İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PETKİM PETROKİMYA ALİAĞA TESİSİ'NİN ELEKTRİK SİSTEMİ'NİN YÜK AKIŞI ve KISA DEVRE HESAPLARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müh. Aykut Can SERRİCAN

Anabilim Dalı : ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ

Programı : ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ

TEMMUZ 2007

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PETKİM PETROKİMYA ALİAĞA TESİSİ'NİN ELEKTRİK SİSTEMİ'NİN YÜK AKIŞI ve KISA DEVRE HESAPLARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müh. Aykut Can SERRİCAN
504041007

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20 Temmuz 2007
Tezin Savunulduğu Tarih : 20 Temmuz 2007

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Aydoğan ÖZDEMİR
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Ömer USTA (İTÜ)
Doç.Dr. Canbolat UÇAK (Yeditepe Ü.)

TEMMUZ 2007

ÖNSÖZ

Öncelikle PETKİM Genel Müdürlüğüne bu çalışmayı yapmama izin verdiği için;

İşletmeler Genel Müdür Yardımcısı Abdulkadir Tuncer'e, Elektirk Üretim Ünitesi Yöneticisi Melih Hazar'a, Elektrik Bakım Uzman Mühendisi Levent İlman'a bana verdikleri destek, bilgi akışı ve belgeler için özellikle teşekkür etmek isterim. Ayrıca, burada isimlerini tek tek sayamayacağım, ünitelerin elektrik-elektronik bakım gruplarının yöneticisinden teknisyenine her seviyedeki personeline bana hiç yüksünmeden verdikleri destekler için teşekkür ederim.

Yardım ve anlayışlarından ötürü başta tez danışmanım Prof.Dr. Aydoğan Özdemir olmak üzere emekli Öğr. Gör. İsa İlisu'ya, Prof. Dr. Adnan Kaypmaz'a ve Prof. Dr. Kevork Mardikyan'a teşekkür borçluyum.

Son olarak teşekkürlerim, destekleri ve sevgileri için aileme annem Şen Serrican'a, Ayça Bilir'e ve şimdi sonda ama belki en başta: Desteğiyle, yardımıyla hem evde hem işte, mesleki ve PETKİM sistemi konusundaki bilgisiyle çalışmanın her anında var olan babam Rahim Serrican'a.

Çalışmanın verilen bütün emeklere yaraşır olması ümidiyle, tekrar sonsuz teşekkürler…

Temmuz 2007 **Aykut Can Serrican**

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR vi
TABLO LİSTESİ vii
ŞEKİL LİSTESİ ix
SEMBOL LİSTESİ x
ÖZET xii
SUMMARY xv

1. GİRİŞ 1

2. PETKİM 3

2.1. Tanıtım 3

2.2. Buhar Üretim Tesisi 6

2.2.1. Yakıt sistemi 6
2.2.2. Kazan besleme suyu 7
2.2.3. Buhar türbinleri 9

2.3. Elektrik Üretim Ve Dağıtım Ünitesi 10

2.3.1. Elektrik üretim sistemi 13
2.3.2. Elektrik dağıtım sistemi 13
2.3.3. Fabrikaların elektrik sistemi 15
2.3.3.1. Fabrikalarda kullanılan motorlar 15
2.3.3.2. Fabrikaların beslenme tarzları 16

3. YÜK AKIŞI – KISA DEVRE HESAPLARI VE DIG-SILENT 18

3.1. Dig-Silent ile Benzetim 18

3.1.1. Veritabanı yapısı 19

3.2. Yük Akışı Hesabı 20

3.2.1. Bara admintans matrisi 21
3.2.2. Klasik Newton-Raphson yöntemi 23
3.2.3. Dig-Silent'ın yük akışı hesabı 24
3.2.3.1. Çözümün olmaması durumu 25
3.2.4. Dig-Silent'taki hesaplama seçenekleri 25

3.3. Kısa Devre Hesabı 26

3.3.1. Kısa devre akımı karakteristikleri 27
3.3.2. Kısa devre akımı büyüklükleri 28
3.3.2.1. Başlangıç simetrik kısa devre akımı (I_k'') 28
3.3.2.2. Başlangıç simetrik kısa devre gücü (S_k'') 28
3.3.2.3. Kısa devre akımının tepe değeri (i_p) 28

3.3.2.4. Simetrik kısa devre kesme akımı (I_b) 28
3.3.2.5. Simetrik kısa devre kesme gücü (S_b) 29
3.3.2.6. Sürekli hal kısa devre akımı (I_k) 29
3.3.2.7. Termik kısa devre akımı (I_{th}) 29
3.3.2.8. Kısa devre akımının azalan bileşeni (i_{dc}) 29
3.3.3. Yapılan kabuller 30
3.3.4. Hesap yöntemi 30
3.3.5. En yüksek kısa devre akımları 31
3.3.6. En düşük kısa devre akımları 31
3.3.7. Dig-Silent'taki hesaplama seçenekleri 32

4. YAPILAN HESAPLAR 34

4.1. PETKİM Elektrik Sisteminin Modeli 34

4.2. Ölçme ve Benzetim Sonuçlarının Karşılaştırması 36

4.3. Yük Akışı Benzetimleri 39

4.3.1. Çalışma durumları 39

4.4. Kısa Devre Benzetimleri 42

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 44

5.1. Yük Akışı Sonuçları 44

5.1.1. Durum 1 44
5.1.2. Durum 2 46
5.1.3. Durum 3 48
5.1.4. Durum 4 49

5.2. Kısa Devre Sonuçları 51

5.2.1. Durum 5 52
5.2.1.1. 34,5 kV bara dayanımları 52
5.2.1.2. 6,3 kV bara dayanımları 52
5.2.1.3. 34,5 kV ünite çıkış röleleri ayarları 53
5.2.1.4. TEİAŞ röleleri ayarları 54
5.2.1.5. 34,5 kV bara arızalarının hissedilmesi 55
5.2.2. Durum 6 55
5.2.2.1. 34,5 kV bara dayanımları 55
5.2.2.2. 6,3 kV bara dayanımları 56
5.2.2.3. 34,5 kV ünite çıkış röleleri ayarları 57
5.2.2.4. TEİAŞ röleleri ayarları 58
5.2.2.5. 34,5 kV bara arızalarının hissedilmesi 58
5.2.3. Durum 7 59
5.2.3.1. 34,5 kV bara dayanımları 59
5.2.3.2. 6,3 kV bara dayanımları 59
5.2.3.3. 34,5 kV ünite çıkış röleleri ayarları 60
5.2.3.4. TEİAŞ röleleri ayarları 61
5.2.3.5. 34,5 kV bara arızalarının hissedilmesi 61
5.2.4. Durum 8 62
5.2.4.1. 34,5 kV bara dayanımları 62
5.2.4.2. 6,3 kV bara dayanımları 63

5.2.4.3. 34,5 kV ünite çıkış röleleri ayarları 64
5.2.4.4. TEİAŞ röleleri ayarları 64
5.2.4.5. 34,5 kV bara arızalarının hissedilmesi 65

5.3. Durumlara Ait Sonuçların Toplu Özeti 66

5.3.1. Yük akışı sonuçları 66
5.3.2. Kısa devre benzetim sonuçları 67

5.4. Öneriler 68

KAYNAKLAR 70

EKLER 71

ÖZGEÇMİŞ 95

KISALTMALAR

NSC : Naphta Steam Cracking (Etilen)
AYPE : Alçak Yoğunluk Polietilen
AYPE-T : Tubular Alçak Yoğunluk Polietilen
YYPE : Yüksek Yoğunluk Polietilen
PP : Polipropilen
ACN : Akrilonitril
EO/EG : Etilen Oksit / Etilen Glikol
PTA : Saf Tereftalik Asit
PA : Ftalik Anhidrit
CA : Klor Alkali
VCM : Vinil Klorür Monomer
PVC : Polivinil Klorür
D.S.İ : Devlet Su İşleri
RG : Atık gaz
HY : Basınçlı Hidrojen
FG : Fuel Gaz
LS : Alçak Basınçlı Buhar
MW : Demi Suyu
BFW : Kazan Besleme Suyu
MS : Orta Basınçlı Buhar
HS : Yüksek Basınçlı Buhar
XHS : Çok Yüksek Basınçlı Buhar
HP : Yüksek Basınç
MP : Orta Basınç
LP : Alçak Basınç
LSCV : Canlı Buhar Denetim Vanası
MSV : Ana-Stop Vanası
SVC : Buhar Koşullandırma Vanası
HSW : Yüksek Püskürtmeli Su
MCC : Motor Control Center

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1 c Faktörü Belirlenmesi ….…….... 34
Tablo 4.1 Bara Gerilimleri ……..…….. 39
Tablo 4.2 TEİAŞ Transformatörleri ..……..……. 39
Tablo 4.3 Yükler ……..……. 40
Tablo 4.4 Generatörler ……..…… 40
Tablo A.1 Durum 1, Fabrika Transformatörleri Yüklenmeleri ……..…... 73
Tablo A.2 Durum 1, Motor Transformatörleri Yüklenmeleri ……..…. 74
Tablo A.3 Durum 2, Fabrika Transformatörleri Yüklenmeleri ……. 74
Tablo A.4 Durum 2, Motor Transformatörleri Yüklenmeleri ……... 75
Tablo A.5 Durum 3, Fabrika Transformatörleri Yüklenmeleri ……..…... 75
Tablo A.6 Durum 3, Motor Transformatörleri Yüklenmeleri ……..…. 76
Tablo A.7 Durum 4, Fabrika Transformatörleri Yüklenmeleri ……. 76
Tablo A.8 Durum 4, Motor Transformatörleri Yüklenmeleri ……..……. 77
Tablo A.9 Durum 1, Fabrika Hatları Yüklenmeleri ……..…… 77
Tablo A.10 Durum 1, Motor Hatları Yüklenmeleri ……..……. 78
Tablo A.11 Durum 2, Fabrika Hatları Yüklenmeleri ……..…… 78
Tablo A.12 Durum 2, Motor Hatları Yüklenmeleri ……..….. 79
Tablo A.13 Durum 3, Fabrika Hatları Yüklenmeleri ……..… 79
Tablo A.14 Durum 3, Motor Hatları Yüklenmeleri ……..…….. 80
Tablo A.15 Durum 4, Fabrika Hatları Yüklenmeleri ……..…… 80
Tablo A.16 Durum 4, Motor Hatları Yüklenmeleri ……..…….. 81
Tablo A.17 Durumlara Ait Aktif ve Reaktif Kayıplar ……..…….. 81
Tablo A.18 Durumlara Ait TEİAŞ'tan Alınan Güçler ……..…….. 81
Tablo A.19 Durumlara Ait Aktif Güç Üretim Dağılımı ……..…… 81
Tablo A.20 Durumlara Ait Reaktif Güç Üretim Dağılımı ……..…… 81
Tablo A.21 Durumlara Ait Aktif ve Reaktif Güç Tüketim Dağılımı ..…… 82
Tablo B.1 Durum 5, 34,5 kV Bara Dayanımları ……..……. 83
Tablo B.2 Durum 6, 34,5 kV Bara Dayanımları ……..……. 83
Tablo B.3 Durum 7, 34,5 kV Bara Dayanımları ……..……. 83

Tablo B.4 Durum 8, 34,5 kV Bara Dayanımları ……..……. 83
Tablo B.5 Durum 5, 6,3 kV Bara Dayanımları ……..... 84
Tablo B.6 Durum 6, 6,3 kV Bara Dayanımları ……..... 85
Tablo B.7 Durum 7, 6,3 kV Bara Dayanımları ……..... 86
Tablo B.8 Durum 8, 6,3 kV Bara Dayanımları ……..... 87
Tablo B.9 Durum 5, 34,5 kV Ünite Çıkış Röleleri Ayarları ……..... 88
Tablo B.10 Durum 6, 34,5 kV Ünite Çıkış Röleleri Ayarları ……. 89
Tablo B.11 Durum 7, 34,5 kV Ünite Çıkış Röleleri Ayarları ……..……... 90
Tablo B.12 Durum 8, 34,5 kV Ünite Çıkış Röleleri Ayarları ……..……... 91
Tablo B.13 Durum 5, TEİAŞ Röleleri Ayarları ……..…… 91
Tablo B.14 Durum 6, TEİAŞ Röleleri Ayarları ……..…… 92
Tablo B.15 Durum 7, TEİAŞ Röleleri Ayarları ……..…… 92
Tablo B.16 Durum 8, TEİAŞ Röleleri Ayarları ……..…… 92
Tablo B.17 Durum 5, A,B,C ve D Bara Arızalarının Hissedilmesi ……..….. 92
Tablo B.18 Durum 6, A,B,C ve D Bara Arızalarının Hissedilmesi ……..….. 93
Tablo B.19 Durum 7, A,B,C ve D Bara Arızalarının Hissedilmesi ……..….. 94
Tablo B.20 Durum 8, A,B,C ve D Bara Arızalarının Hissedilmesi ……..….. 95
Tablo B.21 6,3 kV Terminallerindeki 1 Fazlı Arızaların Hissedilmesi ……..… 96

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1 : PETKİM Petrokimya A.Ş. ……... 3

Şekil 2.2 : Pektim Ürün Akış Şeması …….…... 6

Şekil 2.3 : Buhar Üretim Yakıt Sistemi ……..…... 8

Şekil 2.4 : Üretim Kazan Besleme Suyu Sistemi …… 10

Şekil 2.5 : Buhar Üretim Buhar Sistemi …….. 11

Şekil 2.6 : Elektrik Üretim ve Dağıtım Sistemi ……... 13

Şekil 2.7 : YYPE Fabrikası 6,3 kV Dağıtım Sistemi ……. 18

Şekil 3.1 : Elektrik güç sisteminde tipik bir i barası …… 22

Şekil 3.2 : Generatörden Uzakta Kısa Devre Akımı - Zaman Karakteristiği... 29

Şekil 3.3 : Generatör Yakınında Kısa Devre – Zaman Karakteristiği ……. 29

Şekil 3.4 : Basit Bir Güç Sistemi ……. 32

Şekil 3.5 : I_k'' Akımı Hesabında Kullanılan Eşdeğer Devre ……...… 33

Şekil 4.1 : 1 Mart ve 13 Nisan Tarihlerindeki Yapılandırma …….. 39

Şekil 4.2 : Durum 1 ve Durum 5 ……. 42

Şekil 4.3 : Durum 2 ve Durum 6 ……. 43

Şekil 4.4 : Durum 3 ve Durum 7 ……. 43

Şekil 4.5 : Durum 4 ve Durum 8 ……. 44

SEMBOL LİSTESİ

1ϕ	: Bir faz
3ϕ	: Üç faz
A	: Kısa-Devre akımının DA bileşenin i_{DC} başlangıç değeri
c_{maks}	: En yüksek gerilim faktörü
$c_{\min}$	: En düşük gerilim faktörü
C	: Kapasite
C_0	: 0 bileşen kapasitesi
CH_4	: Metan
C_2H_4	: Etilen
C_2H_6	: Etan
C_3H_8	: Propan
C_4H_{10}	: Bütan
C_5H_{12}	: Pentan
CO_2	: Karbondioksit
$\cos\varphi$	: Görünür güç ile aktif gücün arasındaki açının kosinüsü
f	: Frekans (50 Hz)
i_p	: Kısa devre akımının tepe değeri
i_{dc}	: Kısa devre akımının doğru akım bileşeni
I	: Akım (etkin değer)
I_b	: Simetrik kısa devre kesme akımı
I_{bara}	: Baralardan çekilen akımların vektörünü
I_{hat}	: İletim hattının anma akımı
I_k	: Sürekli hal kısa devre akımı (etkin değer)
I_k''	: Başlangıç simetrik kısa devre akımı (etkin değer)
I_{kG}''	: Generatörün başlangıç simetrik kısa devre akımı (etkin değer)
I_{rG}	: Generatörün anma akımı

$I_{röle}$: Rölenin anma akımı

I_{th} : Termik kısa devre akımı

I_{trafo} : Transformatörün anma akımı

J : Jacobien matrisi

κ : Kısa devre akımının tepe değerinin hesaplanabilmesi için katsayı

k_{pu} : Aktif gücün gerilime bağımlılık derecesi

k_{qu} : Reaktif gücün gerilime bağımlılık derecesi

μ : Simetrik kısa devre kesme akımının hesaplanabilmesi için katsayı

N_2 : Azot

Na_2HPO_4 : Disodyum Fosfat

Na_3PO_4 : Trisodyum Fosfat

O_2 : Oksijen

p : Kutup çifti sayısı

P : Aktif güç (etkin değer)

P_{rM} : Asenkron makinenin anma aktif gücü

q : Asenkron makinenin kesme akımının hesaplanabilmesi için katsayı

Q : Reaktif güç (etkin değer)

R : Direnç

R_0 : 0 bileşen direnci

S_b : Simetrik kısa devre akımı kesme gücü

S_k'' : Başlangıç simetrik kısa devre gücü (etkin değer)

$\tan\delta$: Yalıtım katsayısı

$\tan\delta_0$: 0 devre yalıtım katsayısı

U : Gerilim (etkin değer)

U_n : Anma gerilimi

V : Gerilim (etkin değer)

V_{bara} : Baraların referans bara ile arasındaki gerilim farklarının vektörünü

X : Reaktans

X_0 : 0 bileşen reaktansı

Y : Admintans

Y_{bara} : Bara admintans matrisi

PETKİM PETROKİMYA ALİAĞA TESİSİ'NİN ELEKTRİK SİSTEMİ'NİN YÜK AKIŞI ve KISA DEVRE HESAPLARI

ÖZET

PETKİM Petrokimya A.Ş., ciddi boyutlarda enerji tüketen, TEİAŞ'ın güçlü kısa devre potansiyeline sahip bir bölgesine bağlı, üretimi çok hassas, kritik ve enerji kesintilerine ve kalitesine karşı çok duyarlı ve bu nedenle kendi enerji üretim tesisleri de olan bir sanayi kuruluşudur. Bu nedenlerden dolayı elektrik üretim ve dağıtım sisteminin iyi yapılandırılması ve iyi yönetilmesi tesis için çok hayati bir öneme sahiptir. İyi yapılandırma ve yönetim ancak sistemin doğru tanımlanması ile sağlanabilir, bu tanımlamayı sağlayacak yöntemler ise yük akışı, kısa devre, geçici hal kararlılık ve güvenirlilik analizleri gibi analizlerdir. Bu tez çalışması, PETKİM PETROKİMYA ALİAĞA TESİSİ'NİN ELEKTRİK SİSTEMİ'NİN YÜK AKIŞI ve KISA DEVRE HESAPLARI'NI kapsamaktadır.

Yapılan analiz sonuçlarına ve yorumlarına geçilmeden önce, PETKİM sistemi ve yapılacak analizlerin yöntemleri açıklanmıştır.

Tez çalışmasının 2. Bölümü, PETKİM Petrokimya tesisini oluşturan üniteleri ve ürün akışının tanıtımı ile başlamaktadır. Devamındaki kısımda buhar üretim tesisinin yakıt, kazan besleme suyu ve buhar türbin sistemi hakkında şekiller yardımı ile bilgi verilmiştir. Bu kısmın eklenmesindeki amaç generatörleri tahrik eden sistemi tanıtmak ve böylece elektrik üretiminin önündeki engeller ve denetimi konusunda bir fikir elde edilmesini sağlamaktır. Bölümün son kısmında elektrik üretim, 34,5 kV ana dağıtım ve 6,3 kV fabrika dağıtım ünitelerinin donanımları ve yapısal özelliklerinin önemli noktaları anlatılmıştır. Dağıtım sistemlerinin daha iyi anlaşılabilmesi için, 6,3 kV dağıtım sistemi örneği olarak YYPE fabrikasının 6,3 kV dağıtım şeması ve 34,5 kV ana dağıtım şeması verilmiştir.

3. Bölüm'de analizler için kullanılacak olan Dig-Silent programının yapısına, yapılacak olan yük akışı ve kısa devre analizlerinin yöntemlerine ve Dig-Silent programının sunduğu hesap özelliklerine değinilmiştir. Dig-Silent programının yapısında değinilen noktalar kullandığı donanım modellemeleri ve veritabanı yapısıdır. Yük akışı kısmında, yük akışı hesabında kullanılan ve hesaplanan büyüklükler, bara özellikleri ve Dig-Silent programının da kullandığı Newton-Raphson'un yük akışı hesaplarına uyarlanmış yöntemi tanıtılmaya çalışılmıştır. Bu tanıtıma, Kirchhoff'un akım yasasının elektrik güç sistemindeki bir baraya uygulanması ile başlanılmış, sonrasında bara admintans matrisi tanımı yardımı ile Newton-Raphson yönteminde kullanılabilecek güç eşitlikleri elde edilmiştir. Devamında Newton-Raphson yönteminin matematiksel yapısı açıklanmaya çalışılıp, matematiksel yöntem ile güç eşitlikleri arasındaki köprü kurmaya çalışılmıştır. Yük akışı kısmının son alt başlıklarında ise Dig-Silent programının yük akışı hesabına yaklaşımından ve hesaplama seçeneklerinden bahsedilmiştir. Son kısımda, kullanılan kısa devre hesabının özellikleri konusunda bilgi verilmiştir. Tez çalışmasında, Dig-Silent programının sunduğu üç hesap tercihinden biri olan yük akışından hareketle yapılan kısa devre hesabı kullanılmamış; onun yerine bir diğer seçenek olan IEC

60909 standardına göre hesaplamalar yapılmıştır. Kısa devre hesaplarında IEC 60909 standardının kullanılmasının nedeni, bara dayanımlarının ve röle ayarlarının incelenmesinin hedeflenmesidir. Standardın hesapladığı en yüksek ve en düşük kısa devre akımı değerlerinin kullanım alanları hedeflenen incelemeler ile örtüşmektedir. En yüksek kısa devre akımı, sistemdeki elektriksel donanımın kapasitesi ve sınıflarının belirlenmesinde kullanılır. En düşük kısa devre akımı ise sigortaların ve koruma donanımının (röle) seçimi ve ayarında dikkate alınır. Kısmın alt başlıklarında hesaplama yöntemleri ve hesapta yapılan kabuller ve bu kabullerin hesaplamanın doğruluğuna etkisinden bahsedilmiş; kısa devre akımının büyüklükleri ve grafiği verilmiştir; son olarak da Dig-Silent programının sunduğu hesaplama seçenekleri açıklanmıştır.

4. Bölüm, PETKİM elektrik sisteminin modelleme çalışmalarının anlatıldığı kısım ile başlamaktadır. Daha sonra oluşturulan modelin doğrulanması amacıyla iki farklı yük durumu için yük akışları yapılmış, sistemden alınan veriler ve yük akışı sonuçları kıyaslanmıştır. Yeterli doğruluğa erişildiği kanıtlandıktan sonra, PETKİM ilgililerinden alınan bilgiler ışığında, dört farklı çalışma durumu için yük akışları yapılmıştır. Son olarak, yukarıda belirtilen dört farklı durum için en yüksek ve en düşük üç fazlı simetrik kısa devre akımı ve bir fazlı kısa devre akımı benzetimleri gerçekleştirilmiştir.

5. Bölüm analizlerde elde edilen sonuçların önceden belirlenmiş konulara göre incelendiği bölümdür. Yük akışı analizinde incelenen konular,

- bara gerilim profilleri
- aktif güç yüklenme seviyeleri
- aktif güç kayıpları
- TEİAŞ'tan sağlanan reaktif gücün/aktif gücün oranı
- TEİAŞ ve PETKİM'in üretimdeki payları
- dört motor ile ünitelerin tüketimleridir.

Kısa devre benzetim sonuçları ise aşağıdaki bakış açılarına göre değerlendirilmiştir:

- 34.5 kV ve 6.3 kV bara dayanım akımları,
- 34.5 kV ünite çıkış ve TEİAŞ röle ayarları ve
- 34.5 kV bara arızalarının hissedilmesidir.

Yük akışı ve kısa devre analizlerindeki incelemelerin bir kısa özeti yapılacak olunursa, fabrika transformatörleri ve besleme hatları için genişleme kapasitesi bulunmaktadır. TEİAŞ cezalı tarifesine girilmemesi ve generatörlerin aşırı reaktif yüklenmemesi için 34,5 kV sistemdeki kompanzasyonun kapasitesinin artırılması ve denetimli hale getirilmesinde fayda vardır. Fabrika yüklerinin ağırlıklı olarak bağlı olduğu 34,5 kV C ve D baralarında, incelenen çalışma durumları için, kısa devre akımları bakımından üst sınıra gelinmiştir. Sisteme eklenmesi düşünülen yeni motor veya generatörler olursa ya fabrika yükleri A veya B baralarına dağıtılmalı veya yeni eklenen elemanların 34,5 kV baradan görülen reaktansları yüksek olmalı ya da halen süren yenileme çalışmalarında da yapıldığı gibi, yeni üretim grupları yeni yapılacak 154 kV'luk bara sistemine bağlanmalıdır. İncelenen çalışma durumlarında, i_p akımı açısından sorunu olan 34,5 kV ve 6,3 kV baraların elektrodinamik açıdan güçlendirilmesi gerekmektedir. 34,5 kV A ve B baralarında meydana gelen 1 fazlı

kısa devrelerin kaynak röleleri tarafından algılanmasında sorun vardır. Bu sorun kuplaj hücrelerindeki röle ayarlarının koordinasyonu ile giderilebilir. 6,3 kV transformatör terminallerindeki 1 fazlı arızanın algılanamama sorunu, transformatörden 6,3 kV baraya kadar olan hattın transformatörün diferansiyel koruma sahası içine alınmasıyla çözülebilir.

LOAD FLOW & SHORT-CIRCUIT ANALYSIS OF ELECTRIC POWER SYSTEM OF PETKİM ALİAĞA PETROCHEMICAL PLANT

SUMMARY

PETKİM Aliağa Petrochemical Plant is an industrial plant that consumes power in a very large scale. Electric power system of PETKİM is directly supplied from the TEİAŞ network having a high short circuit capacity. On the other hand, due to its sensitive and critical production, the plant also has its own power production facilities providing a high quality supply with less power interruptions. For these reasons, power supply system, power production management and power distribution system are assumed as the critical basic systems required for a high-quality production of the plant. Proper structuring and management of the power can only be achieved by an improved power system verified by the results of load flow analyses, short circuit analyses, transient stability analyses and reliability analyses. This thesis presents LOAD FLOW & SHORT CIRCUIT ANALYSIS OF ELECTRIC POWER SYSTEM OF PETKİM ALİAĞA PETROCHEMICAL PLANT.

Before the presentation of analyses and their interpretations, first PETKİM system, its basic sub systems, Dig Silent software and analytical basis of the calculations are explained.

The second chapter of the study starts with the introduction of the units that constitute the PETKİM Petrochemical Plant and a brief explanation of the product flow. In the following part, information of the fuel system, boiler feed water system and steam turbine system of the steam generation units are given together with illustrating figures. The aim of such information was to give an idea about the system those drive the generators and to give an idea on the handicaps of power production and their control. At the end of the chapter, some fundamental equipments of the power system, the structural properties of power production, 34.5 kV main distribution system and 6.3 kV factory distribution systems are explained. In order to provide a better understanding of the distribution system, 6.3 kV distribution schema of YYPE factory as an example of 6.3 kV distribution system and 34.5 kV main distribution schemas are illustrated.

In the third chapter, the structure of Dig-Silent software that is used for the simulations is given. In addition, the methods used for load flow and short circuit analyses are explained. The information on component modelling and database structure used by Dig-Silent program is explained. In the load flow section, quantities used in a typical load flow calculation, bus classification and properties and Newton-Rapson solution algorithm adopted for load flow calculations are explained in detail. This introduction starts with the application of Kirchhoff's current law to a bus in power system, continues with the presentation of bus admittance matrix and terminates with the formation of power flow equations those will later be used in a Newton-Raphson solution algorithm. The following section is devoted to Newton-Raphson load flow solution method. Mathematical formulation of Newton-Raphson method is explained and a relation between the mathematical

method and the power equations is established. The following section is related with the load flow algorithm utilized by Dig-Silent program and calculation alternatives. Finally, information on the properties of short circuit calculation used in the analyses is provided. Dig-Silent software provides three alternatives for calculations. Here we have utilized the one in compliance with IEC 60909 standard, instead of using the full short circuit method done by using load flow. The main advantage of using IEC 60909 based short circuit calculations is the facility of better verifying the short circuit withstand levels as well as relay settings. The maximum and the minimum short circuit current values are calculated for withstand level (rating) determinations and relay and other protective equipment settings, respectively. In the remaining part of the chapter, calculation methods, assumptions and the effect of those assumptions to the calculations are explained; the quantities and graphics of short circuit current are illustrated; and finally the calculation alternatives of Dig-Silent program are explained.

The fourth chapter starts with the explanation of modelling studies of PETKİM's power system. Then, to verify the developed model, load flow calculations are performed for two different loading conditions and the results of the calculations are compared with the actual measurements of the system. Following some revisions with respect to the comparisons, load flow calculations were conducted for four basic configurations (working conditions). Finally, the maximum and minimum three phase symmetric short circuit analysis and the maximum and minimum single phase short circuit currents are performed for the above configurations.

In the fifth chapter, the solutions obtained from the above load flow and short circuit simulations are analyzed from several different points of views. Load flow calculations are criticized for

- bus voltage profiles,
- active power loading levels,
- active power losses,
- reactive power/active power ratio for TEİAŞ supply,
- TEİAŞ and PETKİM generation shares,
- consumptions of the four motor and loads of units,

Solutions of short circuit analysis are evaluated from the following point of views:

- Withstand currents of 34.5 kV and 6.3 kV buses,
- relay settings of units and TEİAŞ cells at 34.5 kV and
- catching performance of the short circuits at 34.5 kV buses.

The final part of the chapter is devoted to the advantages and disadvantages of the configurations analysed and some concluding proposals for an improved operation of the system. The results have shown that most of the transformers and the transmission lines have some spare capacity that can be used for higher loads. It is beneficial to improve the capacity of 34.5 kV compensations and make it controlled to decrease generators' reactive load and not to pay from the penalized tariff of TEAİŞ. Short circuit calculations have shown that 34.5 kV busses C and D have reached to their upper limits from the point of short circuit currents. All the motors or generators those planned for the future operations must either be connected to busses

A and B or a new configuration must be thought. Another alternative is the connection of generation units to directly 154 kV system. On the other hand short circuit simulations have shown that some busses have problems from the point of electrodynamic forces created by regarding the short circuit current peak value. They must be strengthened electrodinamically. Minimum short circuit current simulations have also shown that there are relay problems in catching some single phases short circuits occurring at 34.5 kV A and B busses. This problem can be solved by the coordination of the relay settings in coupling cells. Similar problems for 6.3 kV transformer terminals can be solved by including the 6.3 kV line from transformer 6.3 kV terminal to 6.3 kV bus to differential protection area of the transformer.

1. GİRİŞ

Sıradan bir sanayi tesisi, üretim faaliyetleri için gerekli elektrik enerjisini elektrik sağlayıcı şirketlerden karşılayabilir. Bu durumda, tesise girdi olarak katılan elektrik enerjisinin kalitesi, ancak, enerji sağlayıcısının verebildiği kalite kadardır.

Eğer,

- Sanayi tesisiniz ciddi boyutlarda enerji tüketen bir büyüklükte ise,
- Tesisiniz TEİAŞ'ın güçlü kısa devre potansiyeline sahip bir bölgesine bağlıysa,
- Tesisinizdeki üretim çok hassas, kritik ve enerji kesintilerine ve kalitesine karşı çok duyarlı ise,
- Ve bu nedenle kendi enerji üretim tesisleriniz de varsa,

bu durumda elektrik enerjisi sağlayıcısı tarafından sunulan kalite ile yetinmeyip kendi kalitenizi de üst seviyelerde tutabilmek için önlemler almak zorundasınızdır.

PETKİM Petrokimya A.Ş.'nin Aliağa/İzmir'de [1] bulunan kompleksi yukarıdaki tanımlanan özellikleri gösteren bir kuruluştur.

Günümüzün rekabetçi yapısında, elektrik sisteminin özellikleri son ürünün maliyeti ve kalitesi konusunda son derece önemlidir. Elektrik sisteminin teknolojiye bağlı olarak hızla değişen ve gelişen üretimin ihtiyaçlarını karşılayabilmesi gerekmektedir. Kaliteli ve güvenilir bir elektrik enerjisi sağlayabilmenin birincil koşulu, elektrik sistemini iyi tanımlamak ve iyi yapılandırmaktır. Bu da, elektrik sistemi için yük akışı, kısa devre, geçici hal kararlılık ve güvenirlilik çalışmaları yapmakla sağlanabilir.

Bu tez çalışması, PETKİM PETROKİMYA ALİAĞA TESİSİ'NİN ELEKTRİK SİSTEMİ'NİN YÜK AKIŞI ve KISA DEVRE HESAPLARI'nı kapsamaktadır.

Yapılan analiz sonuçlarına ve yorumlarına geçilmeden önce, 2. bölümde PETKİM Petrokimya tesisini oluşturan üniteleri ve ürün akışının tanıtımı ile buhar ve elektrik sisteminin açıklamaları yapılmıştır.

3. bölümde analizler için kullanılacak olan Dig-Silent programının yapısına, yapılacak olan yük akışı ve kısa devre analizlerinin yöntemlerine ve Dig-Silent programının sunduğu hesap özelliklerine değinilmiştir.

4. bölümde PETKİM elektrik sisteminin modelleme çalışmaları anlatılmış, daha sonra oluşturulan modelin doğrulanması amacıyla iki farklı yük durumu için yük akışları yapılmış, sistemden alınan veriler ve yük akışı sonuçları kıyaslanmıştır. Yeterli doğruluğa erişildiği düşünüldükten sonra, PETKİM ilgililerinden alınan bilgiler ışığında, dört farklı çalışma durumu için yük akışları ve kısa devre hesapları yapılmıştır. Dig-Silent programında yük akışı analizleri için Newton-Raphson yöntemi kullanılmış, kısa devre analizleri için ise IEC 60909 standardı seçilmiştir. Bunun nedeni standardın hesapladığı en yüksek ve en düşük kısa devre akımı değerlerinin kullanım alanlarının hedeflenen incelemeler ile örtüşmesidir.

5. Bölüm analizlerde elde edilen sonuçlarından önceden belirlenmiş konularda incelendiği bölümdür. Yük akışı analizinde incelenen konular, TEİAŞ'tan alınan reaktif güç/aktif güç oranı, TEİAŞ'tan alınan ve PETKİM'de üretilen aktif ve reaktif güçlerin üretimdeki payları, dört büyük motor ve fabrika yüklerinin tüketim miktarları, gerilim genliğinin anma gerilimine göre sapma oranı ve 6,3 kV fabrika baralarındaki kuplajın kapatılması ve tüm yükün tek hat üzerinden beslenmesinde hatların ve transformatörlerin yüklenme oranlarıdır. Kısa devre benzetim sonuçları ise 34.5 kV bara dayanım akımı, 6.3 kV bara dayanım akımı, 34.5 kV ünite çıkış röle ayarları, TEİAŞ Röle ayarları ve 34.5 kV bara arızalarının hissedilmesi açısından incelenmiştir.

2. PETKİM

2.1 Tanıtım

Petrokimya Sanayi'nin Türkiye'deki tek temsilcisi olan PETKİM İZMİR – Aliağa'da kurulu olan kompleksi, emsalleri arasında Avrupa'nın sayılı petrokimya tesislerinden biridir. Aşağıda Şekil 2.1'de PETKİM Aliağa kompleksinin fotoğrafı verilmiştir.



Şekil 2.1: PETKİM Petrokimya A.Ş.

14 Ana Proses Fabrikası ile 9 Yardımcı Üniteden oluşan tesis bir rafineri yan ürünü olan naftayı parçalayıp plastik, tekstil, kauçuk, otomotiv ve elektronik endüstrisinde kullanılan hammaddeleri üretmektedir. Aşağıda ana proses fabrikaları ve yardımcı üniteler listelenmiştir [2,3]. Şekil 2.2'de ise PETKİM ürün akış şeması verilmiştir.

