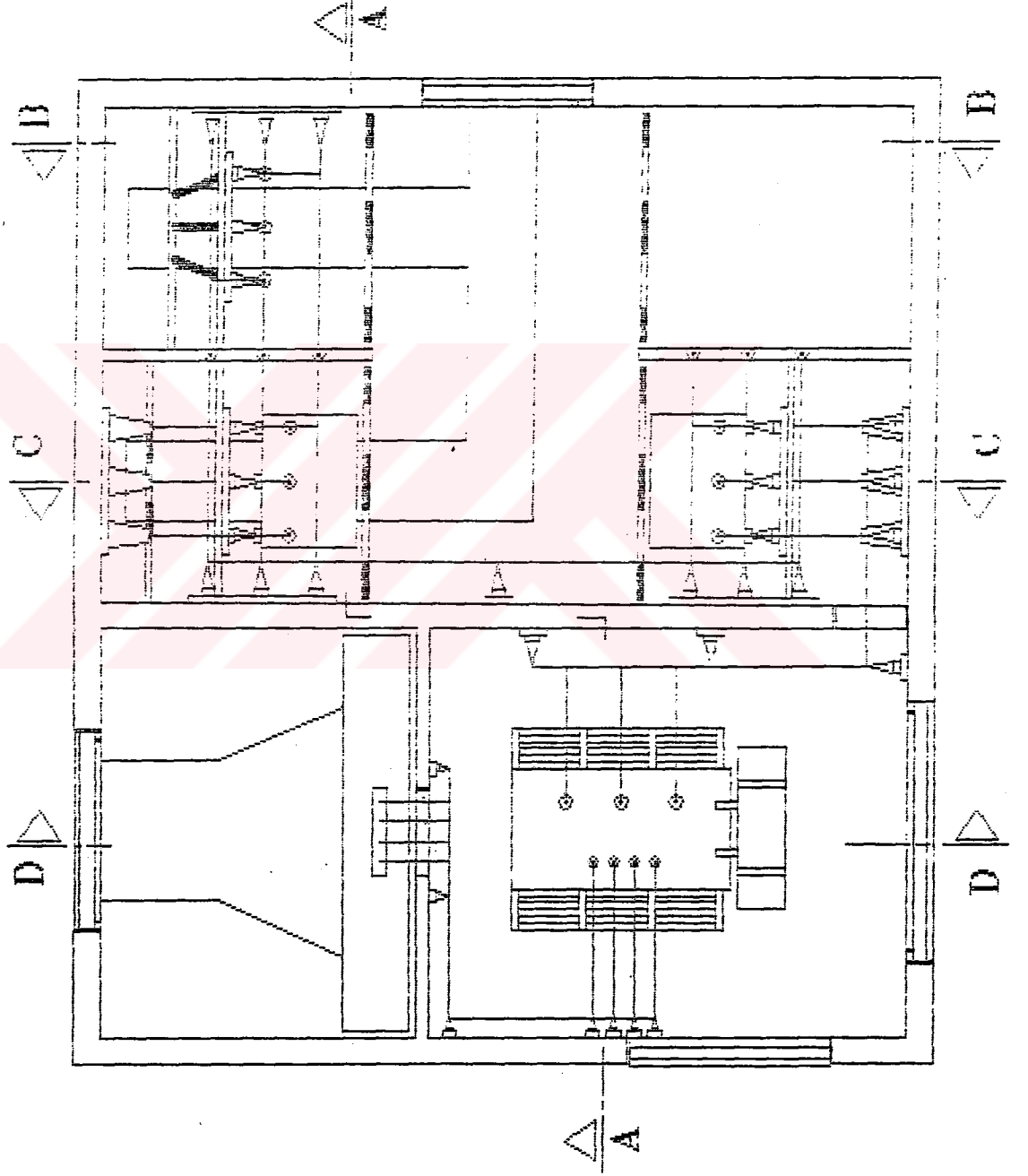
Elektrik Kurumuna Ait Transformatör Merkezi Tek Hat Seması