Ana Proses Fabrikaları:

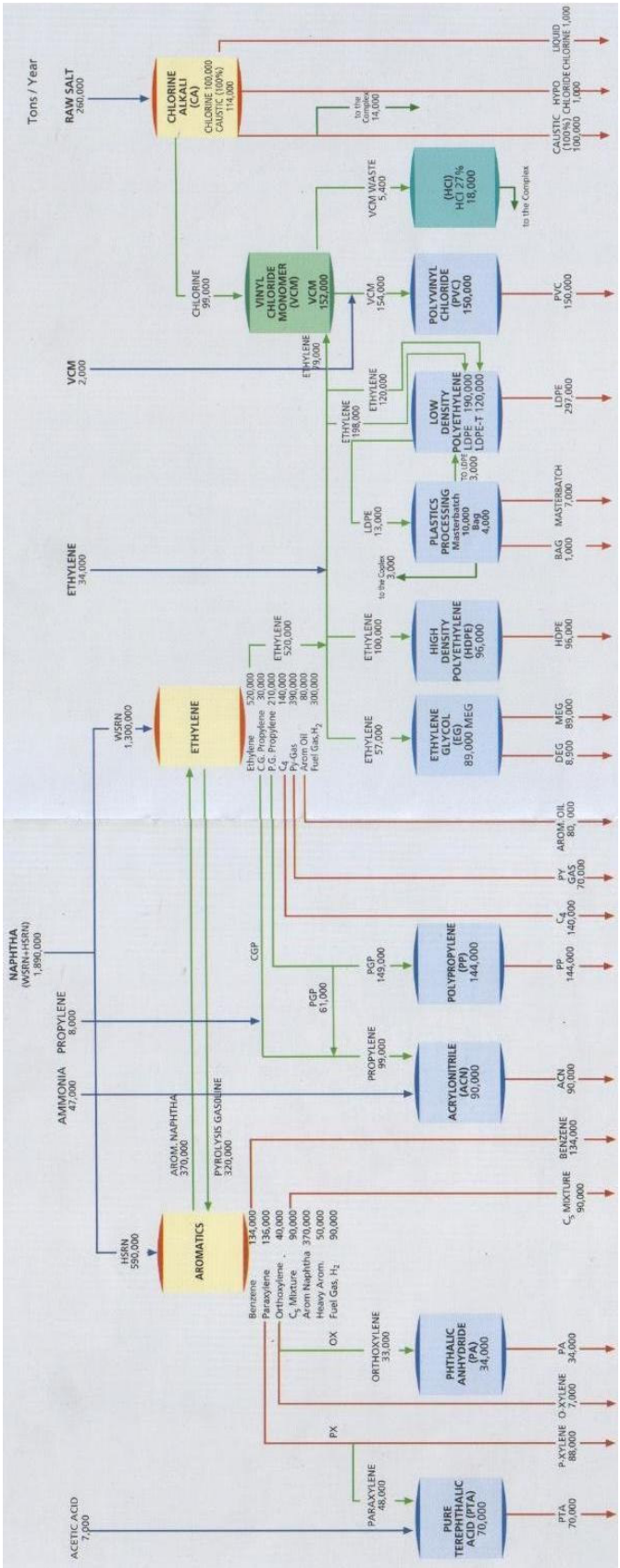
1. NSC – Etilen: Petrokimya kompleksinin en önemli ana fabrikası olup üretimi diğer fabrikaların ham ve yardımcı maddelerini oluşturur. Aromatikler fabrikasından gelen nafta ile Tüpraş rafinerilerinden veya dış piyasadan alınan hafif nafta buharla parçalama yoluyla bileşiklerine ayrılır.
2. AYPE – Alçak Yoğunluklu Polietilen:

3. AYPE-T Tubular Alçak Yoğunluklu Polietilen
4. YYPE – Yüksek Yoğunluklu Polietilen
5. PP – Polipropilen
6. ACN – Akrilonitril
7. EO/EG – Etilen Oksit / Etilen Glikol
8. Aromatikler
9. PTA – Saf Tereftalik Asit
10. PA – Ftalik Anhidrit
11. CA – Klor Alkali
12. VCM – Vinil Klorür Monomer
13. PVC – Polivinil Klorür
14. Plastik İşleme

Yardımcı Üniteler:

1. Güzelhisar Barajı: PETKİM ile diğer sanayi tesislerinin su ihtiyacını sağlamak amacıyla PETKİM tarafından inşaat montajı yapılmış, işletme hakkı D.S.İ'de olan temel su kaynağıdır.
2. Su Ön Arıtma: Yangın suyu, Ham su, Proses suyu, Soğutma suyu ve İçme suyu üretir.
3. Soğutma Kuleleri
4. Demineralize Su Sistemi
5. Buhar Üretim Tesisi
6. Elektrik Üretim Sistemi
7. Hava Azot Tesisi
8. Atık Su ve Katı Atık Giderme Tesisi
9. Liman

Yardımcı ünitelerin bir kısmı aşağıda açıklanmıştır.



Şekil 2.2: Pektim Ürün Akış Şeması [4]

2.2 Buhar Üretim Tesisi

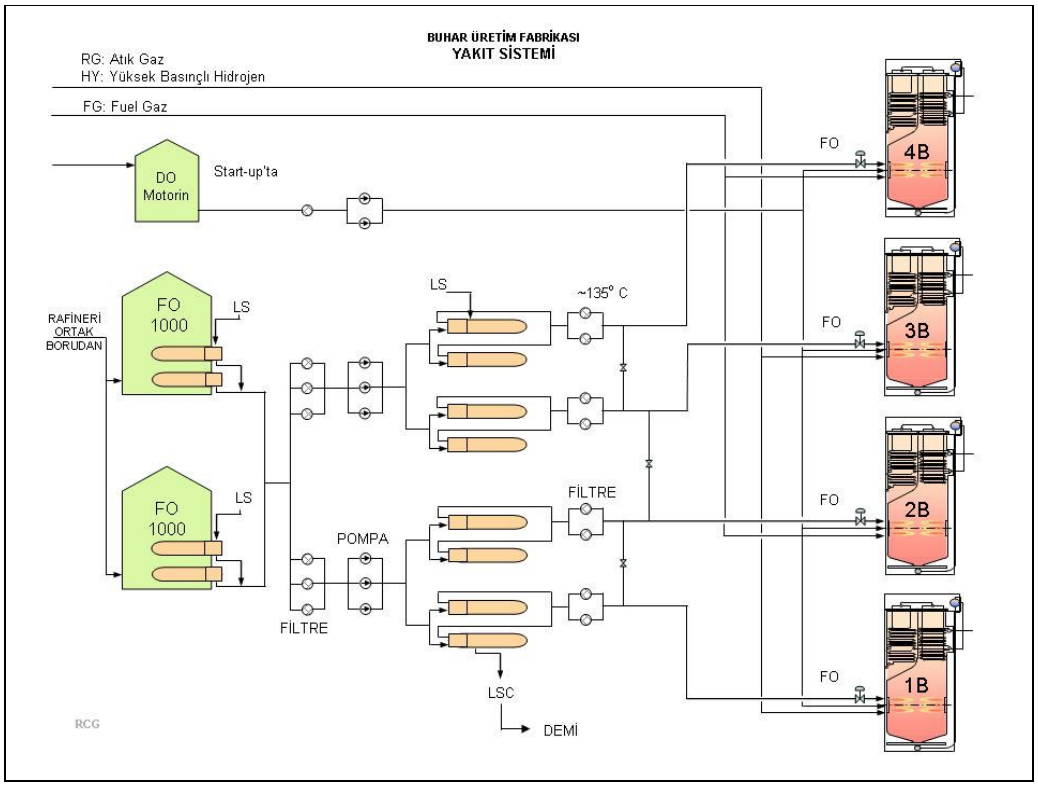
Elektrik üretimi ve buhar sistemi arasında sıkı bir ilişki vardır. Bu nedenle PETKİM elektrik sistemini analiz etmeden önce, elektrik üretim ve dağıtım sistemini kısaca tanımakta yarar vardır. Elektrik üretimini anlatmak için ise önce buharın nasıl üretildiğini açıklamak gerekmektedir.

2.2.1 Yakıt Sistemi

Buhar üretimi için ana yakıt olarak Fuel Oil kullanmaktadır. Bunun yanında, Etilen Oksit, Etilen, Klor Alkali ve Aromatikler fabrikalarından gönderilebiliyorsa RG, HY, FG ve Arom HY gazları da yakılır. Fuel Gaz (FG), Etilen fabrikasından çıkan gaz karışımıdır, gazın birleşimi yaklaşık olarak %20 H (Hidrojen), %20 CH_4 (Metan), %20 C_2H_6 (Etan), %20 C_3H_8 (Propan), %17 C_4H_{10} (Bütan), %3 C_5H_{12} (Pentan)'dır. Atık gaz (RG), Etilen Oksit fabrikasından çıkan atık gaz karışımıdır. Gazın yaklaşık %65'i CH_4, %30'u C_2H_4 (Etilen), %5'i CO_2, O_2 ve N_2 karışımıdır. Yüksek Basınçlı Hidrojen (HY) ise Klor Alkali fabrikasından elektroliz sonucu açığa çıkan %99 saflıktaki hidrojen gazıdır. Kazanların durduktan sonra ilk yakımı sırasında tutuşmayı sağlamak amacıyla ise motorin kullanılmaktadır. Şekil 2.3'de yakıt sisteminin blok şeması verilmiştir.

PETKİM buhar üretim sisteminde yakma işlemi dört ayrı kazanda gerçekleştirilmektedir. Fuel Oil'in yanma verimliliğini artırmak için buhar üretim sisteminin ürünlerinden biri olan LS (Alçak Basınçlı Buhar) ile bir ön ısıtmadan geçirilir ve fuel oil de motorin de kazanlara pompalar yardımı ile basılır.

Tez yazımı sırasında devam etmekte olan yenileme çalışmaları sonunda, dört kazan hem fuel oil'i hem de doğal gazı ayrı olarak veya karışım halinde yakabilme olanağına sahip olması hedeflenmiştir.



Şekil 2.3: Buhar Üretim Yakıt Sistemi

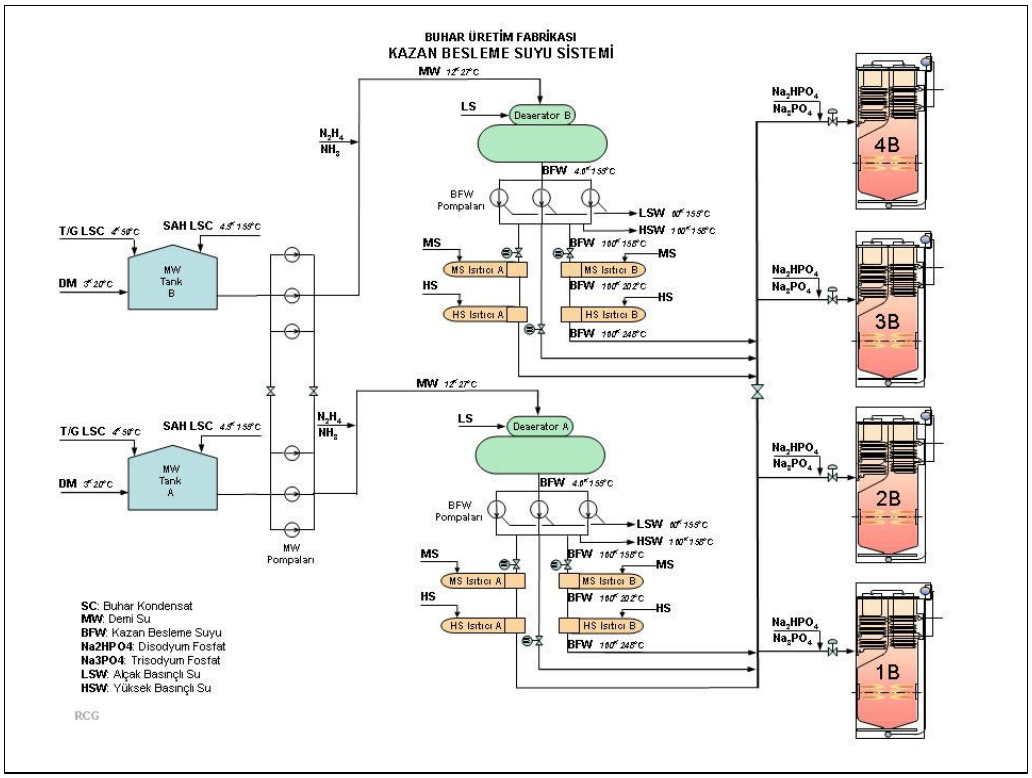
2.2.2 Kazan Besleme Suyu

Üretilen buharın ham maddesi olan kazan besleme suyu Demineralize Su Ünitesinden ve elektrik üretimi ve diğer fabrikalarda oluşan kondensatlardan karşılanmaktadır. Yalnız anlaşılabileceği gibi buhar sadece elektrik üretiminde değil sahadaki diğer fabrikalarda kullanıldığı hatta sarf edildiği için demineralize su çevrimi kapalı bir çevrim değildir. Demineralize Su Ünitesinden sürekli demineralize su desteğine ihtiyacı vardır (Şekil 2.4).

Tanklarda biriktirilen demineralize sular (MW), pompalar yardımı ile Deaerator'lara (Ayrıştırıcı) basılır. Deaerator, kazan besleme suyunun (BFW) hazırlanması sırasında suda çözünmüş olan oksijenin giderilmesi için kullanılan ve alttan LS buharı, üstten suyun püskürtüldüğü, dolayısı ile fiziksel olarak (suda çözünmüş olan oksijenin) atmosfere atıldığı bir donanımdır. Deaerator'dan çıkan su (BFW) pompalar yardımı ile kazanlara basılır. Bu basım sırasında istenilen BFW sıcaklığı ve basıncının sağlanabilmesi için BFW'nin bir kısmı MS ve HS ara ısıtıcılarından geçer. BFW kazanlara girmeden önce içine Na_2HPO_4 (Disodyum Fosfat) ve Na_3PO_4 (Trisodyum Fosfat) katılır. Bunlar kazan suyunun pH değerinin arttırılması ve kazan borularının kırılganlığının azaltılması v.b. nedenler için kullanılırlar.

Yakıt sisteminden ve kazan suyu besleme sistemlerinden anlaşılacağı üzere yakıt ve su kazanlara pompalar yoluyla basınçlı olarak basılmaktadırlar. Bundan dolayı buhar üretim sistemi ve buna bağlı elektrik üretim sistemi devreye alınırken TEİAŞ'tan alınacak bir elektrik enerjisine ihtiyaç vardır. TEİAŞ'a olan bu bağımlılık yeni gaz türbini ve bunu devreye alabilecek bir dizel generatörün devreye girmesi ile ortadan kalkacaktır. Bu bağımlılık geçmişte sisteme zararlar vermiştir. Örneğin enerjinin büyük bir çoğunluğunun TEİAŞ'tan alındığı 22 Eylül 2004 gecesi, TEİAŞ'tan kaynaklanan bir arızadan dolayı TEİAŞ hatları açmıştır. Bu hatların açmasını takiben generatör gruplarının üretimlerinin düşük olması nedeniyle gerçekleşen yük atmalar sonunda buhar üretim sistemi de enerjisiz kalmış ve buhar üretilemez yani elektrik üretilemez duruma gelmiştir. Yukarıda da yazıldığı gibi, tekrar buhar üretimine başlayabilmek için TEİAŞ'tan enerji almak gerekmekteydi. Ancak TEAİŞ'tan buhar üretebilecek enerjiyi alma 8–10 kez denenmesine rağmen atmosferik koşullardan kaynaklanan TEİAŞ tarafındaki arızalardan yüzünden başarısız olmuştur. Sonunda kuran portör sisteminde arıza meydana gelmesinden dolayı kesiciler tekrar kapatılamamış, arıza giderilene kadar PETKİM enerjisiz kalmıştır. PETKİM'de kullanılan kuran portör sistemi 2.3.2. bölümde açıklanmıştır.

Ayrıca yenileme çalışmalarından sonra Gaz Türbininin baca gazı, kazanların besleme suyunun ısıtılmasında kullanılacaktır.



Şekil 2.4: Buhar Üretim Kazan Besleme Suyu Sistemi

2.2.3 Buhar Türbinleri

Buhar üretim sistemindeki son durağımız buhar sıcaklık ve basıncına göre kademelendiren ve kullanım yerlerine dağıtım yapan türbinlerdir (Şekil 2.5).

Buhar en fazla toplam 350'şer ton/saat kapasiteli kazanlarda üretildikten sonra ortak XHS (Ekstra Yüksek Basınçlı Buhar – 134 kg/cm 540 ºC) boruya basılır. Bu ortak borudan 2 tip, 2 adet 80'er MVA'lık Çift Ara Çekişli Karşı Basınçlı Endüstriyel tip Türbin (1. tip türbin) ve biri 25 MVA ve diğeri 27,125 MVA'lık Kondenserli Türbin (2. tip türbin) olmak üzere toplam 4 türbin beslenir. XHS buharının basıncı ve sıcaklığı bir geri besleme çevrimi içinde kontrol edilerek, azalma veya artma durumlarında kazan üretimi de artar veya azalır.

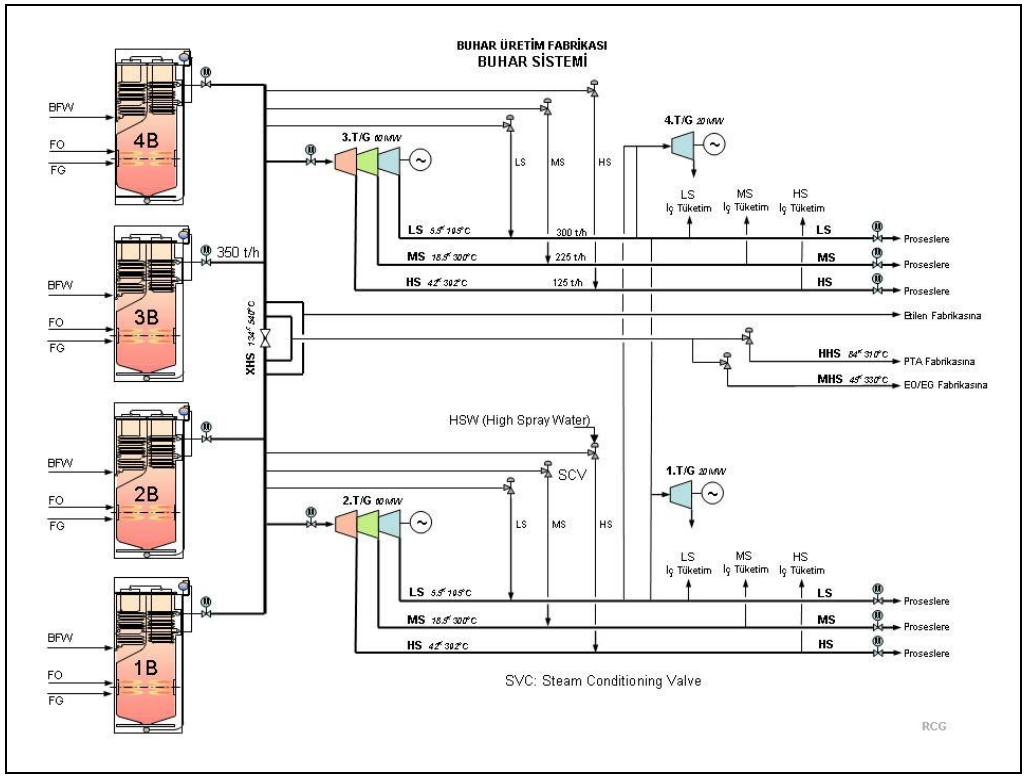
1. Tip Çift Ara Çekişli Karşı Basınçlı Türbinler: HP (Yüksek Basınç), MP (Orta Basınç) ve LP (Alçak Basınç) olmak üzere 3 kademeden oluşan türbin bir gövde altında toplanmıştır. Türbinin her iki tarafında 2'şer adet canlı buhar denetim vanaları (LSCV) ve birer adet Ana-Stop vanaları (MSV) vardır.

Bu türbinlerin amacı, ara kademelerinde fabrikanın gereksimi olan HS (Yüksek Basınçlı Buhar – 42 kg/cm 392 ºC) ve MS (Orta Basınçlı Buhar – 18,5 kg/cm 300

ºC) buharlarını ve son kademelerinde LS (Orta Basınçlı Buhar – 5,5 kg/cm 195 ºC) buharını üretmektir ve denetlemektir.

1. tip türbinlerin bir veya ikisinin arıza ya da bakım nedeniyle tamamen devre dışı olması, HS ve MS kontrol vanalarındaki arıza yüzünden ara çekiş buharı elde edilememesi veya türbin kapasitelerinin aşılması durumlarında saha buhar ihtiyacını karşılamak için SVC'ler (Buhar Koşullandırma Vanası) ve HSW (Yüksek Püskürtmeli Su) yardımı ile buharı kademelendirir.

2. Tip Konderserli Türbin: Dönmek için 1. tip türbinlerden çıkan LS buharını kullanırlar, artık olarak kondensat buhar çıkarırlar. Bu kondensat buhar su tanklarında toplanıp tekrar su çevrimine katılır.



Şekil 2.5: Buhar Üretim Buhar Sistemi

2.3 Elektrik Üretim Ve Dağıtım Ünitesi

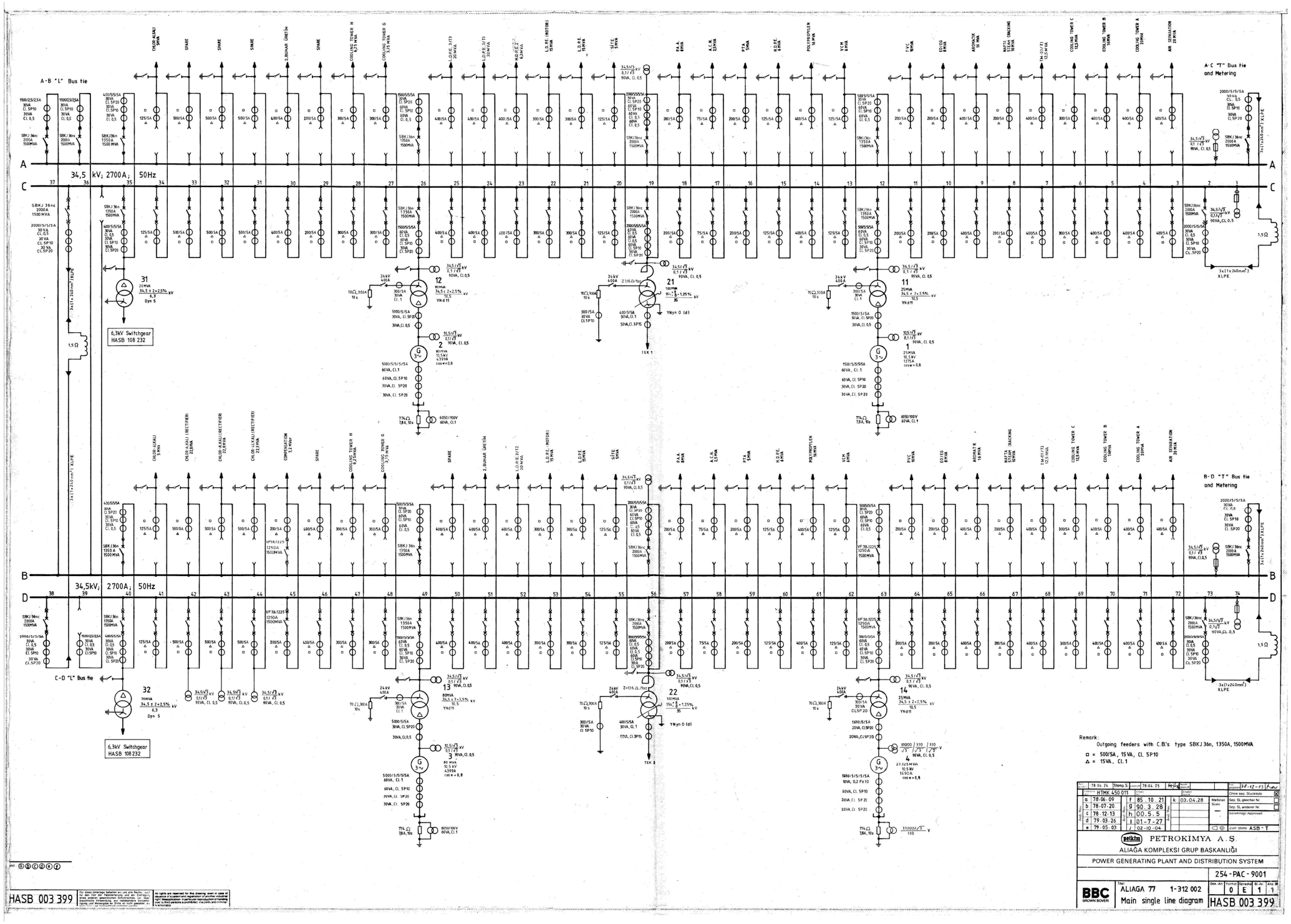
Tesisin mühendislik hizmeti ve malzeme temini şimdiki adıyla Alstom-İSVİÇRE firması, inşaatını KORAY A.Ş., montajını TOKAR A.Ş. ve kontrollüğünü PETKİM üstlenmiştir.

Elektrik Üretim-Enerji Dağıtım Tesisleri çift amaçlıdır. Bir taraftan hem kendi ürettiği hem de TEİAŞ'dan aldığı elektrik enerjisini işletmelere dağıtırken diğer taraftan da Buhar Üretim Ünitesinden aldığı çok yüksek basınçlı buharı endüstriyel türbinlerden geçirerek işletmelere, gereksinimi olan yüksek, orta ve düşük basınçta buhar olarak vermektir. Türbinlerden, enerjisi kısmen alınarak çıkan buharların (Ara çekiş buharları) yoğunlaşmadan fabrikalara dağıtılması sayesinde yan ürün olarak oldukça ucuza elektrik enerjisi üretilebilmektedir.

Tesisin toplam 170.000 kW üretim gücü vardır. TEİAŞ ile bağlantı iki adet 154/34,5 kV 100'er MVA'lık yükte otomatik kademe değiştirici transformatörlerle sağlanmaktadır.

Tez yazımı sırasında devam eden yenileme çalışmalarında, mevcut dört buhar türbinine ek olarak bir de gaz türbini ilave etme çalışmaları devam etmekteydi. Bu yeni gaz türbininin katılımı ile PETKİM üretim gücünün 200 MW'ın üzerine çıkması hedeflenmiştir.

Şekil 2.6'da verilen Elektrik Dağıtım Sisteminde 2 farklı gerilim düzeyinde donanımlar mevcuttur. 34,5 kV düzeyinde 14'ü yedek 58 çıkış, 6,3 kV düzeyinde ise 7'si yedek toplam 40 (TM–01 Ana ve Yardımcı Transformatör Merkezi dahil) çıkış mevcuttur.



Şekil 2.6: Elektrik Üretim ve Dağıtım Sistemi

2.3.1 Elektrik Üretim Sistemi

80 MVA Turbo-Generatör gruplarına ait 63 MW'lık çift ara çekişli karşı basınçlı türbinlerin ana girdisi olan XHS buharı, Buhar Üretim Ünitesinden; Kondenserli Turbo-Generatörin LS buhar ihtiyacı ya Çift Ara Çekişli Karşı Basınçlı türbinlerden ya da Buhar Üretim Tesislerinden sağlanmaktadır. Çift Ara Çekişli Karşı Basınçlı türbinlerin XHS buhar girişi TEİAŞ ile paralel çalışma durumuna göre kontrol edilir ve LS buharının çıkış basıncını sabit tutacak şekilde yapılmaktadır. Konderserli türbinlerde ise TEİAŞ'la paralel çalışmada LS buharı miktarının akış hızı (m^3/s) denetlenir ve girilmiş istenen değerde tutulmaya çalışılır.

63 MW'lık Çift Ara Çekişli Karşı Basınçlı Türbinlerin HS, MS ve LS yükleri toplamı kadar XHS buharı Buhar Üretim Ünitesinden çekilir. 63 MW' lık Çift Ara Çekişli Karşı Basınçlı Türbinlere giren XHS buharı kompleksin HS, MS ve LS buhar ihtiyacına göre türbinin HS, MS ve LS kademelerinden çekilerek ısı enerjisi önce mekanik enerjiye ve türbin miline akuple generatörden de elektrik enerjisine dönüşerek 34,5 kV elektrik dağıtım sistemine verilir.

Turbo-Generatör gruplarının soğutma suyu ihtiyacı B ve F Soğutma Kulelerinden sağlanmakta olup, soğutma süreci sonrasında kapalı çevrim olarak tekrar sisteme geri verilmektedir. Enstrüman havası ihtiyacı (1532 Nm) ise Hava Azot Ünitesinden temin edilmektedir.

Turbo-Generatörlerin TEİAŞ'le paralel çalışma durumunda hızları, TEİAŞ frekansı hız kontrolü sistemine göre değişir ve yüklenmeleri basınç denetçileri yardımıyla yük akışına göre devam eder. TEİAŞ sisteminin devre dışı olması durumunda gruplar Ada Çalışması moduna "ISLAND MODE" geçerler. Çift Ara Çekişli Karşı Basınçlı Türbinlerle Kondenserli Türbinin yüklenmeleri frekans kontrolörü vasıtasıyla sistemin elektrik dengesine göre yük atma sistemi ile birlikte gerçekleştirilir. Birkaç saniye içinde gerçekleşen bu olayda fabrikalar önem sırasına göre 7 ana kategoride yük atma programına alınmışlardır.

2.3.2 Elektrik Dağıtım Sistemi

Elektrik Üretim-Enerji Dağıtım Ünitesinde enerjinin dağıtımı 34,5 kV baralar üzerinden yapılmaktadır. TEİAŞ'tan gelen enerji 2 adet 154/35 kV 100 MVA'lık T21 ve T22 transformatörlerinden sağlanırken, bu transformatörlerin ikincil

taraflarına seri olarak bağlanmış 12 MVAr gücünde 2000 A'lik 2 adet yağlı tip reaktörlerle kısa devre akımları sınırlandırılmaktadır. Bu sınırlama işlevine, kısa devre benzetimleri ve analizleri kısmında tekrar değinilecektir.

TEİAŞ ile PETKİM arasında kuran portör (taşıyıcı akım) sistemi bulunmaktadır. Bu sistemden enerji iletim hattında hem düşük frekanslı elektrik sinyalinin hem de yüksek frekanslı haberleşme sinyalinin taşınmasıdır. Yüksek frekanslı haberleşme sinyali transformatörlere girmeden hat tıkaçlarıyla (alçak geçiren filtre) engellenirler ve başka bir yüksek geçiren filtre yardımı ile de iletilmek istenildikleri yere iletilirler. PETKİM ve TEİAŞ arasında bu sistemin iki tane kullanım amacı vardır, birincisi iki sistem operatörlerinin iletişimi sağlamaktır. İkinci kullanımı PETKİM'in şalt sahasında 154 kV'ta kesici ve koruma bulunmamasındandır, bu yüzden otomatik transfer denilen bir sistem ile 154 kV tarafta meydana gelen arızalarda 34,5 kV kesicilerin otomatik açtırılması sağlanmaktadır. Bu açma işleminden sonra hattın tekrar kapatabilmesi için kuran portör sisteminin sıfırlanması gerekmektedir.

Türbinlerde üretilen enerji 10,5 kV'tan 34,5 kV'a dönüştürülerek sisteme verilir. Ayrıca reaktif güç kompanzasyonu için 1 adet 34,5 kV Reaktif Güç Kompansatörü ve 34,5 kV bara bağlayıcıları arasında seri bağlanmış kısa devre akımlarını sınırlayan toplam 3 adet kuru tip reaktörler vardır.

34,5 kV' lık sistemden beslenen fiderlerde kullanılan kesiciler 1500 MVA, 2000 A güce sahiptirler.

PETKİM elektrik dağıtımı, güvenilirliği yüksek çift bara sistemi olup, A/C ve B/D baraları diye adlandırılır. A, B, C ve D baraları kendi aralarında gerek boyuna gerekse enine bara bağlayıcılarıyla bağlanırlar. Birbirinin tamamen simetriği olan A/C ve B/D baralarından her fabrikaya 34,5 kV kablolarla kablo galerileri aracılığı birer enerji hattı gitmektedir. Kabloların ucunda, ünitelerde 34,5/6,3 kV transformatörler yer almaktadır. Trafo güçleri, fabrika büyüklüklerine göre değişmektedir. Paralel bara sistemi, yüksek güvenilirlik yanında, bakım ve manevra kolaylığı da sağlamaktadır.

34,5 kV baralardan iki adet T31 ve T32 transformatörleri üzerinden beslenen 6,3 kV E ve F baraları iç ihtiyaç için 6,3 kV' la beslenen fan motorları ve kazan besleme suyu pompaları ile 6,3/0,4 kV transformatörleri için gerekli enerjiyi sağlarlar.

Ofisler, idari Binalar, siteler, merkez atölye, saha aydınlatması vb. birimler, hem 6,3 kV hem de 0,4 kV olarak TM–01 Transformatör Merkezinden beslenirler.

2.3.3 Fabrikaların Elektrik Sistemi

2.3.3.1 Fabrikalarda Kullanılan Motorlar

Fabrikalardaki kompresörleri, fanları, körükleri (bloverları), pompaları, uzatıcıları (ekstruderleri), santrifüjleri, karıştırıcıları ve vanaları çalışabilmek için elektrik motorlarına ihtiyaçları vardır. PETKİM kompleksinde, ünitelerde kullanılan elektrik motorlarının sayısı 4726'dır ve bu motorların %95'ten fazlası asenkron motorlardır. Bu motorların ünitelere göre dağılımları şu şekildedir:

Etilen: 318	Aromatikler: 335	Klor alkali: 352
VCM: 256	PVC: 440	AYPE: 394
AYPE-T: 337	YYPE: 158	PP: 314
ACN: 105	EO/EG: 126	PTA: 143
PAA: 62	Plastik İşleme: 258	Ham Su: 21
Su Ön Arıtma: 71	Yeni Su Ön Arıtma: 170	Demi: 42
Soğutma Kuleleri: 169	Hava Azot Oksijen: 68	Buhar Üretim: 165
Elektrik üretim: 166	Dolum boşaltım/transfer: 82	
Atık giderme/katı atık: 166		

Yukarıda listelenen motorlar, en düşük güçten 11 MW'lık güce kadar her seviyede güç değerlerine sahiptirler. Motor gücü arttıkça, bu gücün standart ölçülerle sağlanabilmesi için motorların daha yüksek gerilimlerde çalışacak şekilde tasarımlanması gerekmektedir. Bazı istisnalar bir tarafa bırakılırsa, PETKİM tasarım ölçütlerine göre, 150 kW'a kadar elektrik motorları alçak gerilim (400 Volt), 150 kW üzeri güçteki elektrik motorları orta gerilim (6300 Volt) olarak seçilmektedir. Bu nedenle, yukarıda toplam sayısı 4276 olarak verilen motorların yaklaşık 170 adedi 6300 kV nominal gerilimli orta gerilim motorlarıdır ve plaka güçlerinin toplamı ise yaklaşık 140 MW civarındadır.

Genelde, PETKİM'de yer alan elektrik motorlarının yol verilmesi için doğrudan yol verme yöntemi tercih edilmiştir. Ancak, son zamanlarda yeni tesis edilen birimlerde

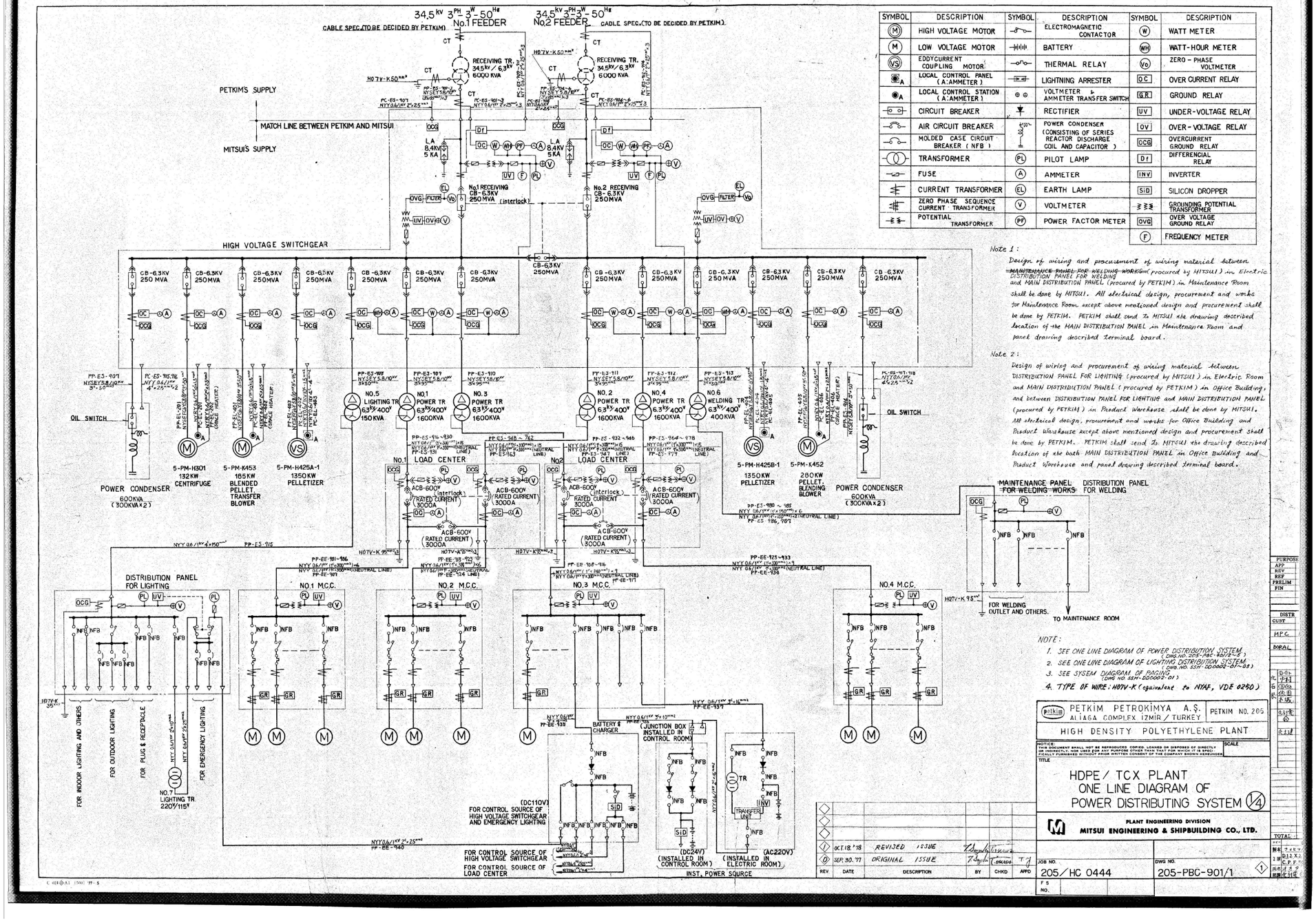
doğrudan yol verme yerine yumuşak yoluvericilerin (soft starter) ve değişken devirli frekans değiştiricilerin (variable speed drive) kullanılması tercih edilmektedir.

2.3.3.2 Fabrikaların Beslenme Tarzları

Ünitelerdeki güç transformatörlerinin ikincil gerilimleri 6,3 kV olup; kapalı tipteki bir şalt odasında yer alan hücreleri beslemektedir. Ünitelerde yer alan güç transformatörleri, birinin herhangi bir nedenle devre dışı olması (bakım veya arıza) durumunda, diğerinin fabrikanın tüm yükünü besleyebileceği kapasitede tasarlanmıştır. Bu amaçla, 6,3 kV bara bir kuplaj kesicisi ve otomatik transfer sistemi ile donatılmıştır (Şekil 2.7).

6,3 kV baralardan, ünite alçak gerilim enerji gereksinimini sağlayan 6,3/0,4 kV transformatörler, 6,3 kV varsa kompanzasyon donanımı ve 6,3 kV orta gerilim elektrik motorları beslenmektedir.

6,3/0,4 kV transformatörlerin 0,4 kV taraflarında ve kapasite seçimlerinde, 6,3 kV sisteme benzer tasarım felsefesi geçerlidir.0,4 kV baralardan alçak gerilim motor beslemeleri (MCC – Motor Control Center), aydınlatma sistemleri beslemeleri ve varsa kompanzasyon donanımı beslemeleri yapılmaktadır.



SYMBOL	DESCRIPTION	SYMBOL	DESCRIPTION	SYMBOL	DESCRIPTION
(M)	HIGH VOLTAGE MOTOR		ELECTROMAGNETIC CONTACTOR	(W)	WATT METER
(M)	LOW VOLTAGE MOTOR		BATTERY	(WH)	WATT-HOUR METER
(VS)	EDDYCURRENT COUPLING MOTOR		THERMAL RELAY	(Vo)	ZERO - PHASE VOLTMETER
(A)	LOCAL CONTROL PANEL (A:AMMETER)		LIGHTNING ARRESTER	OC	OVER CURRENT RELAY
(A)	LOCAL CONTROL STATION (A:AMMETER)		VOLTMETER & AMMETER TRANSFER SWITCH	G.R	GROUND RELAY
	CIRCUIT BREAKER		RECTIFIER	UV	UNDER-VOLTAGE RELAY
	AIR CIRCUIT BREAKER		POWER CONDENSER (CONSISTING OF SERIES REACTOR DISCHARGE COIL AND CAPACITOR)	OV	OVER-VOLTAGE RELAY
	MOLDED CASE CIRCUIT BREAKER (NFB)			OCG	OVERCURRENT GROUND RELAY
	TRANSFORMER	(PL)	PILOT LAMP	Df	DIFFERENCIAL RELAY
	FUSE	(A)	AMMETER	INV	INVERTER
	CURRENT TRANSFORMER	(EL)	EARTH LAMP	SID	SILICON DROPPER
	ZERO PHASE SEQUENCE CURRENT TRANSFORMER	(V)	VOLTMETER		GROUNDING POTENTIAL TRANSFORMER
	POTENTIAL TRANSFORMER	(PF)	POWER FACTOR METER	OVG	OVER VOLTAGE GROUND RELAY
				(F)	FREQUENCY METER

Note 1 :

Design of wiring and procurement of wiring material between ~~MAINTENANCE PANEL FOR WELDING WORKS~~ (procured by MITSUI) in Electric DISTRIBUTION PANEL FOR WELDING and MAIN DISTRIBUTION PANEL (procured by PETKIM) in Maintenance Room shall be done by MITSUI. All electrical design, procurement and works for Maintenance Room except above mentioned design and procurement shall be done by PETKIM. PETKIM shall send to MITSUI the drawing described location of the MAIN DISTRIBUTION PANEL in Maintenance Room and panel drawing described terminal board.

Note 2 :

Design of wiring and procurement of wiring material between DISTRIBUTION PANEL FOR LIGHTING (procured by MITSUI) in Electric Room and MAIN DISTRIBUTION PANEL (procured by PETKIM) in Office Building, and between DISTRIBUTION PANEL FOR LIGHTING and MAIN DISTRIBUTION PANEL (procured by PETKIM) in Product Warehouse shall be done by MITSUI. All electrical design, procurement and works for Office Building and Product Warehouse except above mentioned design and procurement shall be done by PETKIM. PETKIM shall send to MITSUI the drawing described location of the both MAIN DISTRIBUTION PANEL in Office Building and Product Warehouse and panel drawing described terminal board.

NOTE :

1. SEE ONE LINE DIAGRAM OF POWER DISTRIBUTION SYSTEM. (DWG NO. 205-PBC-901/1~3)
2. SEE ONE LINE DIAGRAM OF LIGHTING DISTRIBUTION SYSTEM. (DWG NO. 55M-DD0002-01~05)
3. SEE SYSTEM DIAGRAM OF PAGING (DWG NO. 55M-DD0003-01)
4. TYPE OF WIRE : H07V-K (equivalent to NYAF, VDE 0250)

petkim PETKİM PETROKİMYA A.Ş. ALİAĞA COMPLEX İZMİR / TURKEY — PETKIM NO. 205

HIGH DENSITY POLYETHYLENE PLANT

NOTICE: THIS DOCUMENT SHALL NOT BE REPRODUCED, COPIED, LOANED OR DISPOSED OF DIRECTLY OR INDIRECTLY, NOR USED FOR ANY PURPOSE OTHER THAN THAT FOR WHICH IT IS SPECIFICALLY FURNISHED WITHOUT PRIOR WRITTEN CONSENT OF THE COMPANY SHOWN HEREUNDER.

SCALE

TITLE

HDPE / TCX PLANT
ONE LINE DIAGRAM OF
POWER DISTRIBUTING SYSTEM 1/4

PLANT ENGINEERING DIVISION
MITSUI ENGINEERING & SHIPBUILDING CO., LTD.

REV	DATE	DESCRIPTION	BY	CHKD	APPD
1	OCT.18.'78	REVISED ISSUE			
0	SEP.30.'77	ORIGINAL ISSUE			

JOB NO. 205/HC 0444

DWG NO. 205-PBC-901/1 (1)

F S NO.

PURPOSE: APP / REV / REF / PRELIM / FIN

DISTR: CUST / M.C. / BORAL

TOTAL:

Şekil 2.7: YYPE Fabrikası 6,3 kV Dağıtım Sistemi

3. YÜK AKIŞI – KISA DEVRE HESAPLARI VE DIG-SILENT

Tezin konusu PETKİM Aliağa Kompleksi elektrik sisteminin yük akışı ve kısa devre analizleri, Dig-Silent PowerFactory yazılımı, 11.1.86 sürümü [5] yardımı ile yapılmıştır. Dig-Silent yazılımı, elektrik enerji sistemlerinin analizlerini yapan bir matematik programıdır. Bu bölümde, benzetimle ve yapılacak analizlerle ilgili bilgiler verilmiştir.

3.1 Dig-Silent ile Benzetim [5]

Analiz çalışmalarını yapabilmek için ilgili fiziksel sistemin matematiksel modelini kurmak gerekmektedir. Dig-Silent kendi açısından, gerçek fiziksel elemanların ve/veya sistemlerin modellerini kurarken, her seferinde girilecek zorunlu veri sayısını azaltmak için kendine özgü bir kütüphane felsefesi geliştirmiştir. Bu amaçla belirli modeller oluşturmuş ve veriler, yapılacak analizlere göre, sınıflandırılmıştır.

Elemanlar tipleri için belirli modeller bir kere tanımlanır ve tanımlanan model birçok kez kullanılabilir. Örneğin belirli bir tip kablonun (35 kV 120 mm^2 XLPE) elektriksel nitelikleri (km başına 20 C^0'deki X'i, R'si, C'si, tanδ'si, X_0'ı, R_0'ı, C_0'ı, tanδ_0'ı, akım taşıma kapasitesi, anma gerilimi, frekansı, kısa devre çalışma sıcaklığı) tip verisi olarak girilir. Söz konusu tipte, farklı uzunluklu çok sayıda kablo için bu veri kullanılır. Benzer tip tanımlamaları, asenkron ve senkron makineler, transformatörler, baralar, kesiciler ve daha birçok cihaz için yapılabilmektedir. Bu tip modeller sayesinde, kullanıcı, bir projede aynı tipte 20 transformatörü tanımlarken her seferinde bilgileri yenden girmek yerine, oluşturulan tip modelini kullanır.

Dig-Silent ile yapılabilen analizlerin (yük akışı, kısa devre, kararlılık vb) her biri için, söz konusu analizlere özgü girilmesi gereken veriler vardır. Örneğin yük akışı için gerekli veriler farklı, kısa devre veya geçici hal kararlılık hesaplamaları için gerekli veriler farklıdır.

Dig-Silent, oluşturulan matematiksel modellerini saklamak için veritabanı kullanmaktadır.

3.1.1 Veritabanı Yapısı [5]

Dig-Silent'ta, sistem bileşenleri veritabanında depolanan birimler olarak saklanırlar. Her donanım, programın tanımladığı donanım guruplarından (kümelerinden) birinin elemanı olarak varsayılır. Dolayısıyla her donanım bir küme adıyla anılır. Buna göre, bir donanımın ismi nokta ile ayrılmış iki kısımdan oluşur. Birinci kısım donanımın kullanıcı tarafından atanmış ismi, ikinci kısım ise donanımın tipi ile ilgili bir küme ismidir.

Küme ismi de iki parçadan oluşur. Birinci kısım kümenin cinsinin kısaltması, ikinci kısım ise donanım özellikleri ile ilgili bir kısaltmadır. Örneğin T21.TypTr2 şeklindeki bir donanım isminde:

- T21 : Kullanıcının verdiği transformatör adını,
- Typ : Küme cinsinin kısaltmasını,
- Tr2 : Donanımın 2 sargılı transformatör olduğunu,

belirtir.

En önemli ve en çok kullanılan kümeler donanımın özelliklerini ve bağlantı şeklini gösteren kümelerdir. Bu kümelerde, güç sistemindeki donanımlara ve bu donanımların topolojik bağlantılarına ait bilgiler saklanır.

1. Küme isminin birinci kısmına ait örnekler:

- Typ: Tip
- Elm: Eleman
- Blk: Blok diyagramı
- Com: Komut
- Evt: Olay komutu
- Int: İç donanım
- Set: Ayar
- Sta: İstasyon (Yük Tevzi Merkezi)
- Tri: Tetikleme
- Vis: Görsel donanım

Küme adının 2. kısmına ait örnekler:

- Tr2: İki sargılı transformatör
- Asm: Asenkron makine
- Bar: Bara
- Ldf: Yük akışı hesabı
- Shc: Kısa devre hesabı

3.2 Yük Akışı Hesabı

Yük akışı hesaplarının, elektrik güç sistemlerinin planlanması, mevcut sistemlerin denetimi, ekonomik işletilmesi ve gelişen/büyüyen yükler için gelecekteki genişletme planlarında önemli bir yeri vardır. Yük akışının amacı, bilinmeyen bara gerilim ve güçleriyle, hatlardaki güç akışlarının hesaplanması ve hesaplanan büyüklüklerin fiziksel sınırlar içinde kalıp kalmadığının belirlenmesidir.

Bir elektrik güç sisteminde, baralar üç tipe ayrılır. Her tip için aşağıdaki dört temel büyüklükten ikisi belirli olup, kalan diğer ikisi yük akışı sonucu hesaplanır [6,7].

- Bara gerilim genliği,
- Bara gerilim açısı,
- Bara aktif gücü ve
- Bara reaktif gücü

Birinci tip salınım barasıdır. Gerilimin açısı ve genliği bilinir ve gerilim açısı referans olarak kullanılır. Bara aktif ve reaktif gücü yük akışı sonucunda hesaplanır; hat kayıplarından kaynaklanan yük ve üretim dengesini düzenler [6,7].

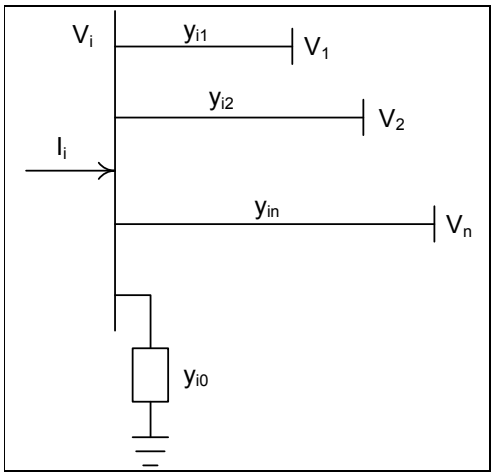
İkinci tip bara yük barasıdır. Bu tip baradan çekilen toplam aktif ve reaktif güç bellidir. Bara gerilim genliği ve açısı yük akışı sonucunda hesaplanır. Elektrik güç sistemleri terminolojisinde PQ barası olarak adlandırılır [6,7].

Üçüncü tip bara, kontrollü gerilim barasıdır. PV barası veya üretim barası olarak adlandırılır. Bu baradan çekilen aktif güç ve baradaki gerilimin genliği bellidir; bara gerilim açısı ve bara reaktif gücü yük akışından hesaplanır [6,7].

Yük akışı hesaplamalarında Kirchhoff'un akım yasası kullanılır. Buna göre bir baraya (düğüme) gelen akımların (güçlerin) cebirsel toplamı sıfırdır [6].

$$\sum \vec{I} = \vec{0} \qquad \textbf{(3.1)}$$

Şekil 3.1'de bir güç sisteminin tipik bir i barası gösterilmiştir. Bu baraya ilişkin Kirchhoff akım yasası yazılacak olursa;



Şekil 3.1: Elektrik güç sisteminde tipik bir i barası

$$\begin{aligned} I_i &= y_{i0}V_i + y_{i1}(V_i - V_1) + \ldots + y_{in}(V_i - V_n) \\ I_i &= (y_{i0} + y_{i1} + \ldots + y_{in})V_i - y_{i1}V_1 - \ldots - y_{in}V_n \end{aligned} \qquad \textbf{(3.2)}$$

veya

$$I_i = V_i \sum_{j=0}^{n} y_{ij} - \sum_{j=1}^{n} y_{ij}V_{ij} \qquad \textbf{(3.3)}$$

Bu baradaki güç ifadesi ise aşağıdaki eşitlik ile verilir.

$$P_i + jQ_i = V_i I_i^* \qquad \textbf{(3.4)}$$

3.2.1 Bara Admintans Matrisi [6]

Yük akışı denklemlerinin formülasyonunda Kirchhoff'un akım yasası kullanıldığından, normalde empedans olarak verilen giriş büyüklükleri admitansa dönüştürülüp kullanılır. Amaç, (3.4)'deki eşitlikte akım yerine kullanılabilecek bir

$$I_{bara} = Y_{bara}V_{bara} \qquad \textbf{(3.5)}$$

şeklinde bir eşitlik bulmaktır. Burada:

- I_{bara} baralardan çekilen akımların vektörünü,
- V_{bara} baraların referans bara ile arasındaki gerilim farklarının vektörünü,
- Y_{bara} bara admintans matrisini

göstermektedir. Bu matrisin köşegen elemanları, ilgili noktaya bağlı olan admintansların toplamı (3.6), köşegen dışı elemanlar ise ilgili noktalar arasındaki admintansın eksi değeridir (3.7).

$$Y_{ii} = \sum_{j=0}^{n} y_{ij} \qquad j \neq i \tag{3.6}$$

$$Y_{ij} = Y_{ji} = -y_{ij} \tag{3.7}$$

Bara admintans matrisinin yardımı ile, i barası için yazılan 3.3 no.'lu eşitlik

$$I_i = \sum_{j=1}^{n} Y_{ij} V_j \tag{3.8}$$

şeklini alır. 3.8 eşitliğindeki karmaşık büyüklükler açılırsa,

$$I_i = \sum_{j=1}^{n} \left|Y_{ij}\right|\left|V_j\right| \angle \theta_{ij} + \delta_j \tag{3.9}$$

olur. i bara karmaşık gücünün eşleniği;

$$P_i - jQ_i = V_i^* I_i \tag{3.10}$$

olup, bunun gerçek ve sanal kısımları birbirinden ayrılırsa;

$$P_i = \sum_{j=1}^{n} \left|V_i\right|\left|V_j\right|\left|Y_{ij}\right| \cos\left(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j\right) \tag{3.11}$$

$$Q_i = -\sum_{j=1}^{n} \left|V_i\right|\left|V_j\right|\left|Y_{ij}\right| \sin\left(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j\right) \tag{3.12}$$

elde edilir. 3.11 ve 3.12 numaralı denklemler doğrusal olmayan cebirsel denklemlerdir. Bu yüzden çözüm için yinelemeli yöntemlere gerek vardır.

n-baralı bir elektrik güç sisteminde, PQ baraları için aktif ve reaktif güçlere ilişkin ikişer eşitlik ve PV paralar için aktif güçlere ilişkin bir eşitlik yazılarak, sistemin güç akışı eşitlikleri elde edilir. Salınım barasının önceden bilinen güç değerleri olmadığı için, bu baraya ilişkin yük akışı eşitliği yoktur ve bara güçleri daha sonra hesaplanır.

3.2.2 Klasik Newton-Raphson Yöntemi [6,7]

Bu yöntem, Taylor'un serisine açılımını ve bilinmeyenlerin başlangıçta kestirimine dayanan arka arkaya yapılan yineleme işlemidir.

Tek boyutlu bir işlev (3.13)'de verilmiş olsun.

$$f(x) = c \tag{3.13}$$

Yöntem işlevin alacağı değerin

$$\lim_{\Delta x \to 0} f(x^* + \Delta x) \cong c \tag{3.14}$$

değişmeyeceği varsayımına dayanır.

Sol taraftaki ifade, Taylor serisine açıldığında;

$$f(x^* + \Delta x) = f(x^*) + \frac{f'(x^*)}{1!}\Delta x + \frac{f''(x^*)}{2'}(\Delta x)^2 + \ldots = c \tag{3.15}$$

ifadesini elde ederiz. Küçük Δx sapmaları için iki ve ikiden yüksek mertebeden terimler ihmal edilirse,

$$f(x^* + \Delta x) = f(x^*) + \frac{f'(x^*)}{1!}\Delta x \cong c \tag{3.16}$$

$$\Delta x = \frac{c - f(x^*)}{f'(x^*)} = \frac{\Delta c}{f'(x^*)} \tag{3.17}$$

(3.16) ve takiben (3.17) ifadeleri elde edilir. Bu eşitlik bir yinelemeli olarak kullanılırsa

$$\Delta x^{(i)} = \frac{\Delta c^{(i)}}{f'\left(x^{(i)}\right)} \qquad \textbf{(3.18)}$$

$$x^{(i+1)} = x^{(i)} + \frac{\Delta c^{(i)}}{f\left(x^{(i)}\right)} \qquad \textbf{(3.19)}$$

elde edilir.

Newton-Raphson yöntemi bilinmeyen bir $\underset{\sim}{x}$ vektörüne ilişkin

$$f\left(\underset{\sim}{x}\right) = \underset{\sim}{c} \qquad \textbf{(3.20)}$$

Şeklindeki matrissel denklem takımına uygulanırsa,

$$x^{(i+1)} = \underset{\sim}{x}^{(i)} \frac{\Delta \underset{\sim}{c}^{(i)}}{J\left(\underset{\sim}{x}^{(i)}\right)} \qquad \textbf{(3.21)}$$

halini alır. Bu $J\left(\underset{\sim}{x}\right)$, eşitliklerin bilinmeyenlere göre kısmi türevlerinden oluşan Jacobian matrisini göstermektedir.

Newton-Raphson yönteminin güç akışı hesabı için güç sistemine uyguladığımızda elimize aşağıdaki gibi bir matris yapısı geçer;

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix} \qquad \textbf{(3.22)}$$

Yukarıda kısaca anlatılan Newton-Raphson döngüsü $\Delta P_i^{(k)}$ ve $\Delta Q_i^{(k)}$ değerleri istenen değerlerinin altına indiğinde sonlanır.

3.2.3 Dig-Silent'ın Yük Akışı Hesabı [5]

Güç sisteminin benzetimi, yüklerin dengeli veya dengesiz olması durumlarına bağlı olarak tek fazlı veya üç fazlı olarak yapılabilir. Dig-Silent programı bu özelliğe sahiptir. Dig-Silent, yük akışı hesaplarında klasik Newton-Raphson yöntemini kullanmaktadır.

Gerçekçi bir güç sisteminde olduğu gibi Dig-Silent'ta da salınım işlevi bir veya fazla generatör tarafından gerçekleştirilmektedir. Yalnız birçok generatörün salınım

işlevini yerine getirmesi durumunda, birçok makinenin aynı bara gerilimini denetlemesi gibi nedenlerden ortaya çıkan bazı belirsiz denetim durumları doğabilir. Bu problem bara gerilim denetimcileri ve ikincil denetim donanımlarının kesin tanımlamaları ile çözülebilir. Yeni eklenmek istenen donanımlar çözüm algoritmalarında değişikliğe neden olmadan Dig-Silent'ın kütüphanesine eklenebilir ve böylece kullanıcının ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde karmaşık senaryoların gerçekçi analizi yapılabilir.

3.2.3.1 Çözümün Olmaması Durumu [5]

Baradan istenen gücün iletim hattı güç taşıma sınırlarını aşması, istenen gücün generatör üretim kapasitelerini aşması veya bara gerilimlerinin verilen sınırların dışına çıkması gibi çözümsüzlük yaratan durumlarda, Dig-Silent programının çözüm elde edilebilmesi için bir yöntemi vardır. Bu yöntemleü başlangıçta belirli olan büyüklükler değiştirilip fiziksel kısıtlamalar sağlanır. Örneğin, bir PQ barada, bara gerilim genliğinin alt sınırın altına düşmesi halinde, baradan çekilen reaktif güç azaltılarak bara gerilim genliği alt sınıra eşitlenir. Bu amaçla farklı düzeyde yükler kullanılır.

- 0. düzey: Kullanıcının tanımladığı değiştirilmemiş tipler kullanılır.
- 1. düzey: Yükün gerilime bağımlılığı değiştirilir. Eğer $k_{pu}<0,5$ ise $k_{pu}=0,5$ ve eğer $k_{qu}<0,5$ ise $k_{qu}=0,5$ seçilir.
- 2. düzey: Yükün gerilime bağımlılığı değiştirilir. Eğer $k_{pu}<0,8$ ise $k_{pu}=0,8$ ve eğer $k_{qu}<0,8$ ise $k_{qu}=0,8$ seçilir.

Doğrusal düzey: Bütün yükler sabit empedans ($k_{pu}=2$ ve $k_{qu}=2$) ve bütün makineler gerilim kaynağı yapılır.

3.2.4 Dig-Silent'taki Hesaplama Seçenekleri

Yük akışı hesaplamalarında, kullanıcının isteği doğrultusunda, aşağıdaki gibi farklı seçenekler kullanılarak bazı esneklikler getirilmiştir.

- Sistem, 1 fazlı dengeli veya 3 fazlı dengesiz şebeke olarak seçilebilir.
- Otomatik kademe değiştiricisi olan transformatörler için otomatik kademe ayarı hesaba katılabilir veya katılmayabilir.
- Generatörlerin reaktif güç sınırları dikkate alınabilir veya alınmayabilir.

- Yakınsama için yük düzeyi ayarlaması yapılabilir veya yapılmayabilir.
- Yüklerin gerilim bağımlılığı dikkate alınabilir veya alınmayabilir. Eğer dikkate alınmazsa, bütün yüklerin, belirlenmiş tiplerine bakılmaksızın, gerilimden bağımsız oldukları kabul edilir.
- Koruma cihazları hesapta dikkate alınabilir.
- (n-1) kısıtlılık analizleri yaptırılabilir.
- Fiziksel sınırları aşan değişkenler (aşırı yüklenen hatlar, gerilim genliği düşük hatlar vb) tablo halinde sunulabilir. Akım ve gerilim değerleri istenen seviyelere göre ayarlanabilir.
- Newton-Raphson yönteminin yapacağı en fazla yineleme sayısı seçilebilir.
- Yüksek doğruluk veya hızlı hesaplama için izin verilen en yüksek hata sınırı değiştirilebilir. Hata sınırı mutlak ve göreli olarak iki türde belirtilir. Örneğin 1kVA ve %0,1.
- Baralarda denklik olarak, akım veya güç denkliğinden birisi seçilebilir.

3.3 Kısa Devre Hesabı

Dig-Silent programı kısa devre hesaplama yöntemi olarak Alman VDE 0102 ve Uluslar arası IEC 60909 [8] standartlarını kullanmaktadır. Ayrıca program, arıza öncesi yük akışından hareketle, normal çalışma akımlarının da etkili olduğu, tam kısa devre analizi de yapabilmektedir. Bu çalışmada IEC 60909 [8] standardı esas alınmış; tüm tanımlar ve açıklamalar buna göre verilmiştir.

Kısa devre hesaplarına, güç sisteminin tasarımı sırasında ihtiyaç vardır. Çünkü elektriksel gereçlerin seçimi ve sistemin topolojisi sadece sürekli hal anma gerilim ve akımlarına bağlı değildir. Buna ek olarak kısa devre olaylarında ortaya çıkan akım ve gerilimlerin de donanım seçiminde göz önüne alınması gerekir.

Kısa devre hesaplamalarında, genlikleri farklı olan iki kısa devre akımı hesaplanır.

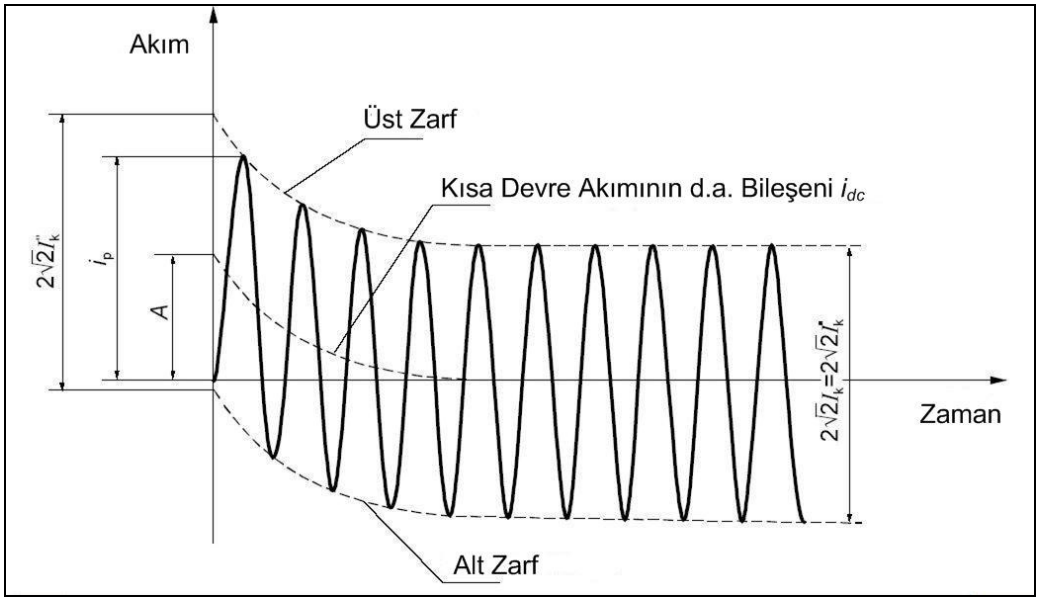
- En yüksek kısa devre akımı: Sistemdeki elektriksel donanımın kapasitesi ve sınıfları bu akıma göre belirlenir. (Termik ve mekanik dayanım sınırları gibi)

- En düşük kısa devre akımı: Sigortaların ve koruma donanımının (röle) seçimi ve ayarında bu akım dikkate alınır. Ayrıca motor kalkış akım denetimi için temel oluşturur.

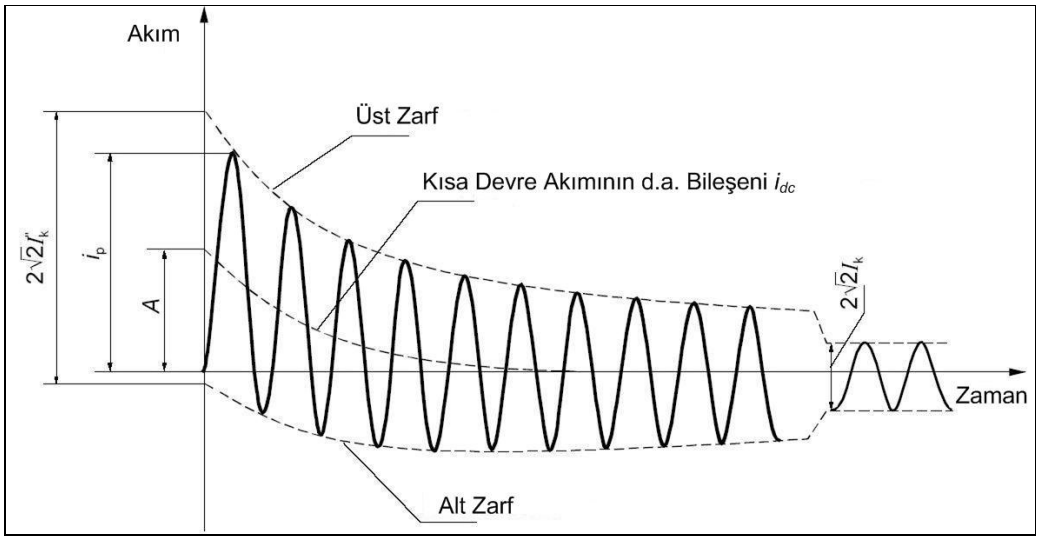
Kısa devre hesaplarında IEC 60909 [8] standardının kullanılmasının nedeni, bara dayanımlarının ve röle ayarlarının incelenmesinin hedeflenmesidir. Standardın hesapladığı en yüksek ve en düşük kısa devre akımı değerlerinin kullanım alanları hedeflenen incelemeler ile örtüşmektedir.

3.3.1 Kısa Devre Akımı Karakteristikleri

Tipik kısa devre akımlarının zamana bağlı değişimleri Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'de gösterildiği gibidir. Şekil 3.2 generatörden uzakta oluşan sabit a.a. bileşenli bir kısa devrenin akım-zaman grafiğini gösterilirken, Şekil 3.3 generatör yakınında meydana gelen azalan a.a. bileşenli bir kısa devrenin akım-zaman grafiğini gösterilir [9].



Şekil 3.2: Generatörden Uzakta Kısa Devre Akımı - Zaman Karakteristiği [8,9]



Şekil 3.3: Generatör Yakınında Kısa Devre – Zaman Karakteristiği [8,9]

3.3.2 Kısa Devre Akımı Büyüklükleri [8]

3.3.2.1 Başlangıç Simetrik Kısa Devre Akımı (I_k'')

Kısa devre başlangıcındaki akımın simetrik a.a. bileşeninin etkin değeridir. Yukarıda sözü geçen yöntemler ile hesaplanır.

3.3.2.2 Başlangıç Simetrik Kısa Devre Gücü (S_k'')

$$\sqrt{3}I_k''U_n \qquad \textbf{(3.23)}$$

çarpımından elde edilen hayali bir büyüklüktür.

3.3.2.3 Kısa Devre Akımının Tepe Değeri (i_p)

Kısa devre akımının anlık alabileceği en yüksek değeridir.

$$i_p = \kappa\sqrt{2}I_k'' \qquad \textbf{(3.24)}$$

κ'nın değeri, eşdeğer empedansın bileşenlerinin(X/R) oranı yardımı ile bulunur.

3.3.2.4 Simetrik Kısa Devre Kesme Akımı (I_b)

Kısa devrenin başlangıcından anahtarın kontakları ayırdığı ana kadar geçen süre içindeki kısa devre akımının simetrik a.a. bileşeninin etkin değeridir. Burada sözü

edilen zaman olabilecek en kısa açma süresi olarak tanımlanmıştır, yani ek koruma gecikmesi hesapta dikkate alınmamaktadır.

Senkron veya asenkron makinelerden uzakta oluşan bir kısa devre için;

$$I_b = I_k'' \qquad \textbf{(3.25)}$$

Senkron veya asenkron makine yakınındaki kısa devreler için kesme akımı μ ve q katsayılarına bağlıdır. Bu katsayılar ise sırasıyla makine ucunda oluşan başlangıç kısa devre akımı ile makinenin anma akımı arasındaki orana (I_{kG}''/I_{rG}) ve asenkron makinenin kutup çiftine düşen aktif gücüne (P_{rM}/p) bağlıdır.

Dengesiz arızalar da kesme akımı makinelerden uzakta oluşan kısa devre durumundaki gibi hesaplanır.