Aboneye Ait Transformatör Merkezi Tek Hat Şeması

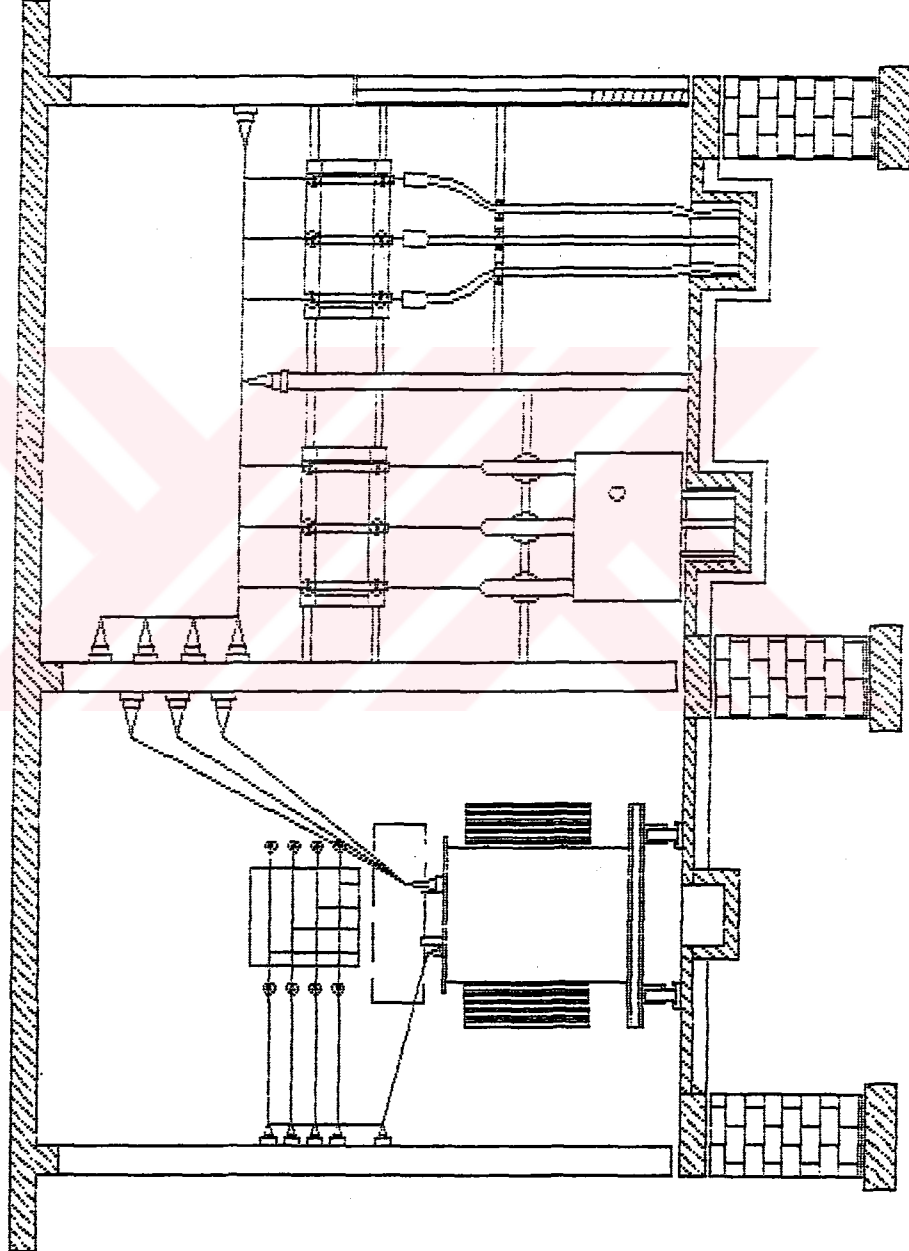


Transformatör Merkezi Montaj Şeması



EK-4

Transformatör Merkezi Montaj Şeması



A-A KESİTİ

DZGEÇMİŞ

1968 yılında Giresun'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Tokat'ın Zile ilçesinde tamamladıktan sonra, 1985 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği bölümüne girdi. 1988 yılında öğrenimine devam ederken bir proje ve taahhüt firmasında çalışmaya başladı. Bu firmada orta gerilim proje ve transformatör postaları tesis edilmesi konularında tecrübe kazandı. 1990'da elektrik mühendisliği eğitimini bitirip yine bir elektrik taahhüt firmasında teknik sorumlu olarak göreve başladı. Aynı yılda İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Ana Bilim Dalı Elektrik Mühendisliği programında yüksek lisans eğitimine başladı. İş hayatının yanında eğitime devam etti.

Halen kurucu üyesi olduğu Omega Elektrik Malzemeleri Pazarlama Taahhüt ve Omega Elektrik Mühendislik Müşavirlik Sanayi Ticaret Limited Şirket'lerinde iş hayatını sürdürmektedir.