3.3.2.5 Simetrik Kısa Devre Kesme Gücü (S_b)

$$S_b = \sqrt{3} I_b U_n \qquad \textbf{(3.26)}$$

3.3.2.6 Sürekli Hal Kısa Devre Akımı (I_k)

Dengeli arızalarda asenkron makinelerin bu akıma katkısı yoktur. Senkron makinelerin katkısı, I_{kG}''/I_{rG} oranına ve X_{dsat} değerine bağlı olan λ değerleri yardımı ile bulunur.

Dengesiz arızalarda generatördeki akı azalması dikkate alınmaz, sürekli hal kısa devre akımı başlangıç kısa devre akımına eşit olur.

3.3.2.7 Termik Kısa Devre Akımı (I_{th})

Kısa devre akımı kadar süren ve onunla aynı termik etkiye sahip olan sinüsodial akımın etkin değeridir. Sözü geçen süre arızanın temizlenme süresidir.

3.3.2.8 Kısa Devre Akımının Azalan Bileşeni (i_{dc})

Kısa devre akımının alt ve üst zarflarının ortalaması olan zamanla azalıp 0'a giden kısa devre akımı bileşenidir.

$$i_{dc} = \sqrt{2} I_k'' e^{-2\pi f t R/X} \qquad \textbf{(3.27)}$$

R/X oranı kısa devre noktasındaki direncin reaktansa oranıdır.

3.3.3 Yapılan Kabuller

En yüksek ve düşük kısa devre akımları hesabında şu kabuller yapılır:

- Kısa devre sırasında, kısa devre tipinde değişiklik olmadığı kabul edilir. Bir faz toprak, bir faz toprak olarak, üç faz toprak üç faz toprak olarak kalır.
- Kısa devre sırasında sistemde bir değişiklik meydana gelmeyeceği kabul edilir.
- Ana kademedeki transformatör empedansının değişmediği kabul edilir.
- Ark direnci dikkate alınmaz.
- Durağan yükler, hat kapasiteleri ve şönt admintanslar, sıfır bileşen reaktansları dışında ihmal edilir.

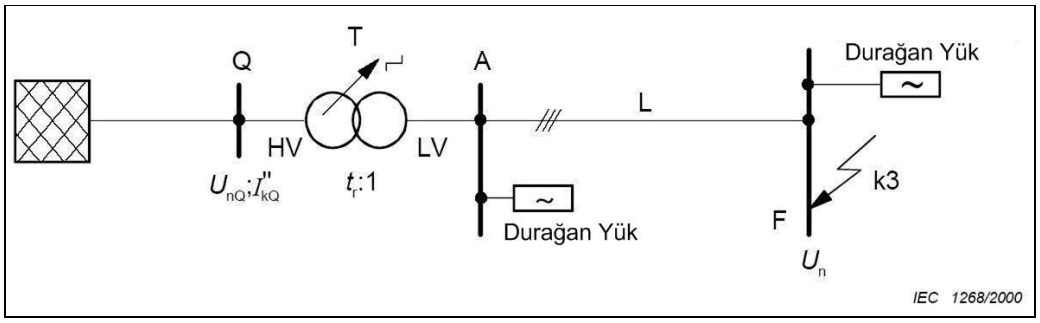
Güç bir güç sisteminde, yukarıda belirtilen kabuller, ciddi bir hataya yol açmaksızın, önemli ölçüde benzetim kolaylığı ve hızlı hesaplama olanağı yaratırlar [8].

3.3.4 Hesap Yöntemi

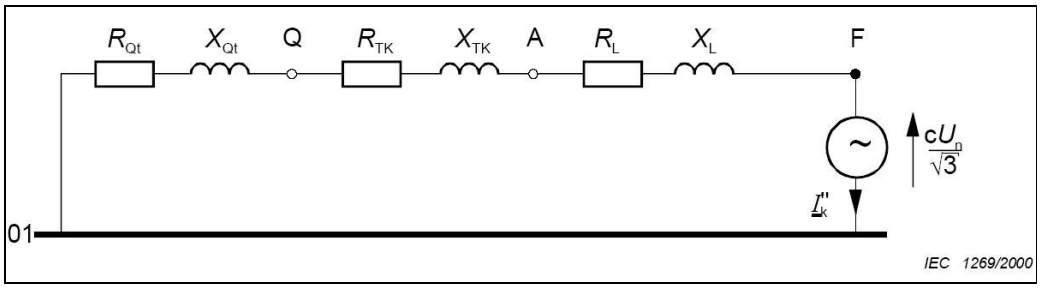
Hesaplama için kullanılan yöntem, arıza noktasındaki Thevenin eşdeğerinin belirlenmesine dayanır. Eşdeğer gerilim kaynağının çıkışı, sistemin etkin gerilimidir. Bütün hatlar, transformatörler, senkron ve asenkron makineler iç empedansları ile temsil edilirler.

Bütün kısa devre durumlarında kısa devre akımını eşdeğer gerilim kaynağı yardımı ile tanımlamak olanaklıdır. Sistemin yük durumu, transformatör kademe değiştiricilerinin durumu, generatör uyarmaları vb bilgiler, kısa devre hesaplamaları için gerekli değildir. Kısa devre anındaki olası farklı bütün yük akışı hesapları gereksizdir.

Şekil 3.4'de verilen basit bir güç sisteminin F noktasında oluşan arıza akımının hesabı için oluşturulan eşdeğer devre Şekil 3.5'de verilmiştir. F noktasındaki gerilim, sistemin anma gerilimidir (U_n). Bu gerilim ve bu noktadan görülen eşdeğer devre empedansı kullanılarak başlangıç kısa devre akımının değeri (I_k'') hesaplanır.



Şekil 3.4: Basit Bir Güç Sistemi



Şekil 3.5: I_k'' Akımı Hesabında Kullanılan Eşdeğer Devre

Dengesiz arızalar için simetrili bileşenler yöntemi kullanılır.

3.3.5 En Yüksek Kısa Devre Akımları

IEC 60909'a [8] göre en yüksek kısa devre akımları hesaplanırken aşağıdaki koşullar dikkate alınmalıdır.

- Aksini belirten bir ulusal standart yoksa, gerilim faktörü c_{maks} Tablo 3.1'deki gibi seçilir.
- Eğer dış şebeke bir eşdeğer empedans olarak gösterilmiş ise, sisteme en yüksek kısa devre akımı katkısı yapacak olan en düşük empedans değeri seçilir.
- Standartta öngörülen koşullar sağlanması halinde, motorların kısa devre akımını arttırıcı etkisi dikkate alınmayabilir.
- Hatların direnç değerleri 20^oC'deki değerler olarak alınmalıdır.

3.3.6 En Düşük Kısa Devre Akımları

IEC 60909'a [8] göre en düşük kısa devre akımları hesaplanırken aşağıdaki koşullar dikkate alınmalıdır.

- Aksini belirten bir ulusal standart yoksa gerilim faktörü c_{min} Tablo 3.1'deki gibi seçilir.
- Eğer dış şebeke bir eşdeğer empedans olarak gösterilmiş ise, sisteme en düşük kısa devre akımı katkısı yapacak olan en yüksek empedans değeri seçilir.
- Motorlar ihmal edilmelidirler.
- Hatların direnç değerleri 20°C'den daha yüksek bir sıcaklıktaki değerleri ile gösterilmelidirler.

Tablo 3.1: c Faktörü Belirlenmesi [8]

Anma Gerilimi U_n	**Kısa Devre Akımı Hesabında *c* Gerilim Faktörü**	
	En Yüksek'te c_{maks} [1)]	**En Düşük'te** c_{min}
Alçak Gerilim 0,1 kV ≤ U_n ≤ 1 kV (IEC 60038, tablo 1)	1,05[3)] 1,10[4)]	0,95
Orta Gerilim 1 kV < U_n ≤ 35 kV (IEC 60038, tablo 3)	1,10	1,00
Yüksek Gerilim[2)] 35 kV < U_n (IEC 60038, tablo 4)		

[1)] $c_{maks}U_n$ sistemdeki donanımların için olan en yüksek gerilimi U_m'yi aşmamalıdır.
[2)] Eğer anma gerilimi tanımlanmadıysa $c_{maks}U_n=U_m$ veya $c_{min}U_n=0,90xU_m$ uygulanmalıdır.
[3)] Toleransı +%6 olan alçak gerilim sistemleri için, örneğin gerilimi 380 V'tan 400 V'ta çıkan
[4)] Toleransı +%10 olan alçak gerilim sistemleri için

3.3.7 Dig-Silent'taki Hesaplama Seçenekleri

Dig-Silent yazılımı, kısa devre hesapları için aşağıdaki seçenekleri sunmaktadır.

- Alman VDE standardına, Uluslar arası IEC standardına veya hata öncesi yük akışını dikkate alacak şekilde üç farklı kısa devre hesaplama yönteminden biri seçilebilir.
- Üç faz, iki faz, tek faz toprak, iki faz toprak arıza tiplerinden biri seçilebilir.
- İlk iki kısa devre akım hesabı için, en yüksek veya en düşük kısa devre akımlarından hangisinin hesaplanmak istendiği seçilebilir.
- Kesme akımını (I_b) hesaplamak için kesici açma ve röle algılama sürelerinin toplamı olan en kısa kesim zamanı girilebilir.

- Hata temizlenme zamanı girilerek termik akım (I_{th}) değeri hesaplanabilir. Burada girilen süre aslında rölenin uyguladığı koruma gecikme zamanı, röle algılama ve kesici açma süresidir, kısaca arızanın temizlenme süresidir.
- Her birinde kısa devre akımı ayrı hesaplanmak üzere, tek bir barada veya birden fazla barada kısa devre olacak şekilde hata yeri seçilebilir.
- Yük akışına dayalı hesaplama için, birden fazla barada aynı anda kısa devre benzetimi yapılabilir.
- Şebeke tipi seçimi yapılabilir. Normalde Dig-Silent, kısa devre algoritmasında şebekenin gözlü olup olmadığını tanımlar. Yalnız kullanıcı bu seçimini gözlü yönünde de kullanabilir.
- c - Gerilim Faktörü, kullanıcı tarafından seçilebilir, aksi durumda IEC standardına göre seçim yapılır.
- Verilen azalma zamanı için, kısa devre akımını doğru bileşeni hesaba katılabilir.
- İletkenin arıza öncesi sıcaklığı verilebilir. Bu seçim kısa devre akımlarından kaynaklanan iletkenin son sıcaklık değeri değişimine etki eder.
- Asenkron motorların etkisi, her zaman hesaba katılabilir veya olanaklı ise otomatik olarak ihmal edilebilir veya hem olanaklı hem de kullanıcı istiyor ise ihmal edilebilir.
- Sürekli hal kısa devre akımının hesabında Dig-Silent yöntemi seçilebilir.

4. YAPILAN HESAPLAR

PETKİM elektrik güç sisteminin yük akışı ve kısa devre hesaplamaları yapılmıştır. Bu amaçla önce elektrik sistemi modellenmiştir. Daha sonra oluşturulan modelin doğrulanması amacıyla iki farklı yük durumu için yük akışları yapılmış, sistemden alınan veriler ve yük akışı sonuçları kıyaslanmıştır. Yeterli doğruluğa erişildiği kanıtlandıktan sonra, PETKİM ilgililerinden alınan bilgiler ışığında, dört farklı çalışma durumu için yük akışları yapılmıştır. Son olarak, yukarıda belirtilen dört farklı durum için en yüksek ve en düşük üç fazlı simetrik kısa devre akımı ve bir fazlı kısa devre akımı benzetimleri gerçekleştirilmiştir.

4.1 PETKİM Elektrik Sisteminin Modeli

İlk aşamada, benzetimlerde kullanılacak PETKİM elektrik güç sistemindeki donanımların kümeleri ortaya çıkarılmış ve Dig-Silent programının yük akışı, kısa devre ve geçici hal kararlılık analizlerinde kullanacağı donanım kümelerine ait özellikler listelenmiştir.

PETKİM sistemi için yük akışı, kısa devre ve geçici hal kararlılık analizlerinde kullanılabilecek donanım kümeleri:

1. asenkron makine
2. senkron makine
3. iletim hattı
4. transformatör
5. dış şebeke
6. bara
7. yük
8. seri reaktör
9. şönt filtre

10. motor sürücüsü

11. gerilim denetimcisi

12. ana denetimci (frekans ve aktif güç)

13. santral modeli (ana tahrik)

dir. Bunlardan ilk dokuz tanesi her üç analiz için; son dört adet küme ise geçici hal kararlılık analizi için kullanılmaktadır.

Sistemin topolojik yapısı, PETKİM'den temin edilen bağlantı şemalarından, PETKİM'in fabrika sahasında yapılan gözlemler ve yetkililerden alınan bilgilerden (analizde incelenmesini istedikleri çalışma şekilleri gibi) yola çıkarak oluşturulmuştur.

Fabrikaların yüklenmeleri, A, B, C ve D baralarına bağlı hücre çıkışlarındaki rölelerden, saat başı alınan aktif ve reaktif güç bilgileri yardımı ile belirlenmiştir. Fakat yüklerin frekans ve gerilimlere karşı duyarlığını gösteren yük karakteristiklerini temin etmek veya elde etmek mümkün olmamıştır. Bu nedenle yükler, gerilim ve frekanstan bağımsız olarak modellenmiştir.

Transformatörlere, asenkron ve senkron makinelerin tiplerine ait bilgiler, üreticilerin PETKİM'e verdiği dosyalardan, PETKİM'in yaptırdığı ürün kabul deney raporları veya kendi yaptığı deney raporlarından, IEC 60909–2 [10] standardından elde edilmiştir. Temin edilemeyen veriler için, benzer özellikli donanımların verilerinden esinlenerek tahminler yapılmıştır.

Yük akışı için gerekli motor güç bilgileri, fabrika yüklerindeki gibi elde edilmiştir. (Yük akışı analizlerinde A,B,C veya D baralarına tek başına bağlı olan motorlar yük olarak değil motor olarak gösterilmiştir.) Senkron generatörlerin güç bilgileri, benzer şekilde, ölçüm ve gözlemlerden veya yetkililerden temin edilmiştir.

Kablolar için gerekli bilgiler kablo kataloglarından ve üreticilerin PETKİM'e verdiği dokümanlardan; hava hatları için gerekli bilgiler ise TEİAŞ'tan sağlanmıştır. Hat uzunlukları ve paralel hat sayıları vb. bilgiler, sistem topoljik özelliklerinin elde edildiği yöntemlerle temin edilmiştir.

Baraların tip bilgileri, yine ilgili tek hat şemalarından elde edilmiştir.

Dış şebeke olan TEİAŞ'a ait bilgiler, yine TEİAŞ'tan elde edilmiş; fakat geçici hal kararlılık analizi için gerekli bilgilere ulaşılamamıştır.

Paralel filtreler (kondansatörler) için, plaka değerlerinden, ilgili tek hat şemalarından ve rölelerden elde edilen bilgiler kullanılmıştır. Yine seri reaktörler için tek hat şemalarından ve plakalarından alınan değerler kullanılmıştır.

Geçici hal kararlılık analizleri tez kapsamı dışında tutulduğu için, sırf bu analiz için gerekli olan donanımlara ait bilgiler motor sürücüleri dışında girilmemiştir. PETKİM'in elindeki kaynaklarda, girilmeyen gerilim denetimcisine ve ana denetimciye ait bilgi bulunmaktadır. Fakat santral (ana tahrik) modelinin kurulması ve parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Motor sürücülerine ait bilgiler üreticilerin verdikleri dosyadan bulunmuştur.

Kısaca elden geldiğince gerçeğe yakın bilgiler seçilmeye ve kullanılmaya çalışılmıştır.

4.2 Ölçme ve Benzetim Sonuçlarının Karşılaştırması

Oluşturulan modelin doğruluğunu test etmek üzere, 1 Mart 2007 saat 14:35 ve 13 Nisan 2007 saat 14:28'deki yük durumu için yapılan benzetim sonuçları ve ölçmeler karşılaştırılmıştır. Ölçmeler, 34,5 kV baraların hücrelerindeki rölelerden ve generatörlere göstergelerinden alınmıştır. Generatör ölçmelerinin olabildiğince hücre ölçmeleri ile senkron yapılmasına özen gösterilmiştir. Fakat buhar sistemi ile sıkı kuplajı nedeniyle, TG2 ve TG3 generatörlerine ilişkin hızlı aktif ve reaktif güç değişimleri ve ölçme sistemlerindeki farklılıklar nedeniyle bazı sapmalar olabilmektedir.

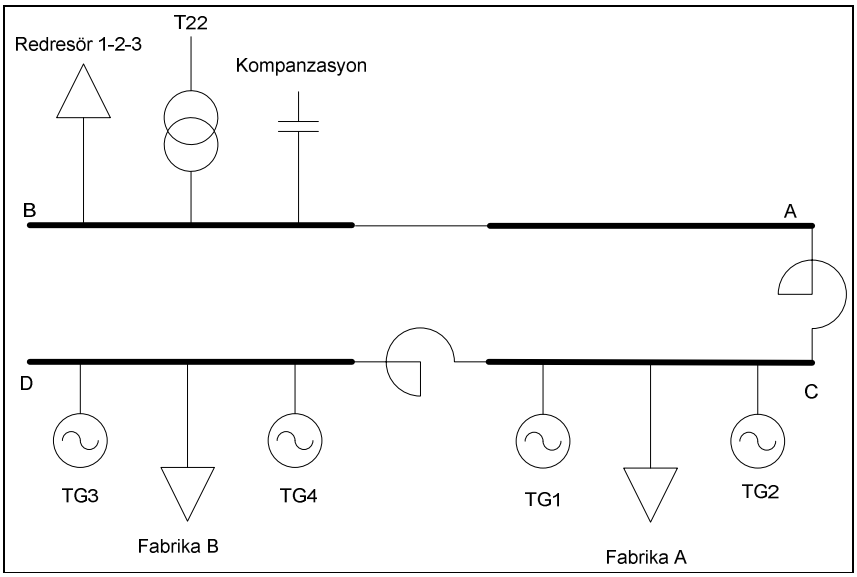
Güç sistemin yapılandırılması, yani baralar, yükler, generatörler ve TEİAŞ'ın bağlantı şekli, söz konusu tarihlerdeki gibi oluşturulmuştur. 34,5 kV hücrelerden tek başlarına doğrudan bir trafo üzerinden beslenen dört motor dışındaki fabrika yükleri doğrudan baralara bağlanmıştır. Bunun nedeni, alınan bilgilerin kaynağının o noktalar olmasıdır.

Şekil 4.1'de verilen yapılandırma için, ilgili tarihlerde yapılan ölçme sonuçları, Dig-Silent benzetim sonuçları ve aralarındaki farklar;

- Bara gerilimleri için Tablo 4.1,

- TEİAŞ transformatör güçleri için Tablo 4.2,
- Dört adet motor ve kompanzasyon sistemine ilişkin güçler Tablo 4.3 ve
- Generatörler için Tablo 4.4'de

verilmiştir. 1 numaralı ölçme ve benzetimler 1 Mart 2007 ve 2 numaralı ölçme ve benzetimler ise 13 Nisan 2007 tarihlerindeki yük durumlarına karşı düşmektedir.



Şekil 4.1: 1 Mart ve 13 Nisan Tarihlerindeki Yapılandırma

Tablo 4.1: Bara Gerilimleri

	Ölçüm 1	Benzetim 1	Fark	Ölçüm 2	Benzetim 2	Fark
	kV	*kV*	*%*	*kV*	*kV*	*%*
A	34,52	34,57	0,14	34,53	34,53	0,00
B	34,52	34,57	0,14	34,53	34,53	0,00
C	35,05	35,00	0,14	35,00	35,01	0,03
D	35,15	35,16	0,03	35,03	35,10	0,20

Tablo 4.2: TEİAŞ Transformatörleri

	Ölçüm 1		Benzetim 1		Fark		Ölçüm 2		Benzetim 2		Fark	
	P	*Q*	*P*	*Q*	*ΔP*	*ΔQ*	*P*	*Q*	*P*	*Q*	*ΔP*	*ΔQ*
	MW	*MVAr*	*MW*	*MVAr*	*%*	*%*	*MW*	*MVAr*	*MW*	*MVAr*	*%*	*%*
T21	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00
T22	-14,571	-1,789	-15,640	-1,790	7,34	0,06	-14,589	-0,819	-12,700	0,000	12,95	100,00

Tablo 4.3: Yükler

	Ölçüm 1		Benzetim 1		Fark		Ölçüm 2		Benzetim 2		Fark	
	P	*Q*	*P*	*Q*	*ΔP*	ΔQ	*P*	*Q*	*P*	*Q*	*ΔP*	*ΔQ*
	MW	*MVAr*	*MW*	*MVAr*	%	%	*MW*	*MVAr*	*MW*	*MVAr*	%	%
AYPE M1	5,702	1,577	5,700	1,390	0,04	11,86	0,023	0,068	0,020	0,120	-	-
AYPE M2	6,316	0,969	6,320	0,670	0,06	-	6,379	1,103	6,380	0,780	0,02	29,28
TAYPE M	7,383	-0,086	7,390	0,250	0,09	-	8,539	0,211	8,540	0,360	0,01	-
YYPE M	2,345	0,694	2,350	0,640	0,21	7,78	2,031	0,616	2,040	0,500	0,44	18,83
Kompanzasyon	0,058	-6,680	0,040	-6,650	31,03	-0,45	0,035	-6,635	0,040	-6,640	14,29	0,08

Tablo 4.4: Generatörler

	Ölçüm 1			Benzetim 1			Fark		
	P	*Q*	*U*	*P*	*Q*	*U*	*ΔP*	*ΔQ*	*ΔU*
	MW	*MVAr*	*Kv*	*MW*	*MVAr*	*Kv*	%	%	%
TG1 (34,5 kV trfdan)	15,84	6,53	-	15,84	6,49	10,93	0,00	0,61	-
TG2 (34,5 kV trfdan)	48,00	24,98	-	48,00	21,19	10,96	0,00	15,17	-
TG3 (34,5 kV trfdan)	55,60	17,36	10,9	55,59	14,59	10,88	0,02	15,96	0,18
TG4 (10,5 kV trfdan)	17,90	8,80	10,74	17,90	8,67	10,78	0,00	1,48	0,37
	Ölçüm 2			**Benzetim 2**			**Fark**		
	P	*Q*	*U*	*P*	*Q*	*U*	*ΔP*	*ΔQ*	*ΔU*
	MW	*MVAr*	*Kv*	*MW*	*MVAr*	*Kv*	%	%	%
TG1 (34,5 kV trfdan)	14,60	7,27	-	14,60	6,76	10,94	0,00	6,95	-
TG2 (34,5 kV trfdan)	42,81	20,84	-	42,81	20,76	10,94	0,00	0,38	-
TG3 (34,5 kV trfdan)	53,74	15,47	10,8	53,74	12,28	10,80	0,00	20,62	0,00
TG4 (10,5 kV trfdan)	18,00	8,80	10,70	18,00	8,72	10,77	0,00	0,91	0,65

Ölçme ve benzetim sonuçları kıyaslandığında:

- Gerilimler açısından farklar %0,2'nin altındadır.
- TEİAŞ aktif güçlerindeki bağıl fark sırasıyla %7 ve %13'dür.
- Motor güçleri arasındaki farklar göreceli yüksektir.
- Generatör reaktif güç farkları %20'nin altında; gerilim genlik farkları ise ihmal edilebilir mertebededir.

Elde edilen sonuçlara bakıldığında:

- eş zamanlı okuyamama,
- bazı donanımların kontrol sistemindeki yetersizlikler ve
- ölçme prensiplerindeki farklılıklar nedeniyle

özellikle aktif ve reaktif güç ölçmeler ve benzetim sonuçları arasında yer yer önemli farkların olduğu görülmüştür. Gerilim genlikleri açısından farklar ihmal edilebilecek mertebelerdedir.

4.3 Yük Akışı Benzetimleri

Bu analizlerde üzerinde durulacak noktalar:

- TEİAŞ'tan alınan reaktif güç/aktif güç oranının tarife değerlerini geçmemesi,
- TEİAŞ'tan alınan ve PETKİM'de üretilen aktif ve reaktif güçlerin üretimdeki payları,
- Dört büyük motor ve fabrika yüklerinin tüketim miktarları,
- Gerilim genliğinin ± %10 değerini aşmaması ve
- 6,3 kV fabrika baralarındaki kuplajın kapatılması ve tüm yükün tek hat üzerinden beslenmesi durumlarında bu özelliğe sahip hatların ve transformatörlerin yüklenmelerinin çalışmayı etkileyecek değerleri aşmamasıdır.

Otomatik kademe değiştiricilerin, reaktif akım sınırlarının göz önüne alındığı üç fazlı dengeli yük akışı analizi yaptırılmıştır. Dig-Silent programından alınan analiz sonuçları bilgisayar dosyası olarak CD'de verilmiştir. (Yuk_Akisi.pdf, YukAkD1.wmf, YukAkD2.wmf, YukAkD3.wmf, YukAkD4.wmf). Yuk_Akisi.pdf dosyasında aşağıda belirtilen dört çalışma durumuna ilişkin gerilim ve güç hesaplama sonuçları, sistem özet bilgisi ve 4 sisteme ilişkin nihai karşılaştırma özet değerleri vardır. Windows Metafile (WMF) dosyalarda ise, sistem grafiği üzerinde bara gerilimleri ve güç akışları verilmiştir.

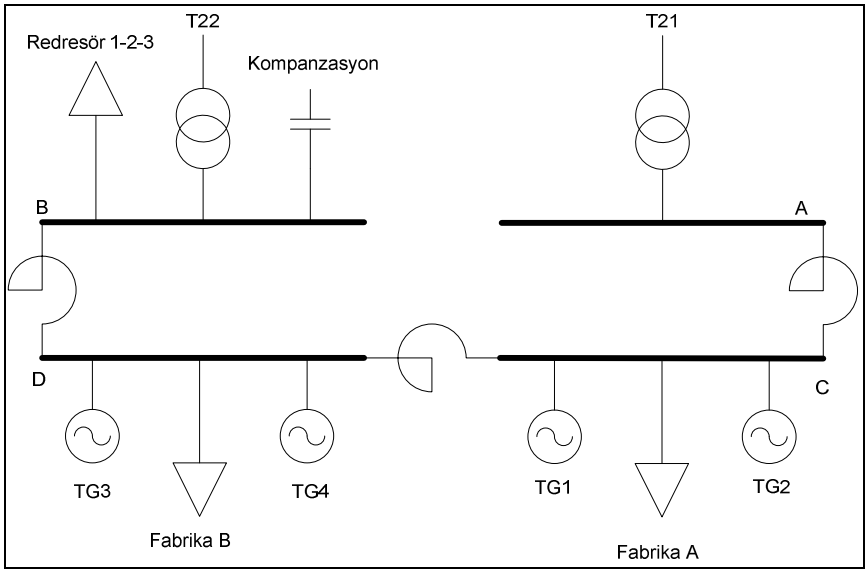
Bölüm 4.2'deki karşılaştırma benzetimlerinden farklı olarak, tüm motor ve diğer yüklerin kablo ve transformatörleri de dikkate alınmıştır.

Fabrika yükleri, 19 Ocak 2007 – 15 Nisan 2007 tarihleri arasındaki en yüksek toplam fabrika yükünün olduğu 10 Şubat 2007 saat 11:53 tarihindeki yüklerin 1,05 katı olarak seçilmiştir. Generatörlerin güçleri, yetkililerden alınan bilgiye göre, generatör gerilimleri ise karşılaştırma yapılan tarihlerdeki gerilimlere göre ayarlanmıştır.

4.3.1 Çalışma Durumları

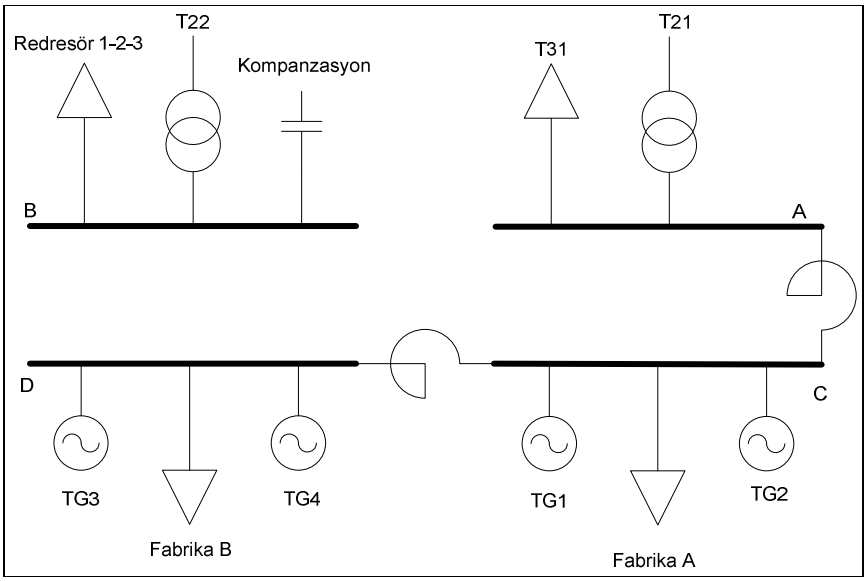
Yük akışı analizleri, PETKİM yetkililerinin önerileri doğrultusunda, dört tipik çalışma durumu için gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma durumları Şekil 4.2– 4.5'de gösterilmiştir.

Durum 1'de (Şekil 4.2)generatör üretimleri normalde elde edilen en yüksek seviyededir. A ve B barası arasındaki dışında, tüm kuplajlar kapalıdır. Kuplajlar reaktörlerle sağlanmaktadır. Fabrikaların 6,3 kV A ve B baraları sırasıyla 34,5 kV C ve D barası üzerinden; redresör transformatörleri ve kompanzasyon üniteleri 34,5 kV B barasından beslenmektedir. TEİAŞ'a ait T21 ve T22 baraları A ve B baralarına, TG3 ve TG4 generatörleri D barasına, TG1 ve TG2 generatörleri C barasına bağlıdır.



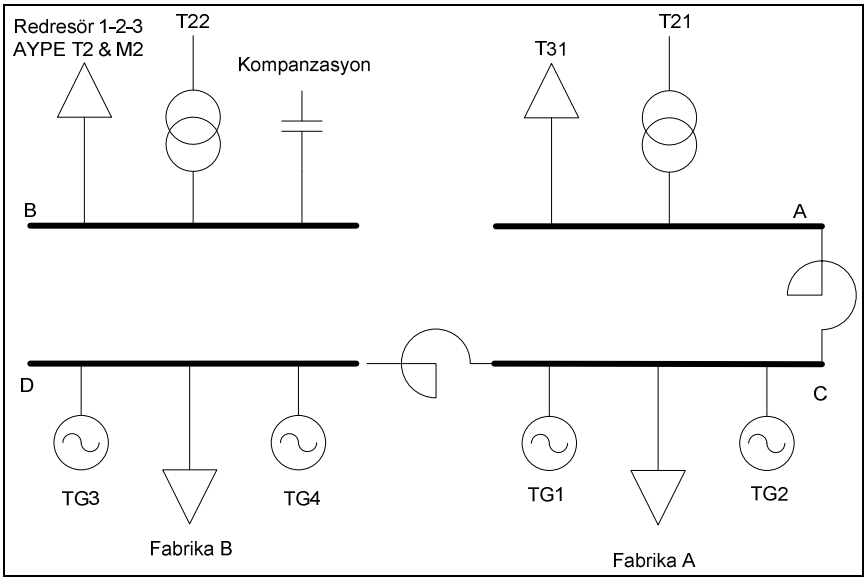
Şekil 4.2: Durum 1 ve Durum 5

Durum 2'de (Şekil 4.3) generatör üretimleri yine normalde elde edilen en yüksek seviyededir. A ve C baraları ve D ve C baraları reaktörler vasıtasıyla kuplajlıdır. Fabrikaların 6,3 kV A ve B baraları sırasıyla 34,5 kV C ve D barası üzerinden; redresör trafoları ve kompanzasyon üniteleri 34.5 kV B barasından beslenmektedir. Yalnız iç ihtiyaç transformatörü T31 A barasına bağlıdır. Redresör transformatörü ve kompanzasyon üniteleri B barasından beslenmektedir. TEİAŞ'a ait T21 ve T22 transformatörleri A ve B baralarına, TG3 ve TG4 generatörleri D barasına, TG1 ve TG2 generatörleri C barasına bağlıdır. PETKİM elektrik sistemi genelde bu bağlantı şekli ile çalışılmaktadır.



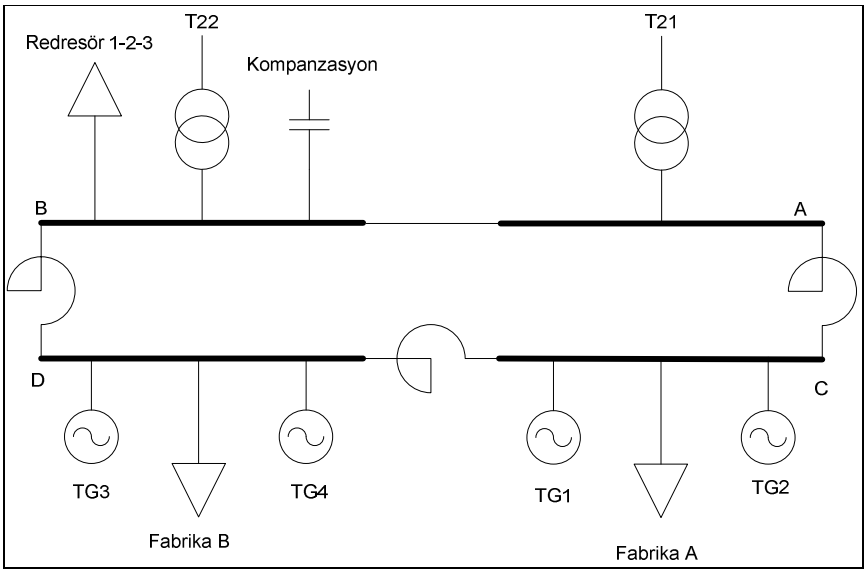
Şekil 4.3: Durum 2 ve Durum 6

Durum 3'ün (Şekil 4.4) Durum 2'den farkı, D barasından beslenen AYPE T2 ve AYPE M2 trafolarının B barasından besleniyor olmasıdır. Ayrıca, dört adet generatör üretimi aşağı çekilip TEİAŞ'dan alınan enerjinin en yükseğe çıkartıldığı bağlantı durumudur. Bu çalışma şekli, TEİAŞ'tan alınan enerjinin ucuz olduğu gece çalışmalarında tercih edilen durumdur.



Şekil 4.4: Durum 3 ve Durum 7

Durum 4 (Şekil 4.5), normalde çalışılmak istenmeyen ve ancak bazı manevralar sırasında geçici olarak çalışılan durumdur. Bu durumun Durum 1'den farkı A ve B baraları arasındaki reaktör üzerinden olmayan kuplajların kapatılmış olmasıdır.



Şekil 4.5: Durum 4 ve Durum 8

4.4 Kısa Devre Benzetimleri

Kısa devre analizleri de, yukarıda anlatılan aynı çalışma durumları için yatırılmıştır (Şekil 4.1–4.4). Kısa devre analizlerinde IEC–60909 standardı kullanıldığından, motorların etkisinin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Fakat her bir fabrikanın sabit yüklerle modellendiği yük akışı modelleri kısa devre analizleri için yeterli değildir.

IEC-60909/0 standardına uyabilmek için fabrikalar yük olarak modellenmekten vazgeçilmiş, tek bir eşdeğer motor olarak modellenmiştir. Bundan dolayı bağlanış şeklileri aynı olmasına rağmen dört yeni bağlantı şekli elde edilmiştir. Eşdeğer motorun özelliklerini belirleyebilmek için, fabrikaların normal bir çalışmasında, devrede olan 6,3 kV elektrik motorlarının fabrikanın hangi barasına bağlı olduğu bilgisi ile isim ve plaka gücü listeleri yapılmıştır. Eşdeğer motor parametreleri için gerekli olan cosφ, verim ve kitli rotor akımı bilgileri, IEC-60909/2 standardı yardımı ile belirlenmiştir.

Kısa devre hesapları IEC standardına göre üç fazlı dengeli ve tek faz toprak arızalarında en yüksek ve en düşük akımları bulmak için yapılmıştır. Dig-Silent programından alınan analiz sonuçları bilgisayar dosyası olarak CD'de verilmiştir. (1_Faz_Min.pdf, 1FMinD5.wmf, 1FMinD6.wmf, 1FMinD7.wmf, 1FMinD8.wmf, 1_Faz_Maks.pdf, 1FMaksD5.wmf, 1FMaksD6.wmf, 1FMaksD7.wmf, 1FMaksD8.wmf, 3_Faz_Min.pdf, 3FMinD5.wmf, 3FMinD6.wmf, 3FMinD7.wmf,

3FMinD8.wmf, 3_Faz_Maks.pdf, 3FMaksD5.wmf, 3FMaksD6.wmf, 3FMaksD7.wmf, 3FMaksD8.wmf) 1_Faz_Min.pdf, 1_Faz_Maks.pdf, 3_Faz_Min.pdf, 3_Faz_Maks.pdf dosyalarında belirtilen dört çalışma durumuna ilişkin tüm baraların sırasıyla 1 faz toprak en düşük kısa devre akımı, 1 faz toprak en yüksek kısa devre akımı, 3 faz dengeli en düşük kısa devre akımı, 3 faz dengeli en yüksek kısa devre akımı hesaplarının sonuçları vardır. Windows Metafile (WMF) dosyalarda ise, sistem grafiği üzerinde baraların kısa devre akımına ilişkin S_k'', I_k'' ve i_p büyüklükleri verilmiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Yük Akışı Sonuçları

Aşağıda dört çalışma durumu için, benzetim sonuçlarının yorumları yapılmıştır.

5.1.1 Durum 1

Bu çalışma durumuna ilişkin benzetim sonuçları EKLER'de Tablo A.1, Tablo A.2, Tablo A.9 ve Tablo A.10'da verilmiştir. Ayrıca tüm çalışma durumlarını kapsayan ortak tablolar Tablo A.17, Tablo A.18, Tablo A.19, Tablo A.20 ve Tablo A.21 de verilmiştir. Bu tabloların ve ekteki CD'nin incelenmesi sonucu aşağıdaki gözlemler yapılmıştır.

Analiz sonuçlarına göre bütün bara ve terminal gerilimleri, anma geriliminin ± %10'luk sınırları içinde kalmaktadır.

Anma akımının %100'ünden fazla yüklenen transformatör, kablo veya hava hatı, asenkron ve senkron makine bulunmamaktadır.

Kuplaj hattı bulunan baraları besleyen bütün transformatörler, tek bara beslediklerinde %50 yüklenme oranını ve iki bara beslediklerinde ise %100 yüklenme oranını aşmamaktadırlar. Sadece kendi baralarını besledikleri ve baradaki başlangıçta durduğu kabul edilen en güçlü orta gerilim motorunun kalkış yaptığı durumlarda 206/1-PE–001 (AYPE), 260/2-PE–001 (AYPE), TR1 (EO/EG), 256-PS-901A (Hava Azot), TR31 (İç İhtiyaç), TR32 (İç İhtiyaç), 201-PE–902 (Klor), T1 (PA), 260-PS–701/A (SkG), 260-PS–701/B (SkG), 202-PE-901A (VCM) ve 202-PE-901B (VCM) transformatörleri %100'ün üzerinde yüklenmektedirler. İki bara beslenmesi durumunda, duran motor kalkışı anında, PTA, ACN, SkA, SkB, SkC, SkH, TAYPE, TM–01 ve YYPE transformatörleri dışındaki transformatörler %100'ün üzerinde yüklenmektedirler. Fakat bu yüklenmeler, 3 saniye gecikmesi olan röle ayarları dikkate alındığında, rölelerin algılayacağı mertebede bir aşırı yüklenmeye neden olmamaktadır (Tablo A.1).

Yalnız kendi yüklerini besleyen 206/1-PE–201 (AYPE), 206/2-PE–201 (AYPE), TR03 (TAYPE) ve PS–910 (YYPE) transformatörleri %50'nin üzerinde yüklenmemektedirler. Fakat bu transformatörlerin besledikleri motorlar kalkarken, transformatörler %100'ün üzerinde yüklenmektedirler. 3 saniye gecikmeye sahip röle ayarlarına bakıldığında, PS–910 (YYPE) transformatörü dışındaki transformatörler, rölenin arıza bölgesine girecek ölçüde yüklenmektedirler. Ancak bu motorlar için kalkış zamanı 2 saniyenin altında olduğu için her hangi bir açmaya olayı gerçekleşmemektedir (Tablo A.2).

Kuplaj hattı bulunan baraları besleyen bütün hatlar tek bara beslediklerinde, %50 yüklenme oranını ve iki bara beslediklerinde ise %100 yüklenme oranını aşmamaktadırlar. Yine baradaki en büyük orta gerilim motoru kalkış yaptığı tek ve iki bara besledikleri durumlarda hatlar %100'ün üzerinde yüklenmemektedirler (Tablo A.9).

Yalnız kendi yüklerini besleyen hatlar AYPE-M A, AYPE-M B, TAYPE-M ve YYPE-M hatları %50'nin üzerinde yüklenmemektedirler. Fakat bu hatların besledikleri motorlar kalkarken hatlar %100'ün üzerinde yüklenmektedirler (Tablo A.10).

Aktif güçteki kayıplar üretimin %1,04'ü kadardır. Reaktif güçte ise, endüktif kayıplar %27,8, kapasitif kayıplar %0,8 ve net reaktif kayıplar %26,9 oranındadır. Endüktif kayıpların yüksek olmasındaki neden, kısa devre akımlarını sınırlamak için baralar arasına ve TEİAŞ transformatörlerinin arkasına reaktör konulması ve generatör transformatörlerinin bağıl kısa devre gerilimlerinin yüksek olmasıdır (Tablo A.17).

TEİAŞ'tan alınan gücün cosφ'si 0,99'dur cezalı ödeme sınırı olan 0,95'i aşmamaktadır (Tablo A.18).

Aktif güç üretiminin %82,9'si generatör gruplarından yapılmakta, kalan %17,1'i TEİAŞ'tan sağlanmaktadır (Tablo A.19).

Reaktif güç üretiminin %86,7'si generatör gruplarından yapılmakta, %4,4'ü TEİAŞ'tan ve %7,7'si 34,5 kV kompanzasyon ünitesinden sağlanmaktadır (Tablo A.20).

Kendi 34,5 kV hücrelerine sahip dört büyük 6,3 kV motorlar (KM103, 5-PMH-425C, 206/1-PMK–202, 206/2-PMK–202) toplam aktif güç tüketiminin %14,1'ini, reaktif

güç tüketiminin %4'ünü yapmaktadır. Fabrikaların tüketimdeki payı ise, aktif güç için %84,7 ve reaktif güç için %69,1'dir (Tablo A.21).

5.1.2 Durum 2

Bu çalışma durumuna ilişkin benzetim sonuçlarının verildiği Tablo A.3, Tablo A.4, Tablo A.11 ve tablo A.12, tüm çalışma durumlarını kapsayan ortak tablolar ve ekteki CD'nin incelenmesi sonucu aşağıdaki gözlemler yapılmıştır.

Analiz sonuçlarına göre bütün bara ve terminal gerilimleri, anma geriliminin ± %10'luk sınırları içinde kalmaktadır.

Anma akımının %100'ünden fazla yüklenen transformatör, kablo veya hava hattı, asenkron ve senkron makine bulunmamaktadır.

Kuplaj hattı bulunan baraları besleyen bütün transformatörler, tek bara beslediklerinde %50 yüklenme oranını ve iki bara beslediklerinde ise %100 yüklenme oranını aşmamaktadırlar. Sadece kendi baralarını besledikleri ve baradaki başlangıçta durduğu kabul edilen en güçlü orta gerilim motorunun kalkış yaptığı durumlarda 206/1-PE–001 (AYPE), 260/2-PE–001 (AYPE), TR1 (EO/EG), 256-PS-901A (Hava Azot), TR31 (İç İhtiyaç), TR32 (İç İhtiyaç), 201-PE–902 (Klor), T1 (PA), 260-PS–701/A (SkG), 260-PS–701/B (SkG), 202-PE-901A (VCM) ve 202-PE-901B (VCM) transformatörleri %100'ün üzerinde yüklenmektedirler. İki bara beslenmesi durumunda, duran motor kalkışı anında, PTA, ACN, SkA, SkB, SkC, SkH, TAYPE, TM–01 ve YYPE transformatörleri dışındaki transformatörler %100'ün üzerinde yüklenmektedirler. Fakat bu yüklenmeler, 3 saniye gecikmesi olan röle ayarları dikkate alındığında, rölelerin algılayacağı mertebede bir aşırı yüklenmeye neden olmamaktadır (Tablo A.3).

Yalnız kendi yüklerini besleyen 206/1-PE–201 (AYPE), 206/2-PE–201 (AYPE), TR03 (TAYPE) ve PS–910 (YYPE) transformatörleri %50'nin üzerinde yüklenmemektedirler. Fakat bu transformatörlerin besledikleri motorlar kalkarken, transformatörler %100'ün üzerinde yüklenmektedirler. 3 saniye gecikmeye sahip röle ayarlarına bakıldığında, PS–910 (YYPE) transformatörü dışındaki transformatörler, rölenin arıza bölgesine girecek ölçüde yüklenmektedirler. Ancak bu motorlar için kalkış zamanı 2 saniyenin altında olduğu için her hangi bir açmaya olayı gerçekleşmemektedir (Tablo A.4).

Kuplaj hattı bulunan baraları besleyen bütün hatlar tek bara beslediklerinde %50 yüklenme oranını ve iki bara beslediklerinde ise %100 yüklenme oranını aşmamaktadırlar. Yine baradaki en büyük orta gerilim motoru kalkış yaptığı tek ve iki bara besledikleri durumlarda hatlar %100'ün üzerinde yüklenmemektedirler (Tablo A.11).

Yalnız kendi yüklerini besleyen hatlar AYPE-M A, AYPE-M B, TAYPE-M ve YYPE-M hatları %50'nin üzerinde yüklenmemektedirler. Fakat bu hatların besledikleri motorlar kalkarken hatlar %100'ün üzerinde yüklenmektedirler (Tablo A.12).

Aktif güçteki kayıplar üretimin %1,06'sı kadardır. Reaktif güçte ise, endüktif kayıplar %28,6, kapasitif kayıplar %0,8 ve net reaktif kayıplar %27,9 oranındadır. Endüktif kayıpların yüksek olmasındaki neden kısa devre akımlarını sınırlamak için baralar arasına ve TEİAŞ transformatörlerinin arkasına reaktör konulması ve generatör transformatörlerinin bağıl kısa devre gerilimlerinin yüksek olmasıdır (Tablo A.17).

TEİAŞ'tan alınan gücün cosφ'si 0,90'dır cezalı ödeme sınırı olan 0,95'i aşmaktadır. Bunun nedeni B barasındaki reaktif güç dengesinin sadece TEİAŞ'tan sağlanmasıdır. Durum 1'de ise generatörlerin B barasındaki reaktif güç dengesine katkısı vardır (Tablo A.18).

Aktif güç üretiminin %82,9'si generatör gruplarından yapılmakta, kalan %17,1'i TEİAŞ'tan sağlanmaktadır (Tablo A.19).

Reaktif güç üretiminin %75,4'ü generatör gruplarından yapılmakta, %16'sı TEİAŞ'tan ve %7,5'i 34,5 kV kompanzasyon ünitesinden sağlanmaktadır (Tablo A.20).

Kendi 34,5 kV hücrelerine sahip dört büyük 6,3 kV motorlar (KM103, 5-PMH-425C, 206/1-PMK–202, 206/2-PMK–202) toplam aktif güç tüketiminin %14,1'ini, reaktif güç tüketiminin %3,9'unu yapmaktadır. Fabrikaların tüketimdeki payı ise, aktif güç için %84,7 ve reaktif güç için %68,2'dir (Tablo A.21).

5.1.3 Durum 3

Bu çalışma durumuna ilişkin benzetim sonuçlarının verildiği Tablo A.5, Tablo A.6, Tablo A.13 ve tablo A.14, tüm çalışma durumlarını kapsayan ortak tablolar ve ekteki CD'nin incelenmesi sonucu aşağıdaki gözlemler yapılmıştır.

Analiz sonuçlarına göre bütün bara ve terminal gerilimleri, anma geriliminin ± %10'luk sınırları içinde kalmaktadır.

Anma akımının %100'ünden fazla yüklenen transformatör, kablo veya hava hattı, asenkron ve senkron makine bulunmamaktadır.

Kuplaj hattı bulunan baraları besleyen bütün transformatörler, tek bara beslediklerinde %50 yüklenme oranını ve iki bara beslediklerinde ise %100 yüklenme oranını aşmamaktadırlar. Sadece kendi baralarını besledikleri ve baradaki başlangıçta durduğu kabul edilen en güçlü orta gerilim motorunun kalkış yaptığı durumlarda 206/1-PE–001 (AYPE), 260/2-PE–001 (AYPE), TR1 (EO/EG), 256-PS-901A (Hava Azot), TR31 (İç İhtiyaç), TR32 (İç İhtiyaç), 201-PE–902 (Klor), T1 (PA), 260-PS–701/A (SkG), 260-PS–701/B (SkG), 202-PE-901A (VCM) ve 202-PE-901B (VCM) transformatörleri %100'ün üzerinde yüklenmektedirler. İki bara beslenmesi durumunda, duran motor kalkışı anında, PTA, ACN, SkA, SkB, SkC, SkH, TAYPE, TM–01 ve YYPE transformatörleri dışındaki transformatörler %100'ün üzerinde yüklenmektedirler. Fakat bu yüklenmeler, 3 saniye gecikmesi olan röle ayarları dikkate alındığında, rölelerin algılayacağı mertebede bir aşırı yüklenmeye neden olmamaktadır (Tablo A.5).

Yalnız kendi yüklerini besleyen 206/1-PE–201 (AYPE), 206/2-PE–201 (AYPE), TR03 (TAYPE) ve PS–910 (YYPE) transformatörleri %50'nin üzerinde yüklenmemektedirler. Fakat bu transformatörlerin besledikleri motorlar kalkarken, transformatörler %100'ün üzerinde yüklenmektedirler. 3 saniye gecikmeye sahip röle ayarlarına bakıldığında, PS–910 (YYPE) transformatörü dışındaki transformatörler, rölenin arıza bölgesine girecek ölçüde yüklenmemektedirler. Ancak bu motorlar için kalkış zamanı 2 saniyenin altında olduğu için her hangi bir açmaya olayı gerçekleşmemektedir (Tablo A.6).

Kuplaj hattı bulunan baraları besleyen bütün hatlar tek bara beslediklerinde, %50 yüklenme oranını ve iki bara beslediklerinde ise %100 yüklenme oranını aşmamaktadırlar. Yine baradaki en büyük orta gerilim motoru kalkış yaptığı tek ve

iki bara besledikleri durumlarda hatlar %100'ün üzerinde yüklenmemektedirler (Tablo A.13).

Yalnız kendi yüklerini besleyen hatlar AYPE-M A, AYPE-M B, TAYPE-M ve YYPE-M hatları %50'nin üzerinde yüklenmemektedirler. Fakat bu hatların besledikleri motorlar kalkarken hatlar %100'ün üzerinde yüklenmektedirler (Tablo A.14).

Aktif güçteki kayıplar üretimin %0,98'si kadardır. Reaktif güçte ise, endüktif kayıplar %30,3, kapasitif kayıplar %0,8 ve net reaktif kayıplar %29,5, oranındadır. Endüktif kayıpların yüksek olmasındaki neden kısa devre akımlarını sınırlamak için baralar arasına ve TEİAŞ transformatörlerinin arkasına reaktör konulması ve generatör transformatörlerinin bağıl kısa devre gerilimlerinin yüksek olmasıdır (Tablo A.17).

TEİAŞ'tan alınan gücün cosφ'si 0,97'dir cezalı ödeme sınırı olan 0,95'i aşmamaktadır (Tablo A.18).

Aktif güç üretiminin %35,6'sı generatör gruplarından yapılmakta, kalan %64,4'ü TEİAŞ'tan sağlanmaktadır (Tablo A.19).

Reaktif güç üretiminin %61,7'si generatör gruplarından yapılmakta, %29,7'si TEİAŞ'tan ve %7,4'ü 34,5 kV kompanzasyon ünitesinden sağlanmaktadır. Benzer bağlantı şekline sahip Durum 2 ve Durum 3 arasındaki bu reaktif üretim payı farkı TG4 generatörünün cosφ denetimli çalışması ve üretiminin Durum 3'te Durum 2'den 11 MW daha az olmasıdır (Tablo A.20).

Kendi 34,5 kV hücrelerine sahip dört büyük 6,3 kV motorlar (KM103, 5-PMH-425C, 206/1-PMK–202, 206/2-PMK–202) toplam aktif güç tüketiminin %14,1'ini, reaktif güç tüketiminin %3,9'unu yapmaktadır. Fabrikaların tüketimdeki payı ise, aktif güç için %84,7 ve reaktif güç için %66,6'dır (Tablo A.21).

5.1.4 Durum 4

Bu çalışma durumuna ilişkin benzetim sonuçlarının verildiği Tablo A.7, Tablo A.8, Tablo A.15 ve tablo A.16, tüm çalışma durumlarını kapsayan ortak tablolar ve ekteki CD'nin incelenmesi sonucu aşağıdaki gözlemler yapılmıştır.

Analiz sonuçlarına göre bütün bara ve terminal gerilimleri, anma geriliminin ± %10'luk sınırları içinde kalmaktadır.

Anma akımının %100'ünden fazla yüklenen transformatör, kablo veya hava hattı, asenkron ve senkron makine bulunmamaktadır.

Kuplaj hattı bulunan baraları besleyen bütün transformatörler, tek bara beslediklerinde %50 yüklenme oranını ve iki bara beslediklerinde ise %100 yüklenme oranını aşmamaktadırlar. Sadece kendi baralarını besledikleri ve baradaki başlangıçta durduğu kabul edilen en güçlü orta gerilim motorunun kalkış yaptığı durumlarda 206/1-PE–001 (AYPE), 260/2-PE–001 (AYPE), TR1 (EO/EG), 256-PS-901A (Hava Azot), TR31 (İç İhtiyaç), TR32 (İç İhtiyaç), 201-PE–902 (Klor), T1 (PA), 260-PS–701/A (SkG), 260-PS–701/B (SkG), 202-PE-901A (VCM) ve 202-PE-901B (VCM) transformatörleri %100'ün üzerinde yüklenmektedirler. İki bara beslenmesi durumunda, duran motor kalkışı anında, PTA, ACN, SkA, SkB, SkC, SkH, TAYPE, TM–01 ve YYPE transformatörleri dışındaki transformatörler %100'ün üzerinde yüklenmektedirler. Fakat bu yüklenmeler, 3 saniye gecikmesi olan röle ayarları dikkate alındığında, rölelerin algılayacağı mertebede bir aşırı yüklenmeye neden olmamaktadır (Tablo A.7).

Yalnız kendi yüklerini besleyen 206/1-PE–201 (AYPE), 206/2-PE–201 (AYPE), TR03 (TAYPE) ve PS–910 (YYPE) transformatörleri %50'nin üzerinde yüklenmemektedirler. Fakat bu transformatörlerin besledikleri motorlar kalkarken, transformatörler %100'ün üzerinde yüklenmektedirler. 3 saniye gecikmeye sahip röle ayarlarına bakıldığında, PS–910 (YYPE) transformatörü dışındaki transformatörler, rölenin arıza bölgesine girecek ölçüde yüklenmemektedirler. Ancak bu motorlar için kalkış zamanı 2 saniyenin altında olduğu için her hangi bir açmaya olayı gerçekleşmemektedir (Tablo A.8).

Kuplaj hattı bulunan baraları besleyen bütün hatlar tek bara beslediklerinde %50 yüklenme oranını ve iki bara beslediklerinde ise %100 yüklenme oranını aşmamaktadırlar. Yine baradaki en büyük orta gerilim motoru kalkış yaptığı tek ve iki bara besledikleri durumlarda hatlar %100'ün üzerinde yüklenmemektedirler (Tablo A.15).

Yalnız kendi yüklerini besleyen hatlar AYPE-M A, AYPE-M B, TAYPE-M ve YYPE-M hatları %50'nin üzerinde yüklenmemektedirler. Fakat bu hatların besledikleri motorlar kalkarken hatlar %100'ün üzerinde yüklenmektedirler (Tablo A.16).

Aktif güçteki kayıplar üretimin %1,04'si kadardır. Reaktif güçte ise, endüktif kayıplar %27,4, kapasitif kayıplar %0,8 ve net reaktif kayıplar %26,5, oranındadır. Endüktif kayıpların yüksek olmasındaki neden kısa devre akımlarını sınırlamak için baralar arasına ve TEİAŞ transformatörlerinin arkasına reaktör konulması ve generatör transformatörlerinin bağıl kısa devre gerilimlerinin yüksek olmasıdır (Tablo A.17).

TEİAŞ'tan alınan gücün cosφ'si 1'dir cezalı ödeme sınırı olan 0,95'i aşmamaktadır (Tablo A.18).

Aktif güç üretiminin %82,9'si generatör gruplarından yapılmakta, kalan %17,1'i TEİAŞ'tan sağlanmaktadır (Tablo A.19).

Reaktif güç üretiminin %89,9'u generatör gruplarından yapılmakta, %1,1'i TEİAŞ'tan ve %7,8'i 34,5 kV kompanzasyon ünitesinden sağlanmaktadır (Tablo A.20).

Kendi 34,5 kV hücrelerine sahip dört büyük 6,3 kV motorlar (KM103, 5-PMH-425C, 206/1-PMK–202, 206/2-PMK–202) toplam aktif güç tüketiminin %14,1'ini, reaktif güç tüketiminin %4'ünü yapmaktadır. Fabrikaların tüketimdeki payı ise, aktif güç için %84,7 ve reaktif güç için %69,4'dür (Tablo A.21).

5.2 Kısa Devre Sonuçları

Yük akışı analizleri yapılan dört durum için, IEC 60909'a göre, 3 faz ve 1 faz kısa devreler için en yüksek ve en düşük kısa devre akımları belirlenmiştir.

Eklerde sonuçları ile ilgili bilgi bulunmamasına rağmen, yük akışından hareket ile yapılan hesaplamada ortaya çıkan kısa devre akımlarının, en yüksek kısa devre akımı hesabındakilerden daha düşük olduğunu belirtmekte yarar vardır.

Kısa devre benzetim sonuçları;

- 34,5 kV bara dayanım akımı,
- 6,3 kV bara dayanım akımı,
- 34,5 kV ünite çıkış röle ayarları,
- TEİAŞ Röle ayarları ve
- 34,5 kV bara azrızalarının hissedilmesi

açısından aşağıda ayrı ayrı yorumlanmıştır.

5.2.1 Durum 5

Şekil 4.2'de verilen bağlantı durumu için yapılan benzetimlere ilişkin ayrıntılı sonuçlar ekteki CD'de, bazı sonuçlar ise, Tablo B.1, Tablo B.5, Tablo B.9, Tablo B.13 ve Tablo B.17'de verilmiştir. Bu tablolara ve ekteki CD'ye göre yorumlar aşağıdadır.

5.2.1.1 34,5 kV Bara Dayanımları

34,5 kV A, B, C ve D baralarının IEC 60909 standartına göre hesaplanan 3 fazlı en yüksek I_k'' akımları, dayanabilecekleri 25 kA'lik üst I_k'' sınır değerinin altındadır. Fakat C ve D baraları için hesaplanan 24,64 kA ve 24,4 kA değerleri, sınır değere çok yakındır. Bu da bize, böyle bir bağlantı için, mevcut elektrik tesisinin kısa devreler açısından üst limite eriştiğini göstermektedir (Tablo B.1).

A ve B baralarının hesaplanan 3 fazlı en yüksek i_p akımı, dayanabilecekleri üst sınırın altında ve fakat C ve D baralarınınkiler sınır değerin %105,4 ve %104,6'sı kadarıdır. Bu da bize olası 3-fazlı kısa devreler sonucunda, C ve D baralarının yüksek dinamik kuvvetlerle zorlanacağını göstermektedir.

1 fazlı en yüksek I_k'' akımı ve i_p akımı dört bara içinde sınır değerlerinin çok altındadır. Çünkü transformatörlerin (154/35 ve 34,5/10,5) yıldız noktaları yüksek dirençler üzerinden topraklanmıştır. 1 fazlı kısa devre akımlarının bu şekilde sınırlandırılması yüzünden, kısa devre anında, sağlam fazların faz-toprak gerilimleri, A ve B baraları için anma geriliminin 1,83 ve 1,95 katına, C ve D baraları için 1,85 ve 1,94 katına çıkmasına neden olacaktır. Yani, aşırı gerilim riski vardır. Ancak baraların yalıtımları bu gerilimleri kaldırabilecek durumdadır.

Kesicilerin kesme akımları bara dayanım akımlarının üstünde olduğundan kesicilerin açmasına ilişkin bir problem yoktur.

5.2.1.2 6,3 kV Bara Dayanımları

Fabrikaların 6,3 kV baralarında oluşabilecek 3 ve 1 fazlı en yüksek kısa devre akımlarına karşı dayanımlarına da incelenmiştir. Bunun için yine fabrikaların 6,3 kV

baralarında meydana gelen arızalar için hesaplanan kısa devre akımları kullanılmıştır (Tablo B.5).

Bütün baraların hesaplanan I_k'' akımları, bara dayanım akımlarının altında çıkmıştır. Yalnız Hava Azot B, PP A, PVC A ve B, E, F ve AYPE-M A ve B baraları için hesaplanan akımlar, üst sınır değerin %90'ından fazla çıkmıştır.

E, F ve Hava Azot B baralarının hesaplanan i_p akımları sırasıyla, dayanım akımlarının %102,6, %102,5 ve %100,9'u olarak hesaplanmış; kalan diğer baralar açısından bir sorun olmadığı görülmüştür.

Sadece AYPE-M A ve B baralarında hesaplanan en yüksek 1 fazlı I_k'' akımları, 23 kA'lik dayanım akımının, sırasıyla %101,1 ve %101,2'i çıkmıştır. i_p akımına gelininceye; E, F, AYPE-M A ve B baralarında hesaplanan değerler sırasıyla dayanım akımının %102, % 101,9, %102,9 ve %103,3'ü olarak hesaplanmıştır. YYPE-M, TAYPE, Hava Azot transformatörleri dışındaki 34,5/6,3 transformatörlerin yıldız noktaları doğrudan topraklı olduğu için 1 fazlı kısa devre akımları 34,5 kV tarafa göre düşük değildir, bu yüzden sağlam fazlardaki faz-toprak gerilimleri anma geriliminin %110'unun üzerine çıkmamaktadır. YYPE-M, Hava Azot A ve B ve TAYPE A, B ve M baraları için sağlam fazların faz-toprak gerilimleri anma geriliminin %191'ini bulur ama yalıtım için bir sorun oluşturmaz.

Kesicilerin kesme akımları bara dayanım akımlarının üstünde olduğundan kesicilerin açmasına ilişkin bir problem yoktur.

5.2.1.3 34,5 kV Ünite Çıkış Röleleri Ayarları

34,5 kV hücrelerdeki 34,5 kV ünite çıkış rölelerinin aşırı akım ve toprak kaçak koruma ayar değerleri incelenirken, 1 fazlı ve 3 fazlı en düşük I_k'' akımlarından yararlanılmıştır. İlgili rölelerin koruma sahası fabrikaların 6,3 kV baralarına kadar uzandığından, 3 fazlı arızalarda 34,5/6,3 kV transformatörlerin 6,3 kV ve 34,5 kV terminallerinde meydana gelen arıza akımları kullanılmıştır. 6,3 kV bara ve transformatörün 6,3 kV terminali arasındaki kablo veya bara kanalının etkisi göz ardı edilmiştir. 1 fazlı arızalar için transformatörün sadece 34,5 kV terminalinde oluşan arıza akımı kullanılmıştır. Transformatörler Δ-Y bağlı olduğu için, 6,3 kV tarafında oluşabilecek 1 fazlı arızanın 34,5 kV hücredeki röle toprak kaçak korumaları tarafından yakalanmaları mümkün değildir (Tablo B.9).

Rölelerin aşırı akım için 0 ve 3 saniye gecikmeli iki adet ve toprak kaçak akımı için 2 saniye gecikmeli bir adet ayar değeri vardır.

Bütün hatlarda, transformatörlerin 6,3 kV terminallerinde oluşan arızalar için hesaplanan 3 fazlı en düşük I_k'' akımları, aşırı akım rölelerinin 0 saniyelik ayar değerinden büyüktür ama 3 saniyelik değerinden küçüktür. Yani 6,3 kV tarafta oluşan arızalar zaman gecikmeli olarak algılanabilir. Diğer yandan, transformatörlerin 34,5 kV terminallerinde olan arızalar için hesaplanan en düşük I_k'' akımları aşırı akım rölelerinin 0 saniyelik ayar değerinden küçüktür.

Bütün hatlarda, transformatörlerin 34,5 kV terminallerinde olan arızalar için hesaplanan 1 fazlı en düşük I_k'' akımları toprak kaçak rölelerinin ayar değerinden küçüktür.

Transformatör 6,3 kV terminallerinde hesaplanan 1 fazlı en düşük I_k'' akımları, Hava Azot A, B, TAYPE A,B ve M ve YYPE M terminallerinde hesaplananlar dışında aşırı akım korumasının 3 saniyelik ayar bölgesi içerisindedir (Tablo B.21).

5.2.1.4 TEİAŞ Röleleri Ayarları

34,5 kV ünite çıkış rölelerinde olduğu gibi 1 fazlı ve 3 fazlı en düşük akımlardan yararlanılmıştır. İncelenen durum 154 kV TEİAŞ barasında bir arıza oluştuğu zaman, 34,5 kV hücredeki rölenin bu arızayı algılayıp algılayamadığıdır. Ayrıca 3 fazlı arıza için, reaktörün baraya bağlanan terminalinde oluşabilecek bir arızanın da algılanması incelenmiştir (Tablo B.13).

Röle aşırı akım korumasının 0,02 ve 0,15 saniye olmak üzere iki ayar değeri, toprak kaçak akım korumasının ise 2 saniyelik tek ayar değeri vardır.

T21 ve T22'nin rölelerinin, ayarlanmış değerlerine göre sadece 0,15 saniyelik ayar değeri reaktör terminalindeki ve 154 kV TEİAŞ barasındaki arızayı algılayabilmektedir. 0,15 saniye gecikmeli korumanın ayar değeri TEİAŞ transformatörlerinin (T21 ve T22) yalnızca %60'ına kadar yüklenebilmelerine neden olmaktadır. Toprak kaçak rölelerinin ayar değeri ise 1 fazlı en düşük I_k'' akımından küçük olduğu için bu arızaların algılanmasında sorun olmaz.

5.2.1.5 34,5 kV Bara Arızalarının Hissedilmesi

34,5 kV baralarda bir arıza meydana geldiğinde, olayın, arızayı besleyen kaynaklara ait röleler tarafından hissedilmesi ve kaynakların bara ile bağlantılarının kesilmesi gerekir. Bu kaynaklar generatörler (T11, T12, T13, T14), TEİAŞ (T21 veT22) ve kuplaj hücreleri olabilir. PETKİM'deki koruma sisteminde, arızayı algılayan röle aynı baraya bağlı diğer kaynak kesicilerinin de çalışmasını sağlayarak barayı izole eder.

Tablo B.17'de verilen röle zamanları kuplaj hücrelerine aittir. TEİAŞ hücrelerindeki röleler için ayarlar 0,02, 0,15 ve 2 saniyedir.

Generatör hücrelerinde röle olmayıp, kendilerine özel koruma sistemi olduğundan generatör koruma ayarları tez kapsamı dışında tutlmuştur. Ayrıca, bu çalışma süresince kuplaj hücrelerindeki röleler devre dışı bırakıldığı için kuplaj hücre arıza akımlarının da karşılaştırmaları yapılamamıştır. Yalnız bu elemanların anma akımları verilerek, ayarlanabilecek değerlere ilişkin bir veri sunulmuştur.

TEİAŞ hücresindeki röleler ise 3 fazlı arızayı ancak 0,15 saniyelik ikinci kademede algılayabilmekte, 1 fazlı arızayı algılayamamaktadır. A ve B baraları için 1 fazlı arızanın algılanıp temizlenmesinde sorun vardır.

5.2.2 Durum 6

Şekil 4.3'de verilen bağlantı durumu için yapılan benzetimlere ilişkin ayrıntılı sonuçlar ekteki CD'de, bazı sonuçlar ise, Tablo B.2, Tablo B.6, Tablo B.10, Tablo B.14 ve Tablo B.18'de verilmiştir. Bu tablolara ve ekteki CD'ye göre yorumlar aşağıdadır.

5.2.2.1 34,5 kV Bara Dayanımları

34,5 kV A, B, C ve D baralarının IEC 60909 standartına göre hesaplanan 3 fazlı en yüksek I_k'' akımları, dayanabilecekleri 25 kA'lik üst I_k'' sınır değerinin altındadır. Fakat C barası için hesaplanan 23,07 kA değeri, sınır değere çok yakındır. Bu da bize, böyle bir bağlantı için, mevcut elektrik tesisinin kısa devreler açısından üst limite eriştiğini göstermektedir (Tablo B.2).

A, B, C ve D baralarının hesaplanan 3 fazlı en yüksek i_p akımı, dayanabilecekleri üst sınırın altında ve fakat C barasınınki sınır değerin %98,6'sı kadarıdır. Bu da bize,

olası böyle bir bağlantı için, C barasının dayanabileceği dinamik kuvvet açısından üst limite eriştiğini göstermektedir.

1 fazlı en yüksek I_k'' akımı ve i_p akımı dört bara içinde sınır değerlerinin çok altındadır. Çünkü transformatörlerin (154/35 ve 34,5/10,5) yıldız noktaları yüksek dirençler üzerinden topraklanmıştır. 1 fazlı kısa devre akımlarının bu şekilde sınırlandırılması yüzünden, kısa devre anında, sağlam fazların faz-toprak gerilimleri, A barası için anma geriliminin 1,84 ve 1,95, B barası için 1,88 ve 1,92, C barası için 1,86 ve 1,94 ve D barası için 1,85 ve 1,94 katına çıkmasına neden olacaktır. Yani, aşırı gerilim riski vardır. Ancak baraların yalıtımları bu gerilimleri kaldırabilecek durumdadır.

Kesicilerin kesme akımları bara dayanım akımlarının üstünde olduğundan kesicilerin açmasına ilişkin bir problem yoktur.

5.2.2.2 6,3 kV Bara Dayanımları

Fabrikaların 6,3 kV baralarında oluşabilecek 3 ve 1 fazlı en yüksek kısa devre akımlarına karşı dayanımlarına da incelenmiştir. Bunun için yine fabrikaların 6,3 kV baralarında meydana gelen arızalar için hesaplanan kısa devre akımları kullanılmıştır (Tablo B.6).

Bütün baraların hesaplanan I_k'' akımları, bara dayanım akımlarının altında çıkmıştır. Yalnız Hava Azot B, PP A, PVC A ve B, E, F ve AYPE-M A ve B baraları için hesaplanan akımlar, üst sınır değerin %90'ından fazla çıkmıştır.

Bütün baralar için hesaplanan i_p akımı, dayanılabilecekleri i_p akımı değerinden düşüktür.

Sadece AYPE-M A barasında hesaplanan En yüksek 1 fazlı I_k'' akımı, 23 kA'lik dayanım akımının %100,5'i çıkmıştır. i_p akımına gelince; AYPE-M A ve B baralarında hesaplanan değerler sırasıyla dayanım akımının %102,4, % 101,2'si olarak hesaplanmıştır. YYPE-M, TAYPE, Hava Azot transformatörleri dışındaki 34,5/6,3 transformatörlerin yıldız noktaları doğrudan topraklı olduğu için 1 fazlı kısa devre akımları 34,5 kV tarafa göre düşük değildir, bu yüzden sağlam fazlardaki faz-toprak gerilimleri anma geriliminin %112'nin üzerine çıkmamaktadır. YYPE-M,

Hava Azot A ve B ve TAYPE A, B ve M baraları için sağlam fazların faz-toprak gerilimleri anma geriliminin %191'ini bulur ama yalıtım için bir sorun oluşturmaz.

Kesicilerin kesme akımları bara dayanım akımlarının üstünde olduğundan kesicilerin açmasına ilişkin bir problem yoktur.

5.2.2.3 34,5 kV Ünite Çıkış Röleleri Ayarları

34,5 kV hücrelerdeki 34,5 kV ünite çıkış rölelerinin aşırı akım ve toprak kaçak koruma ayar değerleri incelenirken, 1 fazlı ve 3 fazlı en düşük I_k'' akımlarından yararlanılmıştır. İlgili rölelerin koruma sahası fabrikaların 6,3 kV baralarına kadar uzandığından, 3 fazlı arızalarda 34,5/6,3 kV transformatörlerin 6,3 kV ve 34,5 kV terminallerinde meydana gelen arıza akımları kullanılmıştır. 6,3 kV bara ve transformatörün 6,3 kV terminali arasındaki kablo veya bara kanalının etkisi göz ardı edilmiştir. 1 fazlı arızalar için transformatörün sadece 34,5 kV terminalinde oluşan arıza akımı kullanılmıştır. Transformatörler Δ-Y bağlı olduğu için, 6,3 kV tarafında oluşabilecek 1 fazlı arızanın 34,5 kV hücredeki röle toprak kaçak korumaları tarafından yakalanmaları mümkün değildir (Tablo B.10).

Rölelerin aşırı akım için 0 ve 3 saniye gecikmeli iki adet ve toprak kaçak akımı için 2 saniye gecikmeli bir adet ayar değeri vardır.

Bütün hatlarda, transformatörlerin 6,3 kV terminallerinde oluşan arızalar için hesaplanan 3 fazlı en düşük I_k'' akımları, aşırı akım rölelerinin 0 saniyelik ayar değerinden büyüktür ama 3 saniyelik değerinden küçüktür. Yani 6,3 kV tarafta oluşan arızalar zaman gecikmeli olarak algılanabilir. Diğer yandan, transformatörlerin 34,5 kV terminallerinde olan arızalar için hesaplanan en düşük I_k'' akımları aşırı akım rölelerinin 0 saniyelik ayar değerinden küçüktür.

Bütün hatlarda, transformatörlerin 34,5 kV terminallerinde olan arızalar için hesaplanan 1 fazlı en düşük I_k'' akımları toprak kaçak rölelerinin ayar değerinden küçüktür.

Transformatör 6,3 kV terminallerinde hesaplanan 1 fazlı en düşük I_k'' akımları, Hava Azot A, B, TAYPE A,B ve M ve YYPE M terminallerinde hesaplananlar dışında aşırı akım korumasının 3 saniyelik ayar bölgesi içerisindedir (Tablo B.21).

5.2.2.4 TEİAŞ Röleleri Ayarları

34,5 kV ünite çıkış rölelerinde olduğu gibi 1 fazlı ve 3 fazlı en düşük akımlardan yararlanılmıştır. İncelenen durum 154 kV TEİAŞ barasında bir arıza oluştuğu zaman, 34,5 kV hücredeki rölenin bu arızayı algılayıp algılayamadığıdır. Ayrıca 3 fazlı arıza için, reaktörün baraya bağlanan terminalinde oluşabilecek bir arızanın da algılanması incelenmiştir (Tablo B.14).

Röle aşırı akım korumasının 0,02 ve 0,15 saniye olmak üzere iki ayar değeri, toprak kaçak akım korumasının ise 2 saniyelik tek ayar değeri vardır.

T21 ve T22'nin rölelerinin, ayarlanmış değerlerine göre sadece 0,15 saniyelik ayar değeri reaktör terminalindeki ve 154 kV TEİAŞ barasındaki arızayı algılayabilmektedir. 0,15 saniye gecikmeli korumanın ayar değeri TEİAŞ transformatörlerinin (T21 ve T22) yalnızca %60'ına kadar yüklenebilmelerine neden olmaktadır. Toprak kaçak rölelerinin ayar değeri ise 1 fazlı en düşük I_k'' akımından küçük olduğu için bu arızaların algılanmasında sorun olmaz.

5.2.2.5 34,5 kV Bara Arızalarının Hissedilmesi

34,5 kV baralarda bir arıza meydana geldiğinde, olayın, arızayı besleyen kaynaklara ait röleler tarafından hissedilmesi ve kaynakların bara ile bağlantılarının kesilmesi gerekir. Bu kaynaklar generatörler (T11, T12, T13, T14), TEİAŞ (T21 veT22) ve kuplaj hücreleri olabilir. PETKİM'deki koruma sisteminde, arızayı algılayan röle aynı baraya bağlı diğer kaynak kesicilerinin de çalışmasını sağlayarak barayı izole eder.

Tablo B.18'de Tablo B.17'de verilen röle zamanları kuplaj hücrelerine aittir. TEİAŞ hücrelerindeki röleler için ayarlar 0,02, 0,15 ve 2 saniyedir.

Generatör hücrelerinde röle olmayıp, kendilerine özel koruma sistemi olduğundan generatör koruma ayarları tez kapsamı dışında tutulmuştur. Ayrıca, bu çalışma süresince kuplaj hücrelerindeki röleler devre dışı bırakıldığı için kuplaj hücre arıza akımlarının da karşılaştırmaları yapılamamıştır. Yalnız bu elemanların anma akımları verilerek, ayarlanabilecek değerlere ilişkin bir veri sunulmuştur.

TEİAŞ hücresindeki röleler ise 3 fazlı arızayı ancak 0,15 saniyelik ikinci kademede algılayabilmekte, 1 fazlı arızayı algılayamamaktadır. A ve B baraları için 1 fazlı arızanın algılanıp temizlenmesinde sorun vardır.

5.2.3 Durum 7

Şekil 4.4'de verilen bağlantı durumu için yapılan benzetimlere ilişkin ayrıntılı sonuçlar ekteki CD'de, bazı sonuçlar ise, Tablo B.3, Tablo B.7, Tablo B.11, Tablo B.15 ve Tablo B.19'da verilmiştir. Bu tablolara ve ekteki CD'ye göre yorumlar aşağıdadır.

5.2.3.1 34,5 kV Bara Dayanımları

34,5 kV A, B, C ve D baralarının IEC 60909 standartına göre hesaplanan 3 fazlı en yüksek I_k'' akımları, dayanabilecekleri 25 kA'lik üst I_k'' sınır değerinin altındadır. Fakat C barası için hesaplanan 22,8 kA değeri, sınır değere çok yakındır. Bu da bize, böyle bir bağlantı için, C barasının kısa devreler açısından üst limite eriştiğini göstermektedir (Tablo B.3).

A, B, C ve D baralarının hesaplanan 3 fazlı en yüksek i_p akımı, dayanabilecekleri üst sınırın altındadır. Fakat yine C barasınınki sınır değerin %97,4'ü kadarıdır.

1 fazlı en yüksek I_k'' akımı ve i_p akımı dört bara içinde sınır değerlerinin çok altındadır. Çünkü transformatörlerin (154/35 ve 34,5/10,5) yıldız noktaları yüksek dirençler üzerinden topraklanmıştır. 1 fazlı kısa devre akımlarının bu şekilde sınırlandırılması yüzünden, kısa devre anında, sağlam fazların faz-toprak gerilimleri, A barası için anma geriliminin 1,84 ve 1,95, B barası için 1,88 ve 1,92, C barası için 1,86 ve 1,94 ve D barası için 1,84 ve 1,94 katına çıkmasına neden olacaktır. Yani, aşırı gerilim riski vardır. Ancak baraların yalıtımları bu gerilimleri kaldırabilecek durumdadır.

Kesicilerin kesme akımları bara dayanım akımlarının üstünde olduğundan kesicilerin açmasına ilişkin bir problem yoktur.

5.2.3.2 6,3 kV Bara Dayanımları

Fabrikaların 6,3 kV baralarında oluşabilecek 3 ve 1 fazlı en yüksek kısa devre akımlarına karşı dayanımlarına da incelenmiştir. Bunun için yine fabrikaların 6,3 kV baralarında meydana gelen arızalar için hesaplanan kısa devre akımları kullanılmıştır (Tablo B.7).

Bütün baraların hesaplanan I_k'' akımları, bara dayanım akımlarının altında çıkmıştır. Yalnız Hava Azot B, PP A, PVC A ve B, E, F ve AYPE-M A baraları için hesaplanan akımlar, üst sınır değerin %90'ından fazla çıkmıştır.

Bütün baraların hesaplanan i_p akımları, dayanılabilecekleri i_p akım değerinden daha düşüktür.

Sadece AYPE-M A barasında hesaplanan En yüksek 1 fazlı I_k'' akımı, 23 kA'lik dayanım akımının %100,4'ü çıkmıştır. i_p akımına gelince; sadece AYPE-M A barasında hesaplanan değer dayanım akımının %102,43'ü olarak hesaplanmıştır. YYPE-M, TAYPE, Hava Azot transformatörleri dışındaki 34,5/6,3 transformatörlerin yıldız noktaları doğrudan topraklı olduğu için 1 fazlı kısa devre akımları 34,5 kV tarafa göre düşük değildir, bu yüzden sağlam fazlardaki faz-toprak gerilimleri anma geriliminin %112'nin üzerine çıkmamaktadır. YYPE-M, Hava Azot A ve B ve TAYPE A, B ve M baraları için sağlam fazların faz-toprak gerilimleri anma geriliminin %191'ini bulur ama yalıtım için bir sorun oluşturmaz.

Kesicilerin kesme akımları bara dayanım akımlarının üstünde olduğundan kesicilerin açmasına ilişkin bir problem yoktur.

5.2.3.3 34,5 kV Ünite Çıkış Röleleri Ayarları

34,5 kV hücrelerdeki 34,5 kV ünite çıkış rölelerinin aşırı akım ve toprak kaçak koruma ayar değerleri incelenirken, 1 fazlı ve 3 fazlı en düşük I_k'' akımlarından yararlanılmıştır. İlgili rölelerin koruma sahası fabrikaların 6,3 kV baralarına kadar uzandığından, 3 fazlı arızalarda 34,5/6,3 kV transformatörlerin 6,3 kV ve 34,5 kV terminallerinde meydana gelen arıza akımları kullanılmıştır. 6,3 kV bara ve transformatörün 6,3 kV terminali arasındaki kablo veya bara kanalının etkisi göz ardı edilmiştir. 1 fazlı arızalar için transformatörün sadece 34,5 kV terminalinde oluşan arıza akımı kullanılmıştır. Transformatörler Δ-Y bağlı olduğu için, 6,3 kV tarafında oluşabilecek 1 fazlı arızanın 34,5 kV hücredeki röle toprak kaçak korumaları tarafından yakalanmaları mümkün değildir (Tablo B.11).

Rölelerin aşırı akım için 0 ve 3 saniye gecikmeli iki adet ve toprak kaçak akımı için 2 saniye gecikmeli bir adet ayar değeri vardır.

Bütün hatlarda, transformatörlerin 6,3 kV terminallerinde oluşan arızalar için hesaplanan 3 fazlı en düşük I_k'' akımları, aşırı akım rölelerinin 0 saniyelik ayar değerinden büyüktür ama 3 saniyelik değerinden küçüktür. Yani 6,3 kV tarafta oluşan arızalar zaman gecikmeli olarak algılanabilir. Diğer yandan, transformatörlerin 34,5 kV terminallerinde olan arızalar için hesaplanan en düşük I_k'' akımları aşırı akım rölelerinin 0 saniyelik ayar değerinden küçüktür.

Bütün hatlarda, transformatörlerin 34,5 kV terminallerinde olan arızalar için hesaplanan 1 fazlı en düşük I_k'' akımları toprak kaçak rölelerinin ayar değerinden küçüktür.

Transformatör 6,3 kV terminallerinde hesaplanan 1 fazlı en düşük I_k'' akımları, Hava Azot A, B, TAYPE A,B ve M ve YYPE M terminallerinde hesaplananlar dışında aşırı akım korumasının 3 saniyelik ayar bölgesi içerisindedir (Tablo B.21).

5.2.3.4 TEİAŞ Röleleri Ayarları

34,5 kV ünite çıkış rölelerinde olduğu gibi 1 fazlı ve 3 fazlı en düşük akımlardan yararlanılmıştır. İncelenen durum 154 kV TEİAŞ barasında bir arıza oluştuğu zaman, 34,5 kV hücredeki rölenin bu arızayı algılayıp algılayamadığıdır. Ayrıca 3 fazlı arıza için, reaktörün baraya bağlanan terminalinde oluşabilecek bir arızanın da algılanması incelenmiştir (Tablo B.15).

Röle aşırı akım korumasının 0,02 ve 0,15 saniye olmak üzere iki ayar değeri, toprak kaçak akım korumasının ise 2 saniyelik tek ayar değeri vardır.

T21 ve T22'nin rölelerinin, ayarlanmış değerlerine göre sadece 0,15 saniyelik ayar değeri reaktör terminalindeki ve 154 kV TEİAŞ barasındaki arızayı algılayabilmektedir. 0,15 saniye gecikmeli korumanın ayar değeri TEİAŞ transformatörlerinin (T21 ve T22) yalnızca %60'ına kadar yüklenebilmelerine neden olmaktadır. Toprak kaçak rölelerinin ayar değeri ise 1 fazlı en düşük I_k'' akımından küçük olduğu için bu arızaların algılanmasında sorun olmaz.

5.2.3.5 34,5 kV Bara Arızalarının Hissedilmesi

34,5 kV baralarda bir arıza meydana geldiğinde, olayın, arızayı besleyen kaynaklara ait röleler tarafından hissedilmesi ve kaynakların bara ile bağlantılarının kesilmesi gerekir. Bu kaynaklar generatörler (T11, T12, T13, T14), TEİAŞ (T21 veT22) ve

kuplaj hücreleri olabilir. PETKİM'deki koruma sisteminde, arızayı algılayan röle aynı baraya bağlı diğer kaynak kesicilerinin de çalışmasını sağlayarak barayı izole eder.

Tablo B.19'da verilen röle zamanları kuplaj hücrelerine aittir. TEİAŞ hücrelerindeki röleler için ayarlar 0,02, 0,15 ve 2 saniyedir.

Generatör hücrelerinde röle olmayıp, kendilerine özel koruma sistemi olduğundan generatör koruma ayarları tez kapsamı dışında tutlmuştur. Ayrıca, bu çalışma süresince kuplaj hücrelerindeki röleler devre dışı bırakıldığı için kuplaj hücre arıza akımlarının da karşılaştırmaları yapılamamıştır. Yalnız bu elemanların anma akımları verilerek, ayarlanabilecek değerlere ilişkin bir veri sunulmuştur.

TEİAŞ hücresindeki röleler ise 3 fazlı arızayı ancak 0,15 saniyelik ikinci kademede algılayabilmekte, 1 fazlı arızayı algılayamamaktadır. A ve B baraları için 1 fazlı arızanın algılanıp temizlenmesinde sorun vardır.

5.2.4 Durum 8

Şekil 4.5'de verilen bağlantı durumu için yapılan benzetimlere ilişkin ayrıntılı sonuçlar ekteki CD'de, bazı sonuçlar ise, Tablo B.4, Tablo B.8, Tablo B.12, Tablo B.16 ve Tablo B.20'de verilmiştir. Bu tablolara ve ekteki CD'ye göre yorumlar aşağıdadır.

5.2.4.1 34,5 kV Bara Dayanımları

34,5 kV A, B, C ve D baralarının IEC 60909 standartına göre hesaplanan 3 fazlı en yüksek I_k'' akımları, dayanabilecekleri 25 kA'lik üst I_k'' sınır değerinin üstündedir. Sırası ile bu değerler 27,89, 27,89, 25,75 ve 25,75'dir. Bu da bize, böyle bir bağlantı için, mevcut elektrik tesisinin kısa devreler açısından tehlikeli bir durumda olduğunu göstermektedir (Tablo B.4).

A, B, C ve D baralarının hesaplanan 3 fazlı en yüksek i_p akımı, dayanabilecekleri üst sınırın üstündedir. Bu da bize olası 3-fazlı kısa devreler sonucunda, 34,5 kV baraların yüksek dinamik kuvvetlerle zorlanacağını göstermektedir.

1 fazlı en yüksek I_k'' akımı ve i_p akımı dört bara içinde sınır değerlerinin çok altındadır. Çünkü transformatörlerin (154/35 ve 34,5/10,5) yıldız noktaları yüksek dirençler üzerinden topraklanmıştır. 1 fazlı kısa devre akımlarının bu şekilde

sınırlandırılması yüzünden, kısa devre anında, sağlam fazların faz-toprak gerilimleri, A, B ve C baraları için anma gerilimlerinin 1,86 ve 1,94, D barası için 1,85 ve 1,94 katına çıkmasına neden olacaktır. Yani, aşırı gerilim riski vardır. Ancak baraların yalıtımları bu gerilimleri kaldırabilecek durumdadır.

Kesicilerin kesme akımları bara dayanım akımlarının üstündedir fakat en yüksek I_k'' akımı da bara dayanımın üzerinde olduğundan kesicilerin açmasına ilişkin problemler vardır.

5.2.4.2 6,3 kV Bara Dayanımları

Fabrikaların 6,3 kV baralarında oluşabilecek 3 ve 1 fazlı en yüksek kısa devre akımlarına karşı dayanımlarına da incelenmiştir. Bunun için yine fabrikaların 6,3 kV baralarında meydana gelen arızalar için hesaplanan kısa devre akımları kullanılmıştır (Tablo B.8).

Bütün baraların hesaplanan I_k'' akımları, bara dayanım akımlarının altında çıkmıştır. Yalnız Hava Azot B, PP A, PVC A ve B, E, F ve AYPE-M A ve B baraları için hesaplanan akımlar, üst sınır değerin %90'ından fazla çıkmıştır.

E, F ve Hava Azot B baralarının hesaplanan i_p akımları sırasıyla, dayanım akımlarının %103,1, %103 ve %101,3'ü olarak hesaplanmış; kalan diğer baralar açısından bir sorun olmadığı görülmüştür.

Sadece AYPE-M A ve B baralarında hesaplanan en yüksek 1 fazlı I_k'' akımları, 23 kA'lik dayanım akımının, sırasıyla %101,5 ve %101,6'sı çıkmıştır. i_p akımına gelince; E, F ve AYPE-M A ve B baralarında hesaplanan değerler sırasıyla dayanım akımının %102,3, %102,2, %103,3 ve %103,7'si olarak hesaplanmıştır. YYPE-M, TAYPE, Hava Azot transformatörleri dışındaki 34,5/6,3 transformatörlerin yıldız noktaları doğrudan topraklı olduğu için 1 fazlı kısa devre akımları 34,5 kV tarafa göre düşük değildir, bu yüzden sağlam fazlardaki faz-toprak gerilimleri anma geriliminin %112'nin üzerine çıkmamaktadır. YYPE-M, Hava Azot A ve B ve TAYPE A, B ve M baraları için sağlam fazların faz-toprak gerilimleri anma geriliminin %190'ını bulur ama yalıtım için bir sorun oluşturmaz.

Kesicilerin kesme akımları bara dayanım akımlarının üstünde olduğundan kesicilerin açmasına ilişkin bir problem yoktur.

5.2.4.3 34,5 kV Ünite Çıkış Röleleri Ayarları

34,5 kV hücrelerdeki 34,5 kV ünite çıkış rölelerinin aşırı akım ve toprak kaçak koruma ayar değerleri incelenirken, 1 fazlı ve 3 fazlı en düşük I_k'' akımlarından yararlanılmıştır. İlgili rölelerin koruma sahası fabrikaların 6,3 kV baralarına kadar uzandığından, 3 fazlı arızalarda 34,5/6,3 kV transformatörlerin 6,3 kV ve 34,5 kV terminallerinde meydana gelen arıza akımları kullanılmıştır. 6,3 kV bara ve transformatörün 6,3 kV terminali arasındaki kablo veya bara kanalının etkisi göz ardı edilmiştir. 1 fazlı arızalar için transformatörün sadece 34,5 kV terminalinde oluşan arıza akımı kullanılmıştır. Transformatörler Δ-Y bağlı olduğu için, 6,3 kV tarafında oluşabilecek 1 fazlı arızanın 34,5 kV hücredeki röle toprak kaçak korumaları tarafından yakalanmaları mümkün değildir (Tablo B.12).

Rölelerin aşırı akım için 0 ve 3 saniye gecikmeli iki adet ve toprak kaçak akımı için 2 saniye gecikmeli bir adet ayar değeri vardır.

Bütün hatlarda, transformatörlerin 6,3 kV terminallerinde oluşan arızalar için hesaplanan 3 fazlı en düşük I_k'' akımları, aşırı akım rölelerinin 0 saniyelik ayar değerinden büyüktür ama 3 saniyelik değerinden küçüktür. Yani 6,3 kV tarafta oluşan arızalar zaman gecikmeli olarak algılanabilir. Diğer yandan, transformatörlerin 34,5 kV terminallerinde olan arızalar için hesaplanan en düşük I_k'' akımları aşırı akım rölelerinin 0 saniyelik ayar değerinden küçüktür.

Bütün hatlarda, transformatörlerin 34,5 kV terminallerinde olan arızalar için hesaplanan 1 fazlı en düşük I_k'' akımları toprak kaçak rölelerinin ayar değerinden küçüktür.

Transformatör 6,3 kV terminallerinde hesaplanan 1 fazlı en düşük I_k'' akımları, Hava Azot A, B, TAYPE A,B ve M ve YYPE M terminallerinde hesaplananlar dışında aşırı akım korumasının 3 saniyelik ayar bölgesi içerisindedir (Tablo B.21).

5.2.4.4 TEİAŞ Röleleri Ayarları

34,5 kV ünite çıkış rölelerinde olduğu gibi 1 fazlı ve 3 fazlı en düşük akımlardan yararlanılmıştır. İncelenen durum 154 kV TEİAŞ barasında bir arıza oluştuğu zaman, 34,5 kV hücredeki rölenin bu arızayı algılayıp algılayamadığıdır. Ayrıca 3 fazlı arıza

için, reaktörün baraya bağlanan terminalinde oluşabilecek bir arızanın da algılanması incelenmiştir (Tablo B.16).

Röle aşırı akım korumasının 0,02 ve 0,15 saniye olmak üzere iki ayar değeri, toprak kaçak akım korumasının ise 2 saniyelik tek ayar değeri vardır.

T21 ve T22'nin rölelerinin, ayarlanmış değerlerine göre sadece 0,15 saniyelik ayar değeri reaktör terminalindeki ve 154 kV TEİAŞ barasındaki arızayı algılayabilmektedir. 0,15 saniye gecikmeli korumanın ayar değeri TEİAŞ transformatörlerinin (T21 ve T22) yalnızca %60'ına kadar yüklenebilmelerine neden olmaktadır. Toprak kaçak rölelerinin ayar değeri ise 1 fazlı en düşük I_k'' akımından küçük olduğu için bu arızaların algılanmasında sorun olmaz.

5.2.4.5 34,5 kV Bara Arızalarının Hissedilmesi

34,5 kV baralarda bir arıza meydana geldiğinde, olayın, arızayı besleyen kaynaklara ait röleler tarafından hissedilmesi ve kaynakların bara ile bağlantılarının kesilmesi gerekir. Bu kaynaklar generatörler (T11, T12, T13, T14), TEİAŞ (T21 veT22) ve kuplaj hücreleri olabilir. PETKİM'deki koruma sisteminde, arızayı algılayan röle aynı baraya bağlı diğer kaynak kesicilerinin de çalışmasını sağlayarak barayı izole eder.

Tablo B.20'de verilen röle zamanları kuplaj hücrelerine aittir. TEİAŞ hücrelerindeki röleler için ayarlar 0,02, 0,15 ve 2 saniyedir.

Generatör hücrelerinde röle olmayıp, kendilerine özel koruma sistemi olduğundan generatör koruma ayarları tez kapsamı dışında tutlmuştur. Ayrıca, bu çalışma süresince kuplaj hücrelerindeki röleler devre dışı bırakıldığı için kuplaj hücre arıza akımlarının da karşılaştırmaları yapılamamıştır. Yalnız bu elemanların anma akımları verilerek, ayarlanabilecek değerlere ilişkin bir veri sunulmuştur.

TEİAŞ hücresindeki röleler ise 3 fazlı arızayı ancak 0,15 saniyelik ikinci kademede algılayabilmekte, 1 fazlı arızayı algılayamamaktadır. A ve B baraları için 1 fazlı arızanın algılanıp temizlenmesinde sorun vardır.

5.3 Durumlara Ait Sonuçların Toplu Özeti

5.3.1 Yük Akışı Sonuçları

Dört durumda da, bütün bara veya terminallerin gerilimi, anma geriliminin ± %10 sınırlarını aşmamaktadır.

Dört durumda da, anma akımının %100'ünden fazla yüklenen transformatör, kablo veya hava hattı, asenkron ve senkron makine bulunmamaktadır (Tablo A.1 – Tablo A.16).

Dört durumda da, kuplaj hattı bulunan baraları besleyen transformatörler tek bara beslediklerinde %50 yüklenme oranını ve iki bara beslediklerinde ise %100 yüklenme oranını aşmamaktadırlar. Sadece tek bir motor besleyen transformatörler de %50'nin üzerinde yüklenmemektedirler. Tek bara veya çift bara beslemelerde motor kalkışı sırasında bazı transformatörler %100'ün üzerinde yüklenmektedirler ama bu yüklenmeler röleleri harekete geçirmemektedir (Tablo A.1 – Tablo A.8).

Dört durumda da, kuplaj hattı bulunan baraları besleyen hatlar tek bara beslendiklerinde %50 yüklenme oranını ve iki bara beslediklerinde ise %100 yüklenme oranını aşmamaktadırlar. Sadece tek bir motor besleyen hatlar da %50'nin üzerinde yüklenmemektedirler. Motor kalkışları sırasında bazı hatlar %100'ün üzerinde yüklenmektedirler (Tablo A.9 – Tablo A.16).

Dört durumda da, aktif güç kaybı %1,06'yı aşmamaktadır. Reaktif güç kayıpları %27-%30 arasındadır. Reaktif güç kayıpların yüksek olmasının nedeni kısa devre akımlarının sınırlandırılması amacıyla yüksek tutulan transformatör bağıl kısa devre gerilimleri ve baralar arasına yerleştirilen seri reaktörlerin varlığıdır (Tablo A.17).

Durum 2 dışındaki yapılandırmalarda, reaktif/aktif güç oranından dolayı TEİAŞ'ın cezalı tarifesine girilmemektedir (Tablo A.18).

TEİAŞ'tan enerji alımı, Durum 3'ün dışında, toplam üretimin %17'si civarındadır. TEİAŞ'tan daha fazla enerji alımı için kullanılan Durum 3'te %65 civarındadır (Tablo A.19).

TEİAŞ'tan reaktif enerji alımı toplam reaktif gücün %1'i ile %30'u arasında değişmektedir (Tablo A.20).

Kendi 34,5 kV hücrelerine sahip dört büyük 6,3 kV motorlar toplam aktif güç tüketiminin %14'ünü yaparken, reaktif güç tüketiminin sadece %4'ünü yapmaktadırlar (Tablo A.21).

Özetle söyleyecek olursak fiziksel kısıtlamalar açısından durumlar arasında ciddi bir farklılık yoktur. Bağlantı şekli daha çok ekonomiklik ve güvenilirlik bazında seçilmelidir.

5.3.2 Kısa Devre Benzetim Sonuçları

Durum 8 dışında, A, B, C ve D baralarının hesaplanan en yüksek 3 fazlı I_k'' akımları, bara dayanım akımlarından küçüktür. Durum 8'de aynı zamanda i_p akımına dayanama durumu da vardır. Durum 5'de i_p sorunu C ve D baralarında da vardır. 1 fazlı en yüksek I_k'' ve i_p akımları bara dayanım akımlarının altında olup sorun oluşturmazlar (Tablo B.1 – Tablo B.4).

6,3 kV baraların hesaplanan en yüksek 3 fazlı I_k'' akımları, bara dayanım akımlarından küçüktür ve dolayısı ile kesicilerin açmasında bir sorun yoktur. Durum 5 ve Durum 8'de, bazı baralar için 3 fazlı en yüksek i_p akımı değerlerinde problem vardır. 1 fazlı I_k'' akımları bazı baralarda dayanabileceklerinden çok az farkla yüksektir. Yine bazı baralarda 1 fazlı en yüksek i_p akımı bara dayanımlarından yüksektir. Önündeki transformatörün yıldız noktası direnç üzerinden topraklı olan birkaç barada hesaplanan 1 fazlı akımlar küçüktür (Tablo B.5 – Tablo B.8).

34,5 kV ünite çıkış rölelerinin toprak kaçak korumaları, ünite transformatörleri Δ-Y bağlı olduğu için, 6,3 kV tarafta oluşabilecek 1 fazlı arızayı yakalayamazlar. Ama 6,3 kV tarafta hesaplanan bu akımlar bazı fabrikalar dışında aşırı akım korumasının 3 saniyelik ayar bölgesi içerisindedir. Bütün ünite çıkış hatları için, transformatörlerin 6,3 kV terminallerinde olan arızalar için hesaplanan 3 fazlı en düşük I_k'' akımları aşırı akım rölelerinin 0 saniyelik ayar değerinden büyüktür ama 3 saniyelik değerinden düşüktür. Yani bu tarafta oluşan arızalar zaman gecikmeli olarak algılanabilir. Transformatörlerin 34,5 kV terminallerindeki arızalar için hesaplanan en düşük 3 fazlı I_k'' akımları, aşırı akım rölelerinin 0 saniyelik ayar değerinden; 1 fazlı en düşük

I_k'' akımları toprak kaçak rölelerinin ayar değerinden yüksektir (Tablo B.9 – Tablo B.12, Tablo B.21).

TEİAŞ T21 ve T22 transformatör rölelerinin ayarlanmış değerlerine göre sadece 0,15 saniyelik ayar değeri reaktör terminalindeki ve 154 kV TEİAŞ barasındaki arızayı algılayabilmektedir. 0,15 saniye gecikmeli korumanın düşük ayar değeri, TEİAŞ transformatörlerinin (T21 ve T22) ancak %60'ına kadar yüklenebilmelerine olanak vermektedir. 1 fazlı en düşük I_k'' akımı, toprak kaçak rölelerinin ayar değerlerinden yüksek olduğu için bir algılama problemi oluşmaz (Tablo B.13 – Tablo B.16).

A, B, C ve D baralarında olan arızaların temizlenmesi için, arızanın, arızayı besleyen kaynak rölelerinden en az biri tarafından algılanması gerekir. Bu çalışma sürecinde kuplaj hücrelerindeki röleler devre dışı bırakıldığı için kısa devre arızalarını algılayamazlar. TEİAŞ transformatör röleleri, kendileri ile ilgili 3 fazlı arızaları algılayabilmektedirler. A ve B baraları için 1 fazlı arızanın algılanıp temizlenmesinde sorun vardır. Generatörlerin 34,5 kV hücrelerinde röleleri olmayıp kendi özel koruma düzenleri olduğu için tez kapsamı dışında tutulmuştur (Tablo B.17 – Tablo B.20).

Kısa devreler açısından 4 bağlantı durumu arasında önemli farklar vardır. Durum 8 ile verilen yapılandırma 3 fazlı I_k'' akımı açısından sorunludur. Ayrıca i_p akımı açısından sorunlu 34,5 kV ve 6,3 kV baralar vardır. Bu tarz kısa devrelerin sorun yaratmaması için baraların elektrodinamik açıdan güçlendirilmesi gerekir. Diğer yandan transformatörün 6,3 kV terminalindeki 1 fazlı kısa devrelerin algılanmasında ve 34,5 kV A ve B baralarındaki 1 fazlı kısa devrelerin algılanmasında sorun vardır. 34,5 kV'taki sorun kuplaj hücrelerindeki röle ayarlarının koordinasyonu ile giderilebilir.

5.4 Öneriler

Bu çalışma kapsamında yapılan yük akışı analizleri ve kısa devre analizlerine göre aşağıdaki öneriler geliştirilmiştir.

Fabrika transformatörleri ve besleme hatları için genişleme kapasitesi bulunmaktadır. TEİAŞ cezalı tarifesine girilmemesi ve generatörlerin aşırı reaktif yüklenmemesi için

34,5 kV sistemdeki kompanzasyonun kapasitesinin artırılması ve denetimli hale getirilmesinde fayda vardır.

Fabrika yüklerinin ağırlıklı olarak bağlı olduğu 34,5 kV C ve D baralarında, incelenen çalışma durumları için, kısa devre akımları bakımından üst sınıra gelinmiştir. Sisteme eklenmesi düşünülen yeni motor veya generatörler olursa ya fabrika yükleri A veya B baralarına dağıtılmalı veya yeni eklenen elemanların 34,5 kV baradan görülen reaktansları yüksek olmalı ya da halen süren yenileme çalışmalarında da yapıldığı gibi, yeni üretim grupları yeni yapılacak 154 kV'luk bara sistemine bağlanmalıdır.

İncelenen çalışma durumlarında, i_p akımı açısından sorunu olan 34,5 kV ve 6,3 kV baraların elektrodinamik açıdan güçlendirilmesi gerekmektedir.

34,5 kV A ve B baralarında meydana gelen 1 fazlı kısa devrelerin kaynak röleleri tarafından algılanmasında sorun vardır. Bu sorun kuplaj hücrelerindeki röle ayarlarının koordinasyonu ile giderilebilir. Hava Azot A ve B, TAYPE A,B ve Motor ve YYPE Motor 6,3 kV transformatör terminallerinde hesaplanan 1 fazlı arızanın ne toprak kaçak ne de aşırı akım koruması tarafından algılanamaması sorunu transformatörden 6,3 kV baraya kadar olan hattın, transformatörün diferansiyel koruma sahası içine alınmasıyla çözülebilir.

Günümüzün rekabetçi yapısında, PETKİM gibi büyük bir petrokimya tesisinde elektrik sistemi, nihai ürünleri maliyeti açısından son derece önemlidir. Teknolojik gelişmelere ve ihtiyaçlara bağlı olarak gelişen ve değişen üretim tip ve teknolojileri için elektrik üretim ve dağıtım sisteminin de değişim ve gelişimine ihtiyaç vardır. Bu da öncelikle, bu tez kapsamında yapılan yük akışları analizleri ve kısa devre analizlerinin sürekli yenilenmesi ve ölçümler ile karşılaştırılması, en uygun çalışma koşullarının belirlenmesi, yüksek güvenirlilik için analizlerin yapılması ile mümkündür. Ayrıca dinamik analizlerin yapılarak sistemin farklı çalışma durumlarındaki kararlılıkları da incelenmelidir. Tüm bu analizlerin yapılabilmesi için hiç kuşkusuz sağlıklı bir veritabanı oluşturulması gerekir.

KAYNAKLAR

[1] **Tuncalı, M.,** 1996. Petrokimya Sanayi, İzmir Ticaret Odası, İzmir.

[2] **Meyers, R.A.,** 2004. Handbook of petroleum refining processes, McGraw-Hill, New York.

[3] **Quere, H. et Benamou, M.,** 1957. Vocabulaire technique Anglais-Francais de la chimie du petrole, Dunod, Paris.

[4] **PETKİM Araştırma Merkezi,** 1991. Petrokimyasal maddeler üretim zinciri, PETKİM, Ankara.

[5] **DIg-SILENT PowerFactory,** 11.1.86, Technical Reference and User Manual, Digital Simulation and Network Calculation.

[6] **Saadat H.,** 1998. Power system analysis, WCB/McGraw-Hill, Boston.

[7] **Grainger J. and Stevenson W.D.,** 1994. Power system analysis, McGraw-Hill, New York.

[8] **IEC-60909-0,** 2001. Short-circuit currents in three-phase a.c. systems - Part 0: Calculation of currents, *International Electrotechnical Commission.*

[9] **Roeper R. and Mitlehner F.,** 1985. Short circuit in three phase systems, Siemens Aktinengesellschaft, Berlin.

[10] **IEC-60909-2,**1992. Electrical equipment - Data for short-circuit current calculations in accordance with IEC 909 (1988), *International Electrotechnical Commission.*

EKLER

Ek A

Tablo A.1: Durum 1, Fabrika Transformatörleri Yüklenmeleri

Trafo	Fabrika	I_{trafo}'ya göre Yüklenme				$I_{röle}$ / I_{trafo}	$I_{röle}$'ye göre Yüklenme			
		Çift Taraf	Çift Trf Motor Kalk	Tek Taraf	Tek Trf Motor Kalk		Çift Taraf	Çift Trf Motor Kalk	Tek Taraf	Tek Trf Motor Kalk
		%	%	%	%	%	%	%	%	%
13-PE-101	ACN A	23,06	69,3	45,4	82,9	12,0	1,9	5,8	3,8	6,9
13-PE-102	ACN B	22,23	66,0	45,4	82,9	12,0	1,9	5,5	3,8	6,9
206/1-PE-001	AYPE A	23,18	136,2	51,8	152,2	2,0	11,6	68,4	26,0	76,4
260/2-PE-001	AYPE B	28,12	139,3	51,8	152,2	2,0	14,1	69,9	26,0	76,4
PS-901A	Arom A	30,36	78,7	63,8	105,0	1,9	16,3	42,1	34,2	56,2
PS-901B	Arom B	32,8	86,8	63,8	109,1	1,9	17,6	46,5	34,2	58,4
TR1	EOEG A	32,82	236,3	52,3	245,1	3,7	8,8	63,3	14,0	65,6
TR2	EOEG B	19,13	46,8	52,3	245,1	3,7	5,1	12,5	14,0	65,6
256-PS-901A	Hava A	48,87	102,0	86,6	134,7	1,5	32,7	68,2	58,0	90,2
256-PS-901B	Hava B	36,29	91,0	86,6	134,7	1,5	24,3	60,9	58,0	90,2
TR31	E	39,87	116,8	65,1	136,3	4,5	8,9	26,1	14,5	30,4
TR32	F	24,13	103,4	65,1	136,3	4,5	5,4	23,1	14,5	30,4
201-PE-901	Klor A	21,17	69,4	60,2	122,6	4,8	4,4	14,5	12,6	25,6
201-PE-902	Klor B	38,59	104,9	60,2	122,6	4,8	8,1	21,9	12,6	25,6
PTX-901A	NCS A	23,49	95,8	60,6	122,1	2,4	9,8	40,1	25,4	51,1
PTX-901B	NCS B	36,71	61,6	60,6	122,1	2,4	15,4	25,8	25,4	51,1
T1	PA A	20,23	192,4	29,7	199,8	3,7	5,4	51,5	7,9	53,5
T2	PA B	8,36	9,0	29,7	199,8	3,7	2,2	2,4	7,9	53,5
PS-1	PP A	35,71	92,6	51,1	103,7	1,9	19,1	49,6	27,3	55,5
PS-2	PP B	14,79	75,0	51,1	103,7	1,9	7,9	40,2	27,3	55,5
PS-9009	PTA A	1,17	32,3	1,2	32,3	6,0	0,2	5,4	0,2	5,4
PS-9010	PTA B	0,28	31,6	1,2	32,3	6,0	0,0	5,3	0,2	5,4
204-PE-901A	PVC A	26,82	89,0	59,5	116,7	3,0	9,0	29,8	19,9	39,1
204-PE-901B	PVC B	31,89	97,2	59,5	116,7	3,0	10,7	32,5	19,9	39,1
260-PS-101A	SkA A	13,25	38,3	24,5	46,8	1,5	8,9	25,6	16,4	31,3
260-PS-101B	SkA B	11,01	36,4	24,5	46,8	1,5	7,4	24,3	16,4	31,3
260-PS-201A	SkB A	30,12	60,2	48,9	76,5	1,9	16,1	32,2	26,2	41,0
260-PS-201B	SkB B	17,89	50,0	48,9	76,5	1,9	9,6	26,8	26,2	41,0
260-PS-301A	SkC A	9,96	53,9	26,3	65,6	2,4	4,2	22,5	11,0	27,5
260-PS-301B	SkC B	15,84	58,1	26,3	65,6	2,4	6,6	24,3	11,0	27,5
260-PS-701/A	SkG A	41,98	152,3	52,7	160,8	9,5	4,4	16,1	5,6	17,0
260-PS-701/B	SkG B	10,5	143,1	52,7	160,8	9,5	1,1	15,1	5,6	17,0
260-PS-801/A	SkH A	36,23	85,3	53,5	97,6	4,8	7,6	17,8	11,2	20,4
260-PS-801/B	SkH B	16,65	75,9	53,5	97,6	4,8	3,5	15,9	11,2	20,4
TR01	TAYPE A	18,46	66,3	29,6	71,9	1,5	12,4	44,4	19,8	48,1
TR02	TAYPE B	11,24	18,8	29,6	71,9	1,5	7,5	12,6	19,8	48,1
TM-01/T1	TM-01 A	9,03	27,7	21,9	38,0	2,4	3,8	11,6	9,2	15,9
TM-01/T2	TM-01 B	12,06	29,1	21,9	38,0	2,4	5,0	12,2	9,2	15,9
202-PE-901A	VCM A	14,03	123,5	38,8	133,9	4,7	3,0	26,0	8,2	28,2
202-PE-901B	VCM B	24,57	127,3	38,8	135,6	4,7	5,2	26,8	8,2	28,6
R-NO.1	YYPE A	17,89	34,4	35,1	58,5	4,7	3,8	7,2	7,4	12,3
R-NO.2	YYPE B	17,09	43,1	35,1	58,5	4,7	3,6	9,1	7,4	12,3

Tablo A.2: Durum 1, Motor Transformatörleri Yüklenmeleri

Trafo	Fabrika	I_{trafo}'ya Göre		$I_{röle}$ / I_{trafo}	$I_{röle}$'ye Göre	
		Tek Taraf	Tek Trf Motor Kalk		Tek Taraf	Tek Trf Motor Kalk
		%	%	pu	%	%
206/1-PE-201	AYPE-M A	43,57	249,8	2,0	21,9	125,4
206/2-PE-201	AYPE-M B	43,17	249,7	2,0	21,7	125,3
TR03	TAYPE-M	43,63	194,9	1,5	29,2	130,5
PS-910	YYPE-M	37,46	327,5	4,7	7,9	69,1

Tablo A.3: Durum 2, Fabrika Transformatörleri Yüklenmeleri

Trafo	Fabrika	I_{trafo}'ya göre Yüklenme				$I_{röle}$ / I_{trafo}	$I_{röle}$'ye göre Yüklenme			
		Çift Taraf	Çift Trf Motor Kalk	Tek Taraf	Tek Trf Motor Kalk		Çift Taraf	Çift Trf Motor Kalk	Tek Taraf	Tek Trf Motor Kalk
		%	%	%	%	%	%	%	%	%
13-PE-101	ACN A	23,06	69,3	45,4	82,9	12,0	1,9	5,8	3,8	6,9
13-PE-102	ACN B	22,23	66,0	45,4	82,9	12,0	1,9	5,5	3,8	6,9
206/1-PE-001	AYPE A	23,18	136,0	51,0	151,7	2,0	11,6	68,3	25,6	76,1
260/2-PE-001	AYPE B	28,12	139,1	51,0	151,7	2,0	14,1	69,8	25,6	76,1
PS-901A	Arom A	30,36	78,4	63,1	104,4	1,9	16,3	42,0	33,8	55,9
PS-901B	Arom B	32,8	86,5	63,1	108,5	1,9	17,6	46,3	33,8	58,1
TR1	EOEG A	32,82	236,3	51,5	244,7	3,7	8,8	63,3	13,8	65,5
TR2	EOEG B	19,13	46,4	51,5	244,7	3,7	5,1	12,4	13,8	65,5
256-PS-901A	Hava A	48,87	101,7	86,0	134,2	1,5	32,7	68,1	57,6	89,8
256-PS-901B	Hava B	36,29	90,7	86,0	134,2	1,5	24,3	60,7	57,6	89,8
TR31	E	39,87	116,8	64,8	136,0	4,5	8,9	26,1	14,5	30,3
TR32	F	24,13	103,2	64,8	136,0	4,5	5,4	23,0	14,5	30,3
201-PE-901	Klor A	21,17	69,4	60,2	122,6	4,8	4,4	14,5	12,6	25,6
201-PE-902	Klor B	38,59	104,9	60,2	122,6	4,8	8,1	21,9	12,6	25,6
PTX-901A	NCS A	23,49	95,8	60,1	121,7	2,4	9,8	40,1	25,2	50,9
PTX-901B	NCS B	36,71	61,2	60,1	121,7	2,4	15,4	25,6	25,2	50,9
T1	PA A	20,23	191,9	28,9	199,3	3,7	5,4	51,4	7,7	53,4
T2	PA B	8,36	9,0	28,9	199,3	3,7	2,2	2,4	7,7	53,4
PS-1	PP A	35,71	92,3	50,7	103,3	1,9	19,1	49,4	27,1	55,3
PS-2	PP B	14,79	75,0	50,7	103,3	1,9	7,9	40,2	27,1	55,3
PS-9009	PTA A	1,17	32,3	1,2	32,3	6,0	0,2	5,4	0,2	5,4
PS-9010	PTA B	0,29	31,6	1,2	32,3	6,0	0,0	5,3	0,2	5,4
204-PE-901A	PVC A	26,82	89,0	58,9	116,2	3,0	9,0	29,8	19,7	38,9
204-PE-901B	PVC B	31,89	96,7	58,9	116,2	3,0	10,7	32,4	19,7	38,9
260-PS-101A	SkA A	13,25	38,3	24,5	46,8	1,5	8,9	25,6	16,4	31,3
260-PS-101B	SkA B	11,01	36,4	24,5	46,8	1,5	7,4	24,3	16,4	31,3
260-PS-201A	SkB A	30,12	59,9	48,2	75,8	1,9	16,1	32,1	25,8	40,6
260-PS-201B	SkB B	17,89	49,8	48,2	75,8	1,9	9,6	26,6	25,8	40,6
260-PS-301A	SkC A	9,96	53,9	25,8	65,3	2,4	4,2	22,5	10,8	27,3
260-PS-301B	SkC B	15,84	57,8	25,8	65,3	2,4	6,6	24,2	10,8	27,3
260-PS-701/A	SkG A	41,98	152,3	52,7	160,8	9,5	4,4	16,1	5,6	17,0
260-PS-701/B	SkG B	10,5	143,1	52,7	160,8	9,5	1,1	15,1	5,6	17,0
260-PS-801/A	SkH A	36,23	85,3	52,6	96,8	4,8	7,6	17,8	11,0	20,3
260-PS-801/B	SkH B	16,65	75,4	52,6	96,8	4,8	3,5	15,8	11,0	20,3
TR01	TAYPE A	18,46	66,2	29,3	71,7	1,5	12,4	44,3	19,6	48,0
TR02	TAYPE B	11,24	18,8	29,3	71,7	1,5	7,5	12,6	19,6	48,0
TM-01/T1	TM-01 A	9,03	27,7	21,9	38,0	2,4	3,8	11,6	9,2	15,9
TM-01/T2	TM-01 B	12,06	29,1	21,9	38,0	2,4	5,0	12,2	9,2	15,9
202-PE-901A	VCM A	14,02	123,5	38,8	133,9	4,7	3,0	26,0	8,2	28,2
202-PE-901B	VCM B	24,57	127,3	38,8	135,6	4,7	5,2	26,8	8,2	28,6
R-NO.1	YYPE A	17,89	34,4	35,1	58,5	4,7	3,8	7,2	7,4	12,3
R-NO.2	YYPE B	17,09	43,1	35,1	58,5	4,7	3,6	9,1	7,4	12,3

Tablo A.4: Durum 2, Motor Transformatörleri Yüklenmeleri

Trafo	Fabrika	I_{trafo}'ya Göre		$I_{röle}$ / I_{trafo}	$I_{röle}$'ye Göre	
		Tek Taraf	Tek Trf Motor Kalk		Tek Taraf	Tek Trf Motor Kalk
		%	%	pu	%	%
206/1-PE-201	AYPE-M A	43,57	249,7	2,0	21,9	125,3
206/2-PE-201	AYPE-M B	43,17	249,5	2,0	21,7	125,3
TR03	TAYPE-M	43,63	194,8	1,5	29,2	130,4
PS-910	YYPE-M	37,44	327,1	4,7	7,9	69,0

Tablo A.5: Durum 3, Fabrika Transformatörleri Yüklenmeleri

Trafo	Fabrika	I_{trafo}'ya göre Yüklenme				$I_{röle}$ / I_{trafo}	$I_{röle}$'ye göre Yüklenme			
		Çift Taraf	Çift Trf Motor Kalk	Tek Taraf	Tek Trf Motor Kalk		Çift Taraf	Çift Trf Motor Kalk	Tek Taraf	Tek Trf Motor Kalk
		%	%	%	%	%	%	%	%	%
13-PE-101	ACN A	23,06	69,3	45,4	82,9	12,0	1,9	5,8	3,8	6,9
13-PE-102	ACN B	22,23	66,0	45,4	82,9	12,0	1,9	5,5	3,8	6,9
206/1-PE-001	AYPE A	23,18	136,0	51,8	152,2	2,0	11,6	68,3	26,0	76,4
260/2-PE-001	AYPE B	28,12	139,5	51,8	152,2	2,0	14,1	70,0	26,0	76,4
PS-901A	Arom A	30,36	78,4	63,1	104,4	1,9	16,3	42,0	33,8	55,9
PS-901B	Arom B	32,8	86,5	63,1	108,5	1,9	17,6	46,3	33,8	58,1
TR1	EOEG A	32,82	236,3	51,5	244,7	3,7	8,8	63,3	13,8	65,5
TR2	EOEG B	19,13	46,4	51,5	244,7	3,7	5,1	12,4	13,8	65,5
256-PS-901A	Hava A	48,87	101,7	86,0	134,2	1,5	32,7	68,1	57,6	89,8
256-PS-901B	Hava B	36,29	90,7	86,0	134,2	1,5	24,3	60,7	57,6	89,8
TR31	E	39,87	116,8	64,8	136,0	4,5	8,9	26,1	14,5	30,3
TR32	F	24,13	103,2	64,8	136,0	4,5	5,4	23,0	14,5	30,3
201-PE-901	Klor A	21,17	69,4	60,2	122,6	4,8	4,4	14,5	12,6	25,6
201-PE-902	Klor B	38,59	104,9	60,2	122,6	4,8	8,1	21,9	12,6	25,6
PTX-901A	NCS A	23,49	95,8	60,1	121,7	2,4	9,8	40,1	25,2	50,9
PTX-901B	NCS B	36,71	61,2	60,1	121,7	2,4	15,4	25,6	25,2	50,9
T1	PA A	20,23	191,9	28,9	199,3	3,7	5,4	51,4	7,7	53,4
T2	PA B	8,36	9,0	28,9	199,3	3,7	2,2	2,4	7,7	53,4
PS-1	PP A	35,71	92,3	50,7	103,3	1,9	19,1	49,4	27,1	55,3
PS-2	PP B	14,79	75,0	50,7	103,3	1,9	7,9	40,2	27,1	55,3
PS-9009	PTA A	1,17	32,3	1,2	32,3	6,0	0,2	5,4	0,2	5,4
PS-9010	PTA B	0,29	31,6	1,2	32,3	6,0	0,0	5,3	0,2	5,4
204-PE-901A	PVC A	26,82	89,0	58,9	116,2	3,0	9,0	29,8	19,7	38,9
204-PE-901B	PVC B	31,89	96,7	58,9	116,2	3,0	10,7	32,4	19,7	38,9
260-PS-101A	SkA A	13,25	38,1	24,2	46,5	1,5	8,9	25,5	16,2	31,2
260-PS-101B	SkA B	11,01	36,4	24,2	46,5	1,5	7,4	24,3	16,2	31,2
260-PS-201A	SkB A	30,12	59,9	48,2	75,8	1,9	16,1	32,1	25,8	40,6
260-PS-201B	SkB B	17,89	49,8	48,2	75,8	1,9	9,6	26,6	25,8	40,6
260-PS-301A	SkC A	9,96	53,9	25,8	65,3	2,4	4,2	22,5	10,8	27,3
260-PS-301B	SkC B	15,84	57,8	25,8	65,3	2,4	6,6	24,2	10,8	27,3
260-PS-701/A	SkG A	41,98	152,3	52,7	160,8	9,5	4,4	16,1	5,6	17,0
260-PS-701/B	SkG B	10,5	143,1	52,7	160,8	9,5	1,1	15,1	5,6	17,0
260-PS-801/A	SkH A	36,23	85,3	52,6	96,8	4,8	7,6	17,8	11,0	20,3
260-PS-801/B	SkH B	16,65	75,4	52,6	96,8	4,8	3,5	15,8	11,0	20,3
TR01	TAYPE A	18,46	66,2	29,3	71,7	1,5	12,4	44,3	19,6	48,0
TR02	TAYPE B	11,24	18,8	29,3	71,7	1,5	7,5	12,6	19,6	48,0
TM-01/T1	TM-01 A	9,03	27,7	21,9	38,0	2,4	3,8	11,6	9,2	15,9
TM-01/T2	TM-01 B	12,06	29,1	21,9	38,0	2,4	5,0	12,2	9,2	15,9
202-PE-901A	VCM A	14,02	123,5	38,8	133,9	4,7	3,0	26,0	8,2	28,2
202-PE-901B	VCM B	24,57	127,3	38,8	135,6	4,7	5,2	26,8	8,2	28,6
R-NO.1	YYPE A	17,89	34,4	35,1	58,5	4,7	3,8	7,2	7,4	12,3
R-NO.2	YYPE B	17,09	43,1	35,1	58,5	4,7	3,6	9,1	7,4	12,3

Tablo A.6: Durum 3, Motor Transformatörleri Yüklenmeleri

Trafo	Fabrika	I_{trafo}'ya Göre		$I_{röle}$ / I_{trafo}	$I_{röle}$'ye Göre	
		Tek Taraf	Tek Trf Motor Kalk		Tek Taraf	Tek Trf Motor Kalk
		%	%	pu	%	%
206/1-PE-201	AYPE-M A	43,57	249,7	2,0	21,9	125,3
206/2-PE-201	AYPE-M B	43,17	249,8	2,0	21,7	125,4
TR03	TAYPE-M	43,63	194,8	1,5	29,2	130,4
PS-910	YYPE-M	37,44	327,1	4,7	7,9	69,0

Tablo A.7: Durum 4, Fabrika Transformatörleri Yüklenmeleri

Trafo	Fabrika	I_{trafo}'ya göre Yüklenme				$I_{röle}$ / I_{trafo}	$I_{röle}$'ye göre Yüklenme			
		Çift Taraf	Çift Trf Motor Kalk	Tek Taraf	Tek Trf Motor Kalk		Çift Taraf	Çift Trf Motor Kalk	Tek Taraf	Tek Trf Motor Kalk
		%	%	%	%	%	%	%	%	%
13-PE-101	ACN A	23,06	69,3	45,4	82,9	12,0	1,9	5,8	3,8	6,9
13-PE-102	ACN B	22,23	66,0	45,4	82,9	12,0	1,9	5,5	3,8	6,9
206/1-PE-001	AYPE A	23,18	136,2	51,8	152,2	2,0	11,6	68,4	26,0	76,4
260/2-PE-001	AYPE B	28,12	139,3	51,8	152,2	2,0	14,1	69,9	26,0	76,4
PS-901A	Arom A	30,36	78,7	63,8	105,0	1,9	16,3	42,1	34,2	56,2
PS-901B	Arom B	32,8	86,8	63,8	109,1	1,9	17,6	46,5	34,2	58,4
TR1	EOEG A	32,82	236,3	52,3	245,1	3,7	8,8	63,3	14,0	65,6
TR2	EOEG B	19,13	46,8	52,3	245,1	3,7	5,1	12,5	14,0	65,6
256-PS-901A	Hava A	48,87	102,2	87,2	135,3	1,5	32,7	68,4	58,4	90,6
256-PS-901B	Hava B	36,29	91,2	87,2	135,3	1,5	24,3	61,1	58,4	90,6
TR31	E	39,87	116,8	65,1	136,3	4,5	8,9	26,1	14,5	30,4
TR32	F	24,13	103,4	65,1	136,3	4,5	5,4	23,1	14,5	30,4
201-PE-901	Klor A	21,17	69,4	60,2	122,6	4,8	4,4	14,5	12,6	25,6
201-PE-902	Klor B	38,59	104,9	60,2	122,6	4,8	8,1	21,9	12,6	25,6
PTX-901A	NCS A	23,49	95,8	60,6	122,1	2,4	9,8	40,1	25,4	51,1
PTX-901B	NCS B	36,71	61,6	60,6	122,1	2,4	15,4	25,8	25,4	51,1
T1	PA A	20,23	192,4	29,7	199,8	3,7	5,4	51,5	7,9	53,5
T2	PA B	8,36	9,0	29,7	199,8	3,7	2,2	2,4	7,9	53,5
PS-1	PP A	35,71	92,6	51,1	103,7	1,9	19,1	49,6	27,3	55,5
PS-2	PP B	14,79	75,0	51,1	103,7	1,9	7,9	40,2	27,3	55,5
PS-9009	PTA A	1,17	32,3	1,2	32,3	6,0	0,2	5,4	0,2	5,4
PS-9010	PTA B	0,28	31,6	1,2	32,3	6,0	0,0	5,3	0,2	5,4
204-PE-901A	PVC A	26,82	89,4	60,1	117,2	3,0	9,0	29,9	20,1	39,2
204-PE-901B	PVC B	31,89	97,2	60,1	117,2	3,0	10,7	32,5	20,1	39,2
260-PS-101A	SkA A	13,25	38,3	24,5	46,8	1,5	8,9	25,6	16,4	31,3
260-PS-101B	SkA B	11,01	36,4	24,5	46,8	1,5	7,4	24,3	16,4	31,3
260-PS-201A	SkB A	30,12	60,2	48,9	76,5	1,9	16,1	32,2	26,2	41,0
260-PS-201B	SkB B	17,89	50,0	48,9	76,5	1,9	9,6	26,8	26,2	41,0
260-PS-301A	SkC A	9,96	54,2	26,8	66,0	2,4	4,2	22,7	11,2	27,6
260-PS-301B	SkC B	15,84	58,1	26,8	66,0	2,4	6,6	24,3	11,2	27,6
260-PS-701/A	SkG A	41,98	152,3	52,7	160,8	9,5	4,4	16,1	5,6	17,0
260-PS-701/B	SkG B	10,5	143,1	52,7	160,8	9,5	1,1	15,1	5,6	17,0
260-PS-801/A	SkH A	36,23	85,3	53,5	97,6	4,8	7,6	17,8	11,2	20,4
260-PS-801/B	SkH B	16,65	75,9	53,5	97,6	4,8	3,5	15,9	11,2	20,4
TR01	TAYPE A	18,46	66,3	29,6	71,9	1,5	12,4	44,4	19,8	48,1
TR02	TAYPE B	11,24	18,8	29,6	71,9	1,5	7,5	12,6	19,8	48,1
TM-01/T1	TM-01 A	9,03	27,7	21,9	38,0	2,4	3,8	11,6	9,2	15,9
TM-01/T2	TM-01 B	12,06	29,1	21,9	38,0	2,4	5,0	12,2	9,2	15,9
202-PE-901A	VCM A	14,03	123,5	38,8	133,9	4,7	3,0	26,0	8,2	28,2
202-PE-901B	VCM B	24,57	127,3	38,8	135,6	4,7	5,2	26,8	8,2	28,6
R-NO.1	YYPE A	17,89	34,4	35,1	58,5	4,7	3,8	7,2	7,4	12,3
R-NO.2	YYPE B	17,09	43,1	35,1	58,5	4,7	3,6	9,1	7,4	12,3

Tablo A.8: Durum 4, Motor Transformatörleri Yüklenmeleri

Trafo	Fabrika	I_{trafo}'ya Göre		$I_{röle}$ / I_{trafo}	$I_{röle}$'ye Göre	
		Tek Taraf	Tek Trf Motor Kalk		Tek Taraf	Tek Trf Motor Kalk
		%	%	pu	%	%
206/1-PE-201	AYPE-M A	43,57	249,8	2,0	21,9	125,4
206/2-PE-201	AYPE-M B	43,17	249,7	2,0	21,7	125,3
TR03	TAYPE-M	43,63	195,0	1,5	29,2	130,5
PS-910	YYPE-M	37,47	327,5	4,7	7,9	69,1

Tablo A.9: Durum 1, Fabrika Hatları Yüklenmeleri

Kablo	I_{kablo}'ya göre Yüklenme				$I_{röle}$ / I_{kablo}	$I_{röle}$'ye göre Yüklenme			
	Çift Taraf	Çift Trf Motor Kalk	Tek Taraf	Tek Trf Motor Kalk		Çift Taraf	Çift Trf Motor Kalk	Tek Taraf	Tek Trf Motor Kalk
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
ACN A	2,01	6,0	3,9	7,0	1,04	1,94	5,80	3,77	6,75
ACN B	1,94	5,5	3,9	7,0	1,04	1,87	5,30	3,77	6,75
AYPE A	12,13	70,8	26,9	79,1	1,04	11,72	68,36	26,00	76,39
AYPE B	14,74	72,4	26,9	79,1	1,04	14,24	69,93	26,00	76,39
Arom A	16,9	43,6	35,2	60,3	1,04	16,33	42,14	33,98	58,25
Arom B	18,35	48,0	35,2	60,3	1,04	17,73	46,32	33,98	58,25
EO/EG A	9,13	65,5	14,3	67,6	1,04	8,82	63,27	13,79	65,27
EO/EG B	5,33	12,6	14,3	67,6	1,04	5,15	12,18	13,79	65,27
H. A. A	30,94	63,2	53,7	83,5	0,93	33,42	68,24	58,00	90,19
H. A. B	22,86	56,4	53,7	83,5	0,93	24,69	60,89	58,00	90,19
Ic Ihtiyac A	16,57	47,8	26,6	55,7	1,83	9,04	26,06	14,53	30,40
Ic Ihtiyac B	9,97	42,3	26,6	55,7	1,83	5,44	23,06	14,53	30,40
Klor A	4,64	15,0	12,8	26,2	1,04	4,48	14,53	12,40	25,32
Klor B	8,5	22,4	12,8	26,2	1,04	8,21	21,60	12,40	25,32
NSC A	10,21	41,5	26,0	52,7	1,04	9,86	40,07	25,16	50,92
NSC B	16,09	26,5	26,0	52,7	1,04	15,54	25,61	25,16	50,92
PA A	5,71	53,1	7,8	54,9	1,04	5,52	51,31	7,56	53,04
PA B	2,45	2,5	7,8	54,9	1,04	2,37	2,37	7,56	53,04
PP A	20,1	51,4	28,3	57,3	1,04	19,42	49,61	27,31	55,36
PP B	8,3	41,4	28,3	57,3	1,04	8,02	39,98	27,31	55,36
PTA A	0,26	5,6	0,4	5,8	1,04	0,25	5,40	0,36	5,60
PTA B	0,28	5,7	0,4	5,8	1,04	0,27	5,49	0,36	5,60
PVC A	9,4	30,8	20,4	40,3	1,04	9,08	29,79	19,71	38,89
PVC B	11,29	33,5	20,4	40,3	1,04	10,91	32,36	19,71	38,89
SkA A	8,29	23,7	15,2	28,9	0,93	8,95	25,63	16,39	31,20
SkA B	6,89	22,4	15,2	28,9	0,93	7,44	24,19	16,39	31,20
SkB A	16,94	33,4	27,1	42,4	1,04	16,36	32,24	26,20	40,95
SkB B	10,07	27,7	27,1	42,4	1,04	9,73	26,80	26,20	40,95
SkC A	4,44	23,3	11,2	28,2	1,04	4,29	22,54	10,80	27,20
SkC B	7	24,9	11,2	28,2	1,04	6,76	24,06	10,80	27,20
SkG A	4,58	16,6	5,6	17,3	1,04	4,42	16,06	5,39	16,71
SkG B	1,19	15,4	5,6	17,3	1,04	1,15	14,86	5,39	16,71
SkH A	7,86	18,5	11,4	20,8	1,04	7,59	17,84	11,00	20,12
SkH B	3,64	16,1	11,4	20,8	1,04	3,52	15,59	11,00	20,12
TAYPE A	11,41	41,1	18,5	44,6	0,93	12,32	44,38	20,00	48,21
TAYPE B	6,95	11,8	18,5	44,6	0,93	7,51	12,71	20,00	48,21
TM-01 A	4,1	12,0	9,5	16,5	1,04	3,96	11,57	9,17	15,89
TM-01 B	5,38	12,6	9,5	16,5	1,04	5,20	12,18	9,17	15,89
VCM A	3,11	27,0	8,4	28,5	1,04	3,00	26,04	8,12	27,58
VCM B	5,37	27,1	8,4	28,9	1,04	5,19	26,16	8,12	27,92
YYPE A	3,99	7,5	7,7	12,7	1,04	3,85	7,25	7,40	12,29
YYPE B	3,81	9,4	7,7	12,7	1,04	3,68	9,03	7,40	12,29

Tablo A.10: Durum 1, Motor Hatları Yüklenmeleri

Kablo	I_{kablo}'ya Göre		$I_{röle}$ / I_{kablo}	$I_{röle}$'ye Göre	
	Tek Taraf	Tek Trf Motor Kalk		Tek Taraf	Tek Trf Motor Kalk
	%	%	pu	%	%
AYPE M A	22,7	122,5	1,04	21,9	118,4
AYPE M B	22,5	122,5	1,04	21,7	118,4
TAYPE M	26,94	117,1	0,93	29,1	126,5
YYPE M	6,43	53,9	0,81	7,9	66,3

Tablo A.11: Durum 2, Fabrika Hatları Yüklenmeleri

Kablo	I_{kablo}'ya göre Yüklenme				$I_{röle}$ / I_{kablo}	$I_{röle}$'ye göre Yüklenme			
	Çift Taraf	Çift Trf Motor Kalk	Tek Taraf	Tek Trf Motor Kalk		Çift Taraf	Çift Trf Motor Kalk	Tek Taraf	Tek Trf Motor Kalk
	%	%	%	%	pu	%	%	%	%
ACN A	2	6,0	3,9	7,0	1,04	1,93	5,80	3,77	6,75
ACN B	1,92	5,5	3,9	7,0	1,04	1,85	5,30	3,77	6,75
AYPE A	12,06	70,7	26,5	78,8	1,04	11,65	68,27	25,60	76,15
AYPE B	14,59	72,3	26,5	78,8	1,04	14,09	69,82	25,60	76,15
Arom A	16,8	43,5	34,8	60,0	1,04	16,23	42,01	33,58	57,93
Arom B	18,16	47,8	34,8	60,0	1,04	17,54	46,18	33,58	57,93
EO/EG A	9,07	65,5	14,3	67,6	1,04	8,76	63,27	13,79	65,27
EO/EG B	5,27	12,6	14,3	67,6	1,04	5,09	12,18	13,79	65,27
H. A. A	30,75	63,0	53,3	83,2	0,93	33,21	68,07	57,60	89,83
H. A. B	22,61	56,2	53,3	83,2	0,93	24,42	60,72	57,60	89,83
Ic Ihtiyac A	16,62	47,8	26,5	55,6	1,83	9,06	26,06	14,46	30,35
Ic Ihtiyac B	9,87	42,2	26,5	55,6	1,83	5,38	23,02	14,46	30,35
Klor A	4,61	15,0	12,8	26,1	1,04	4,45	14,53	12,40	25,24
Klor B	8,41	22,3	12,8	26,1	1,04	8,12	21,50	12,40	25,24
NSC A	10,15	41,5	26,0	52,7	1,04	9,80	40,07	25,16	50,92
NSC B	15,92	26,5	26,0	52,7	1,04	15,38	25,61	25,16	50,92
PA A	5,68	53,1	7,8	54,9	1,04	5,49	51,31	7,56	53,04
PA B	2,43	2,5	7,8	54,9	1,04	2,35	2,37	7,56	53,04
PP A	19,98	51,2	27,9	57,0	1,04	19,30	49,45	26,91	55,04
PP B	8,22	41,3	27,9	57,0	1,04	7,94	39,87	26,91	55,04
PTA A	0,26	5,6	0,4	5,8	1,04	0,25	5,40	0,36	5,60
PTA B	0,28	5,7	0,4	5,8	1,04	0,27	5,49	0,36	5,60
PVC A	9,34	30,8	20,2	40,1	1,04	9,02	29,79	19,51	38,71
PVC B	11,17	33,3	20,2	40,1	1,04	10,79	32,21	19,51	38,71
SkA A	8,24	23,7	15,2	28,9	0,93	8,90	25,63	16,39	31,20
SkA B	6,81	22,4	15,2	28,9	0,93	7,35	24,19	16,39	31,20
SkB A	16,84	33,2	26,7	42,0	1,04	16,27	32,07	25,80	40,59
SkB B	9,96	27,6	26,7	42,0	1,04	9,62	26,65	25,80	40,59
SkC A	4,42	23,3	11,2	28,2	1,04	4,27	22,54	10,80	27,20
SkC B	6,93	24,9	11,2	28,2	1,04	6,69	24,06	10,80	27,20
SkG A	4,55	16,6	5,6	17,3	1,04	4,40	16,06	5,39	16,71
SkG B	1,18	15,4	5,6	17,3	1,04	1,14	14,86	5,39	16,71
SkH A	7,81	18,5	11,4	20,8	1,04	7,54	17,84	11,00	20,12
SkH B	3,6	16,1	11,4	20,8	1,04	3,48	15,59	11,00	20,12
TAYPE A	11,34	41,0	18,1	44,4	0,93	12,25	44,29	19,60	47,99
TAYPE B	6,88	11,6	18,1	44,4	0,93	7,43	12,56	19,60	47,99
TM-01 A	4,08	11,8	9,3	16,3	1,04	3,94	11,40	8,97	15,70
TM-01 B	5,33	12,6	9,3	16,3	1,04	5,15	12,18	8,97	15,70
VCM A	3,09	27,0	8,4	28,5	1,04	2,98	26,04	8,12	27,58
VCM B	5,32	27,1	8,4	28,9	1,04	5,14	26,16	8,12	27,92
YYPE A	3,97	7,5	7,7	12,7	1,04	3,84	7,25	7,40	12,29
YYPE B	3,78	9,4	7,7	12,7	1,04	3,65	9,03	7,40	12,29

Tablo A.12: Durum 2, Motor Hatları Yüklenmeleri

Kablo	I_{kablo}'ya Göre		$I_{röle}$ / I_{kablo}	$I_{röle}$'ye Göre	
	Tek Taraf	Tek Trf Motor Kalk		Tek Taraf	Tek Trf Motor Kalk
	%	%	pu	%	%
AYPE M A	22,56	122,5	1,04	21,8	118,4
AYPE M B	22,26	122,5	1,04	21,5	118,4
TAYPE M	26,66	117,1	0,93	28,8	126,5
YYPE M	6,39	53,9	0,81	7,9	66,3

Tablo A.13: Durum 3, Fabrika Hatları Yüklenmeleri

Kablo	I_{kablo}'ya göre Yüklenme				$I_{röle}$ / I_{kablo}	$I_{röle}$'ye göre Yüklenme			
	Çift Taraf	Çift Trf Motor Kalk	Tek Taraf	Tek Trf Motor Kalk		Çift Taraf	Çift Trf Motor Kalk	Tek Taraf	Tek Trf Motor Kalk
	%	%	%	%	pu	%	%	%	%
ACN A	2	6,0	3,9	7,0	1,04	1,93	5,80	3,77	6,75
ACN B	1,91	5,5	3,9	7,0	1,04	1,85	5,30	3,77	6,75
AYPE A	12,03	70,7	26,9	79,1	1,04	11,62	68,27	26,00	76,40
AYPE B	14,91	72,5	26,9	79,1	1,04	14,40	70,03	26,00	76,40
Arom A	16,77	43,5	34,8	60,0	1,04	16,20	42,01	33,58	57,93
Arom B	18,12	47,8	34,8	60,0	1,04	17,50	46,18	33,58	57,93
EO/EG A	9,06	65,5	14,3	67,6	1,04	8,75	63,27	13,79	65,27
EO/EG B	5,26	12,6	14,3	67,6	1,04	5,08	12,18	13,79	65,27
H. A. A	30,68	63,0	53,3	83,2	0,93	33,13	68,07	57,60	89,83
H. A. B	22,56	56,2	53,3	83,2	0,93	24,36	60,72	57,60	89,83
Ic Ihtiyac A	16,62	47,8	26,5	55,6	1,83	9,06	26,06	14,46	30,35
Ic Ihtiyac B	9,85	42,2	26,5	55,6	1,83	5,37	23,02	14,46	30,35
Klor A	4,6	15,0	12,8	26,1	1,04	4,44	14,53	12,40	25,24
Klor B	8,4	22,3	12,8	26,1	1,04	8,11	21,50	12,40	25,24
NSC A	10,13	41,5	25,8	52,6	1,04	9,79	40,07	24,96	50,76
NSC B	15,88	26,3	25,8	52,6	1,04	15,34	25,44	24,96	50,76
PA A	5,66	53,1	7,8	54,9	1,04	5,47	51,31	7,56	53,04
PA B	2,43	2,5	7,8	54,9	1,04	2,35	2,37	7,56	53,04
PP A	19,94	51,2	27,9	57,0	1,04	19,26	49,45	26,91	55,04
PP B	8,2	41,3	27,9	57,0	1,04	7,92	39,87	26,91	55,04
PTA A	0,26	5,6	0,4	5,8	1,04	0,25	5,40	0,36	5,60
PTA B	0,28	5,7	0,4	5,8	1,04	0,27	5,49	0,36	5,60
PVC A	9,32	30,8	20,2	40,1	1,04	9,00	29,79	19,51	38,71
PVC B	11,14	33,3	20,2	40,1	1,04	10,76	32,21	19,51	38,71
SkA A	8,23	23,6	14,8	28,6	0,93	8,89	25,49	15,99	30,87
SkA B	6,8	22,3	14,8	28,6	0,93	7,34	24,06	15,99	30,87
SkB A	16,81	33,2	26,7	42,0	1,04	16,24	32,07	25,80	40,59
SkB B	9,94	27,6	26,7	42,0	1,04	9,60	26,65	25,80	40,59
SkC A	4,41	23,3	11,2	28,2	1,04	4,26	22,54	10,80	27,20
SkC B	6,92	24,9	11,2	28,2	1,04	6,68	24,06	10,80	27,20
SkG A	4,54	16,6	5,6	17,3	1,04	4,39	16,06	5,39	16,71
SkG B	1,17	15,4	5,6	17,3	1,04	1,13	14,86	5,39	16,71
SkH A	7,8	18,5	11,4	20,8	1,04	7,53	17,84	11,00	20,12
SkH B	3,6	16,1	11,4	20,8	1,04	3,48	15,59	11,00	20,12
TAYPE A	11,32	41,0	18,1	44,4	0,93	12,23	44,29	19,60	47,99
TAYPE B	6,87	11,6	18,1	44,4	0,93	7,42	12,56	19,60	47,99
TM-01 A	4,07	11,8	9,3	16,3	1,04	3,93	11,40	8,97	15,70
TM-01 B	5,32	12,6	9,3	16,3	1,04	5,14	12,18	8,97	15,70
VCM A	3,09	27,0	8,4	28,5	1,04	2,98	26,04	8,12	27,58
VCM B	5,31	27,1	8,4	28,9	1,04	5,13	26,16	8,12	27,92
YYPE A	3,96	7,5	7,7	12,7	1,04	3,83	7,25	7,40	12,29
YYPE B	3,77	9,4	7,7	12,7	1,04	3,64	9,03	7,40	12,29

Tablo A.14: Durum 3, Motor Hatları Yüklenmeleri

Kablo	I_{kablo}'ya Göre		$I_{röle}$ / I_{kablo}	$I_{röle}$'ye Göre	
	Tek Taraf	Tek Trf Motor Kalk		Tek Taraf	Tek Trf Motor Kalk
	%	%	pu	%	%
AYPE M A	22,51	122,5	1,04	21,7	118,4
AYPE M B	22,77	122,5	1,04	22,0	118,4
TAYPE M	26,6	117,1	0,93	28,7	126,5
YYPE M	6,37	53,9	0,81	7,8	66,3

Tablo A.15: Durum 4, Fabrika Hatları Yüklenmeleri

Kablo	I_{kablo}'ya göre Yüklenme				$I_{röle}$ / I_{kablo}	$I_{röle}$'ye göre Yüklenme			
	Çift Taraf	Çift Trf Motor Kalk	Tek Taraf	Tek Trf Motor Kalk		Çift Taraf	Çift Trf Motor Kalk	Tek Taraf	Tek Trf Motor Kalk
	%	%	%	%	pu	%	%	%	%
ACN A	2,02	6,0	3,9	7,0	1,04	1,95	5,80	3,77	6,75
ACN B	1,94	5,5	3,9	7,0	1,04	1,87	5,30	3,77	6,75
AYPE A	12,17	70,8	26,9	79,1	1,04	11,76	68,36	26,00	76,39
AYPE B	14,76	72,4	26,9	79,1	1,04	14,26	69,93	26,00	76,39
Arom A	16,96	43,6	35,2	60,3	1,04	16,38	42,14	33,98	58,25
Arom B	18,37	48,0	35,2	60,3	1,04	17,75	46,32	33,98	58,25
EO/EG A	9,16	65,5	14,5	67,7	1,04	8,85	63,27	13,99	65,35
EO/EG B	5,34	12,7	14,5	67,7	1,04	5,16	12,30	13,99	65,35
H. A. A	31,04	63,3	54,1	83,9	0,93	33,52	68,42	58,40	90,56
H. A. B	22,88	56,5	54,1	83,9	0,93	24,71	61,05	58,40	90,56
Ic Ihtiyac A	16,63	47,8	26,6	55,7	1,83	9,07	26,06	14,53	30,40
Ic Ihtiyac B	9,98	42,3	26,6	55,7	1,83	5,44	23,06	14,53	30,40
Klor A	4,66	15,0	12,8	26,2	1,04	4,50	14,53	12,40	25,32
Klor B	8,51	22,4	12,8	26,2	1,04	8,22	21,60	12,40	25,32
NSC A	10,24	41,5	26,0	52,7	1,04	9,89	40,07	25,16	50,92
NSC B	16,11	26,5	26,0	52,7	1,04	15,56	25,61	25,16	50,92
PA A	5,73	53,1	7,8	54,9	1,04	5,54	51,31	7,56	53,04
PA B	2,45	2,5	7,8	54,9	1,04	2,37	2,37	7,56	53,04
PP A	20,16	51,4	28,3	57,3	1,04	19,47	49,61	27,31	55,36
PP B	8,31	41,4	28,3	57,3	1,04	8,03	39,98	27,31	55,36
PTA A	0,26	5,6	0,4	5,8	1,04	0,25	5,40	0,36	5,60
PTA B	0,28	5,7	0,4	5,8	1,04	0,27	5,49	0,36	5,60
PVC A	9,43	31,0	20,6	40,4	1,04	9,11	29,92	19,91	39,05
PVC B	11,3	33,5	20,6	40,4	1,04	10,92	32,36	19,91	39,05
SkA A	8,32	23,7	15,2	28,9	0,93	8,99	25,63	16,39	31,20
SkA B	6,89	22,4	15,2	28,9	0,93	7,44	24,19	16,39	31,20
SkB A	17	33,4	27,1	42,4	1,04	16,42	32,24	26,20	40,95
SkB B	10,08	27,7	27,1	42,4	1,04	9,74	26,80	26,20	40,95
SkC A	4,46	23,5	11,4	28,3	1,04	4,31	22,67	11,00	27,36
SkC B	7,01	24,9	11,4	28,3	1,04	6,77	24,06	11,00	27,36
SkG A	4,59	16,6	5,6	17,3	1,04	4,43	16,06	5,39	16,71
SkG B	1,19	15,4	5,6	17,3	1,04	1,15	14,86	5,39	16,71
SkH A	7,88	18,5	11,4	20,8	1,04	7,61	17,84	11,00	20,12
SkH B	3,64	16,1	11,4	20,8	1,04	3,52	15,59	11,00	20,12
TAYPE A	11,45	41,1	18,5	44,6	0,93	12,37	44,38	20,00	48,21
TAYPE B	6,96	11,8	18,5	44,6	0,93	7,52	12,71	20,00	48,21
TM-01 A	4,11	11,9	9,5	16,4	1,04	3,97	11,54	9,18	15,87
TM-01 B	5,39	12,6	9,5	16,4	1,04	5,21	12,18	9,18	15,87
VCM A	3,12	27,0	8,4	28,5	1,04	3,01	26,04	8,12	27,58
VCM B	5,38	27,1	8,4	28,9	1,04	5,20	26,16	8,12	27,92
YYPE A	4,01	7,5	7,7	12,7	1,04	3,87	7,25	7,40	12,29
YYPE B	3,82	9,4	7,7	12,7	1,04	3,69	9,03	7,40	12,29

Tablo A.16: Durum 4, Motor Hatları Yüklenmeleri

Kablo	I_{kablo}'ya Göre		$I_{röle}$ / I_{kablo}	$I_{röle}$'ye Göre	
	Tek Taraf	Tek Trf Motor Kalk		Tek Taraf	Tek Trf Motor Kalk
	%	%	pu	%	%
AYPE M A	22,76	122,5	1,04	22,0	118,4
AYPE M B	22,53	122,5	1,04	21,8	118,4
TAYPE M	26,97	117,1	0,93	29,1	126,5
YYPE M	6,45	53,9	0,81	7,9	66,3

Tablo A.17: Durumlara Ait Aktif ve Reaktif Kayıplar

	Aktif			Reaktif						
	Kayıp	Üretim	Oran	End. Kayıp	Kap. Kayıp	Net Kayıp	Üretim	Oran	Oran	Oran
	MW	MW	%	MVAr	MVAr	MVAr	MVAr	%	%	%
Durum 1	1,76	168,80	1,043	23,82	-0,7	23,11	85,76	27,78	-0,82	26,9
Durum 2	1,79	168,83	1,06	24,86	-0,67	24,19	86,84	28,63	-0,77	27,9
Durum 3	1,66	168,70	0,984	26,94	-0,68	26,26	88,92	30,3	-0,76	29,5
Durum 4	1,75	168,80	1,037	23,43	-0,71	22,72	85,36	27,45	-0,83	26,6

Tablo A.18: Durumlara Ait TEİAŞ'tan Alınan Güçler

TEİAŞ	Aktif	Reaktif	Görünür	cosφ	tanφ
	MW	MVAr	MVA	-	-
Durum 1	28,8	3,78	29,05	0,99	0,13
Durum 2	28,83	13,86	31,99	0,90	0,48
Durum 3	108,7	26,41	111,86	0,97	0,24
Durum 4	28,8	0,98	28,81	1,00	0,03

Tablo A.19: Durumlara Ait Aktif Güç Üretim Dağılımı

	Aktif Güç				
	Generatörler		TEİAŞ		TOPLAM
	Üretim	Payı	Üretim	Payı	Üretim
	MW	%	MW	%	MW
Durum 1	140	82,9	28,8	17,1	169
Durum 2	140	82,9	28,83	17,1	169
Durum 3	60	35,6	108,7	64,4	169
Durum 4	140	82,9	28,8	17,1	169

Tablo A.20: Durumlara Ait Reaktif Güç Üretim Dağılımı

	Reaktif Güç						
	Generatörler		TEİAŞ		Kompanzasyon		TOPLAM
	Üretim	Payı	Üretim	Payı	Üretim	Payı	Üretim
	MVAr	%	MVAr	%	MVAr	%	MVAr
Durum 1	74,36	86,7	3,78	4,4	6,62	7,7	85,76
Durum 2	65,44	75,4	13,86	16,0	6,53	7,5	86,84
Durum 3	54,89	61,7	26,41	29,7	6,61	7,4	88,92
Durum 4	76,76	89,9	0,98	1,1	6,63	7,8	85,36

Tablo A.21: Durumlara Ait Aktif ve Reaktif Güç Tüketim Dağılımı

	Aktif Güç					Reaktif Güç				
	Motorlar		Fabrikalar		TOPLAM	Motorlar		Fabrikalar		TOPLAM
	Tüketim	Payı	Tüketim	Payı	Tüketim	Tüketim	Payı	Tüketim	Payı	Tüketim
	MW	%	MW	%	MW	MVAr	%	MVAr	%	MVAr
Durum 1	23,86	14,1	143,15	84,7	169	3,42	4,0	59,23	69,1	85,76
Durum 2	23,86	14,1	143,15	84,7	169	3,43	3,9	59,23	68,2	86,84
Durum 3	23,86	14,1	143,15	84,7	169	3,43	3,9	59,23	66,6	88,92
Durum 4	23,86	14,1	143,15	84,7	169	3,41	4,0	59,23	69,4	85,36

Ek B

Tablo B.1: Durum 5, 34,5 kV Bara Dayanımları

Bara	Hesaplanan Değerler								Bara Özellikleri		Karşılaştırma			
	3Φ maks		1Φ maks								3Φ maks		1Φ maks	
	Ik"	Ip	Ik"	Ip	Vb		Vc		Ik"	Ip	Ik"	Ip	Ik"	Ip
	kA	kA	kA	kA	kV	pu	kV	pu	kA	kA	%	%	%	%
A	16,22	44,03	1,85	5,03	36,39	1,83	38,91	1,95	25	62,5	64,9	70,4	7,4	8,0
B	16,18	43,93	1,85	5,03	36,38	1,83	38,91	1,95	25	62,5	64,7	70,3	7,4	8,0
C	24,64	65,87	1,86	4,98	36,92	1,85	38,65	1,94	25	62,5	98,6	105,4	7,4	8,0
D	24,4	65,37	1,86	4,99	36,89	1,85	38,65	1,94	25	62,5	97,6	104,6	7,4	8,0

Tablo B.2: Durum 6, 34,5 kV Bara Dayanımları

Bara	Hesaplanan Değerler								Bara Özellikleri		Karşılaştırma			
	3Φ maks		1Φ maks								3Φ maks		1Φ maks	
	Ik"	Ip	Ik"	Ip	Vb		Vc		Ik"	Ip	Ik"	Ip	Ik"	Ip
	kA	kA	kA	kA	kV	pu	kV	pu	kA	kA	%	%	%	%
A	16,71	45,18	1,55	4,19	36,71	1,84	38,76	1,95	25	62,5	66,8	72,3	6,2	6,7
B	8	21,5	0,31	0,84	37,48	1,88	38,33	1,92	25	62,5	32,0	34,4	1,2	1,3
C	23,07	61,65	1,56	4,16	37,03	1,86	38,58	1,94	25	62,5	92,3	98,6	6,2	6,7
D	19,36	51,76	1,55	4,15	36,8	1,85	38,68	1,94	25	62,5	77,4	82,8	6,2	6,6

Tablo B.3: Durum 7, 34,5 kV Bara Dayanımları

Bara	Hesaplanan Değerler								Bara Özellikleri		Karşılaştırma			
	3Φ maks		1Φ maks								3Φ maks		1Φ maks	
	Ik"	Ip	Ik"	Ip	Vb		Vc		Ik"	Ip	Ik"	Ip	Ik"	Ip
	kA	kA	kA	kA	kV	pu	kV	pu	kA	kA	%	%	%	%
A	16,66	45,02	1,55	4,19	36,71	1,84	38,77	1,95	25	62,5	66,6	72,0	6,2	6,7
B	8,86	23,77	0,31	0,84	37,52	1,88	38,29	1,92	25	62,5	35,4	38,0	1,2	1,3
C	22,8	60,89	1,56	4,15	37,02	1,86	38,59	1,94	25	62,5	91,2	97,4	6,2	6,6
D	18,49	49,49	1,55	4,15	36,75	1,84	38,71	1,94	25	62,5	74,0	79,2	6,2	6,6

Tablo B.4: Durum 8, 34,5 kV Bara Dayanımları

Bara	Hesaplanan Değerler								Bara Özellikleri		Karşılaştırma			
	3Φ maks		1Φ maks								3Φ maks		1Φ maks	
	Ik"	Ip	Ik"	Ip	Vb		Vc		Ik"	Ip	Ik"	Ip	Ik"	Ip
	kA	kA	kA	kA	kV	pu	kV	pu	kA	kA	%	%	%	%
A	27,89	74,56	1,87	4,99	37,08	1,86	38,57	1,94	25	62,5	111,6	119,3	7,5	8,0
B	27,89	74,56	1,87	4,99	37,08	1,86	38,57	1,94	25	62,5	111,6	119,3	7,5	8,0
C	25,75	68,84	1,87	4,99	36,97	1,86	38,62	1,94	25	62,5	103,0	110,1	7,5	8,0
D	25,53	68,38	1,86	4,99	36,94	1,85	38,63	1,94	25	62,5	102,1	109,4	7,4	8,0

Tablo B.5: Durum 5, 6,3 kV Bara Dayanımları

Bara	Hesaplanan Değerler								Bara Özellikleri		Karşılaştırma			
	3Φ maks		1Φ maks								3Φ maks		1Φ maks	
	Ik"	Ip	Ik"	Ip	Vb		Vc		Ik"	Ip	Ik"	Ip	Ik"	Ip
	kA	kA	kA	kA	kV	pu	kV	pu	kA	kA	%	%	%	%
ACN A 6.3	4,19	9,64	4,34	9,99	4,06	1,12	3,81	1,05	23	57,5	18,2	16,8	18,9	17,4
ACN B 6.3	4,05	9,29	4,24	9,73	4,04	1,11	3,79	1,04	23	57,5	17,6	16,2	18,4	16,9
AYPE A 6.3	17,24	43,75	19,27	48,89	3,84	1,05	3,74	1,03	23	57,5	75,0	76,1	83,8	85,0
AYPE B 6.3	17,28	43,98	19,29	49,09	3,84	1,06	3,75	1,03	23	57,5	75,1	76,5	83,9	85,4
AYPE-M A 6.3	21,34	54,3	23,26	59,18	3,92	1,08	3,76	1,03	23	57,5	92,8	94,4	101,1	102,9
AYPE-M B 6.3	21,38	54,56	23,28	59,4	3,92	1,08	3,77	1,04	23	57,5	93,0	94,9	101,2	103,3
Arom A 6.3	17,02	43,09	17,29	43,77	4,03	1,11	3,91	1,07	20	50	85,1	86,2	86,5	87,5
Arom B 6.3	17,27	43,77	17,45	44,23	4,04	1,11	3,92	1,08	20	50	86,4	87,5	87,3	88,5
E	22,7	59	22,56	58,64	4,05	1,11	3,97	1,09	23	57,5	98,7	102,6	98,1	102,0
F	22,68	58,95	22,54	58,59	4,06	1,12	3,97	1,09	23	57,5	98,6	102,5	98,0	101,9
EO/EG A 6.3	12,27	29,94	12,43	30,34	4,05	1,11	3,9	1,07	23	57,5	53,3	52,1	54,0	52,8
EO/EG B 6.3	11,04	26,93	11,55	28,19	3,99	1,1	3,83	1,05	23	57,5	48,0	46,8	50,2	49,0
Hava A 6.3	20,03	51,61	0,01	0,03	6,93	1,9	6,93	1,91	23	57,5	87,1	89,8	0,0	0,1
Hava B 6.3	22,67	58,01	0,01	0,03	6,93	1,9	6,93	1,91	23	57,5	98,6	100,9	0,0	0,1
Klor A 6.3	6,67	16,82	7,06	17,8	3,95	1,09	3,83	1,05	23	57,5	29,0	29,3	30,7	31,0
Klor B 6.3	7,72	19,43	7,8	19,65	4,04	1,11	3,92	1,08	23	57,5	33,6	33,8	33,9	34,2
NCS A 6.3	11,25	29,19	11,23	29,13	4,05	1,11	3,96	1,09	23	57,5	48,9	50,8	48,8	50,7
NCS B 6.3	10,68	27,74	10,84	28,15	4,02	1,11	3,93	1,08	23	57,5	46,4	48,2	47,1	49,0
PA A 6.3	11,89	29,29	12,17	29,98	4,03	1,11	3,89	1,07	25	62	47,6	47,2	48,7	48,4
PA B 6.3	10,41	25,61	11,09	27,27	3,95	1,09	3,81	1,05	25	62	41,6	41,3	44,4	44,0
PP A 6.3	18,19	48,87	18,38	49,38	3,99	1,1	3,97	1,09	20	50	91,0	97,7	91,9	98,8
PP B 6.3	16,2	43,87	16,96	45,93	3,92	1,08	3,9	1,07	20	50	81,0	87,7	84,8	91,9
PTA A 6.3	6,88	16,69	7,21	17,5	3,99	1,1	3,83	1,05	23	57,5	29,9	29,0	31,3	30,4
PTA B 6.3	6,88	16,68	7,21	17,49	3,99	1,1	3,83	1,05	23	57,5	29,9	29,0	31,3	30,4
PVC A 6.3	9,99	25,43	10,36	26,35	3,99	1,1	3,88	1,07	11	27,5	90,8	92,5	94,2	95,8
PVC B 6.3	10,71	27,16	10,86	27,53	4,04	1,11	3,91	1,08	11	27,5	97,4	98,8	98,7	100,1
SkA A 6.3	18,96	49,07	19,95	51,61	3,94	1,08	3,86	1,06	23	57,5	82,4	85,3	86,7	89,8
SkA B 6.3	18,38	47,71	19,5	50,61	3,93	1,08	3,84	1,06	23	57,5	79,9	83,0	84,8	88,0
SkB A 6.3	15,52	39,71	16,11	41,23	3,98	1,09	3,87	1,07	23	57,5	67,5	69,1	70,0	71,7
SkB B 6.3	16,51	42,03	16,81	42,79	4,03	1,11	3,91	1,07	23	57,5	71,8	73,1	73,1	74,4
SkC A 6.3	14,49	36,58	15,16	38,29	3,97	1,09	3,86	1,06	23	57,5	63,0	63,6	65,9	66,6
SkC B 6.3	13,89	35,15	14,71	37,22	3,95	1,08	3,83	1,05	23	57,5	60,4	61,1	64,0	64,7
SkG A 6.3	5,55	13,43	5,51	13,33	4,1	1,13	3,93	1,08	25	62,5	22,2	21,5	22,0	21,3
SkG B 6.3	4,68	11,29	4,9	11,83	3,99	1,1	3,83	1,05	25	62,5	18,7	18,1	19,6	18,9
SkH A 6.3	8,67	21,44	8,69	21,49	4,07	1,12	3,92	1,08	25	62,5	34,7	34,3	34,8	34,4
SkH B 6.3	7,8	19,29	8,09	20	4	1,1	3,86	1,06	25	62,5	31,2	30,9	32,4	32,0
TAYPE A 6.0	17,24	44,82	0,11	0,28	6,59	1,9	6,61	1,91	25	62	69,0	72,3	0,4	0,5
TAYPE B 6.0	16,19	41,83	0,11	0,28	6,59	1,9	6,61	1,91	25	62	64,8	67,5	0,4	0,5
TAYPE-M 6.0	20,16	52,57	0,11	0,28	6,59	1,9	6,61	1,91	25	62	80,6	84,8	0,4	0,5
TM-01 A 6.3	14	35,75	14,84	37,88	3,93	1,08	3,84	1,06	23	57,5	60,9	62,2	64,5	65,9
TM-01 B 6.3	13,58	34,75	14,51	37,13	3,92	1,08	3,83	1,05	23	57,5	59,0	60,4	63,1	64,6
VCM A 6.3	8,45	20,81	8,57	21,09	4,05	1,11	3,9	1,07	9,6	24	88,0	86,7	89,3	87,9
VCM B 6.3	7,7	18,96	8,03	19,79	3,99	1,1	3,84	1,06	9,6	24	80,2	79,0	83,6	82,5
YYPE A 6.3	7,68	19,05	8,02	19,9	3,98	1,1	3,85	1,06	23	57,5	33,4	33,1	34,9	34,6
YYPE B 6.3	7,44	18,43	7,84	19,43	3,97	1,09	3,83	1,05	23	57,5	32,3	32,1	34,1	33,8
YYPE-M 6.3	11,95	30,09	0,11	0,28	6,91	1,9	6,95	1,91	23	57,5	52,0	52,3	0,5	0,5

Tablo B.6: Durum 6, 6,3 kV Bara Dayanımları

Bara	Hesaplanan Değerler								Bara Özellikleri		Karşılaştırma			
	3Φ maks		1Φ maks								3Φ maks		1Φ maks	
	Ik"	Ip	Ik"	Ip	Vb		Vc		Ik"	Ip	Ik"	Ip	Ik"	Ip
	kA	kA	kA	kA	kV	pu	kV	pu	kA	kA	%	%	%	%
ACN A 6.3	4,18	9,62	4,33	9,97	4,06	1,12	3,81	1,05	23	57,5	18,2	16,7	18,8	17,3
ACN B 6.3	4,02	9,23	4,21	9,68	4,03	1,11	3,78	1,04	23	57,5	17,5	16,1	18,3	16,8
AYPE A 6.3	17,11	43,44	19,15	48,61	3,83	1,05	3,74	1,03	23	57,5	74,4	75,5	83,3	84,5
AYPE B 6.3	16,79	42,8	18,85	48,04	3,83	1,05	3,73	1,03	23	57,5	73,0	74,4	82,0	83,5
AYPE-M A 6.3	21,18	53,93	23,12	58,86	3,92	1,08	3,76	1,03	23	57,5	92,1	93,8	100,5	102,4
AYPE-M B 6.3	20,79	53,13	22,76	58,17	3,92	1,08	3,75	1,03	23	57,5	90,4	92,4	99,0	101,2
Arom A 6.3	16,92	42,84	17,21	43,59	4,03	1,11	3,9	1,07	20	50	84,6	85,7	86,1	87,2
Arom B 6.3	16,88	42,82	17,17	43,54	4,04	1,11	3,9	1,07	20	50	84,4	85,6	85,9	87,1
E	21,61	56,27	21,86	56,91	4,02	1,1	3,94	1,08	23	57,5	94,0	97,9	95,0	99,0
F	22,06	57,35	22,1	57,44	4,05	1,11	3,95	1,09	23	57,5	95,9	99,7	96,1	99,9
EO/EG A 6.3	12,22	29,82	12,39	30,25	4,05	1,11	3,89	1,07	23	57,5	53,1	51,9	53,9	52,6
EO/EG B 6.3	10,83	26,47	11,39	27,84	3,98	1,1	3,82	1,05	23	57,5	47,1	46,0	49,5	48,4
Hava A 6.3	19,88	51,23	0,01	0,03	6,93	1,9	6,93	1,91	23	57,5	86,4	89,1	0,0	0,1
Hava B 6.3	22,11	56,58	0,01	0,03	6,93	1,9	6,93	1,91	23	57,5	96,1	98,4	0,0	0,1
Klor A 6.3	6,65	16,76	7,04	17,75	3,95	1,08	3,83	1,05	23	57,5	28,9	29,1	30,6	30,9
Klor B 6.3	7,63	19,22	7,74	19,5	4,03	1,11	3,91	1,07	23	57,5	33,2	33,4	33,7	33,9
NCS A 6.3	11,21	29,08	11,19	29,04	4,05	1,11	3,96	1,09	23	57,5	48,7	50,6	48,7	50,5
NCS B 6.3	10,51	27,31	10,71	27,83	4,01	1,1	3,91	1,08	23	57,5	45,7	47,5	46,6	48,4
PA A 6.3	11,83	29,17	12,12	29,89	4,02	1,11	3,88	1,07	25	62	47,3	47,0	48,5	48,2
PA B 6.3	10,21	25,14	10,92	26,89	3,94	1,08	3,8	1,04	25	62	40,8	40,5	43,7	43,4
PP A 6.3	18,08	48,54	18,3	49,14	3,99	1,1	3,96	1,09	20	50	90,4	97,1	91,5	98,3
PP B 6.3	15,78	42,69	16,63	44,99	3,91	1,08	3,89	1,07	20	50	78,9	85,4	83,2	90,0
PTA A 6.3	6,86	16,64	7,19	17,46	3,99	1,1	3,83	1,05	23	57,5	29,8	28,9	31,3	30,4
PTA B 6.3	6,79	16,49	7,14	17,34	3,99	1,1	3,82	1,05	23	57,5	29,5	28,7	31,0	30,2
PVC A 6.3	9,95	25,32	10,32	26,27	3,99	1,1	3,87	1,06	11	27,5	90,5	92,1	93,8	95,5
PVC B 6.3	10,55	26,75	10,74	27,23	4,03	1,11	3,9	1,07	11	27,5	95,9	97,3	97,6	99,0
SkA A 6.3	18,81	48,68	19,82	51,31	3,94	1,08	3,85	1,06	23	57,5	81,8	84,7	86,2	89,2
SkA B 6.3	17,81	46,27	19,04	49,44	3,92	1,08	3,82	1,05	23	57,5	77,4	80,5	82,8	86,0
SkB A 6.3	15,42	39,47	16,03	41,04	3,98	1,09	3,87	1,06	23	57,5	67,0	68,6	69,7	71,4
SkB B 6.3	16,13	41,11	16,53	42,11	4,02	1,1	3,89	1,07	23	57,5	70,1	71,5	71,9	73,2
SkC A 6.3	14,4	36,37	15,09	38,12	3,97	1,09	3,85	1,06	23	57,5	62,6	63,3	65,6	66,3
SkC B 6.3	13,55	34,33	14,44	36,57	3,94	1,08	3,82	1,05	23	57,5	58,9	59,7	62,8	63,6
SkG A 6.3	5,54	13,41	5,5	13,32	4,1	1,13	3,93	1,08	25	62,5	22,2	21,5	22,0	21,3
SkG B 6.3	4,64	11,19	4,87	11,76	3,99	1,1	3,82	1,05	25	62,5	18,6	17,9	19,5	18,8
SkH A 6.3	8,64	21,37	8,67	21,45	4,07	1,12	3,92	1,08	25	62,5	34,6	34,2	34,7	34,3
SkH B 6.3	7,7	19,05	8,01	19,81	4	1,1	3,85	1,06	25	62,5	30,8	30,5	32,0	31,7
TAYPE A 6.0	17,13	44,54	0,11	0,28	6,59	1,9	6,61	1,91	25	62	68,5	71,8	0,4	0,5
TAYPE B 6.0	15,67	40,52	0,11	0,28	6,59	1,9	6,61	1,91	25	62	62,7	65,4	0,4	0,5
TAYPE-M 6.0	19,61	51,19	0,11	0,28	6,59	1,9	6,61	1,91	25	62	78,4	82,6	0,4	0,5
TM-01 A 6.3	13,91	35,53	14,76	37,7	3,93	1,08	3,84	1,06	23	57,5	60,5	61,8	64,2	65,6
TM-01 B 6.3	13,23	33,89	14,22	36,42	3,91	1,08	3,81	1,05	23	57,5	57,5	58,9	61,8	63,3
VCM A 6.3	8,42	20,74	8,55	21,05	4,05	1,11	3,9	1,07	9,6	24	87,7	86,4	89,1	87,7
VCM B 6.3	7,59	18,72	7,95	19,6	3,99	1,1	3,83	1,05	9,6	24	79,1	78,0	82,8	81,7
YYPE A 6.3	7,65	18,99	8	19,85	3,98	1,1	3,85	1,06	23	57,5	33,3	33,0	34,8	34,5
YYPE B 6.3	7,33	18,18	7,75	19,24	3,96	1,09	3,82	1,05	23	57,5	31,9	31,6	33,7	33,5
YYPE-M 6.3	11,9	29,98	0,11	0,28	6,91	1,9	6,95	1,91	23	57,5	51,7	52,1	0,5	0,5

Tablo B.7: Durum 7, 6,3 kV Bara Dayanımları

Bara	Hesaplanan Değerler								Bara Özellikleri		Karşılaştırma			
	3Φ maks		1Φ maks								3Φ maks		1Φ maks	
	Ik"	Ip	Ik"	Ip	Vb		Vc		Ik"	Ip	Ik"	Ip	Ik"	Ip
	kA	kA	kA	kA	kV	pu	kV	pu	kA	kA	%	%	%	%
ACN A 6.3	4,18	9,62	4,33	9,97	4,06	1,12	3,81	1,05	23	57,5	18,2	16,7	18,8	17,3
ACN B 6.3	4,01	9,22	4,21	9,67	4,03	1,11	3,78	1,04	23	57,5	17,4	16,0	18,3	16,8
AYPE A 6.3	17,09	43,38	19,13	48,56	3,83	1,05	3,74	1,03	23	57,5	74,3	75,4	83,2	84,5
AYPE B 6.3	14,46	37,16	16,87	43,36	3,75	1,03	3,68	1,01	23	57,5	62,9	64,6	73,3	75,4
AYPE-M A 6.3	21,15	53,85	23,09	58,8	3,92	1,08	3,76	1,03	23	57,5	92,0	93,7	100,4	102,3
AYPE-M B 6.3	17,95	46,28	20,41	52,64	3,84	1,06	3,7	1,02	23	57,5	78,0	80,5	88,7	91,5
Arom A 6.3	16,9	42,79	17,2	43,55	4,03	1,11	3,9	1,07	20	50	84,5	85,6	86,0	87,1
Arom B 6.3	16,8	42,61	17,11	43,4	4,03	1,11	3,9	1,07	20	50	84,0	85,2	85,6	86,8
E	21,6	56,25	21,85	56,89	4,01	1,1	3,94	1,08	23	57,5	93,9	97,8	95,0	98,9
F	21,93	57,01	22	57,2	4,04	1,11	3,95	1,08	23	57,5	95,3	99,1	95,7	99,5
EO/EG A 6.3	12,21	29,8	12,39	30,24	4,05	1,11	3,89	1,07	23	57,5	53,1	51,8	53,9	52,6
EO/EG B 6.3	10,79	26,37	11,36	27,76	3,98	1,09	3,82	1,05	23	57,5	46,9	45,9	49,4	48,3
Hava A 6.3	19,85	51,16	0,01	0,03	6,93	1,9	6,93	1,91	23	57,5	86,3	89,0	0,0	0,1
Hava B 6.3	21,98	56,28	0,01	0,03	6,93	1,9	6,93	1,91	23	57,5	95,6	97,9	0,0	0,1
Klor A 6.3	6,64	16,75	7,04	17,74	3,95	1,08	3,83	1,05	23	57,5	28,9	29,1	30,6	30,9
Klor B 6.3	7,61	19,17	7,73	19,47	4,03	1,11	3,91	1,07	23	57,5	33,1	33,3	33,6	33,9
NCS A 6.3	11,2	29,06	11,19	29,03	4,05	1,11	3,96	1,09	23	57,5	48,7	50,5	48,7	50,5
NCS B 6.3	10,48	27,22	10,69	27,76	4,01	1,1	3,91	1,08	23	57,5	45,6	47,3	46,5	48,3
PA A 6.3	11,82	29,14	12,12	29,87	4,02	1,11	3,88	1,07	25	62	47,3	47,0	48,5	48,2
PA B 6.3	10,16	25,04	10,88	26,81	3,94	1,08	3,8	1,04	25	62	40,6	40,4	43,5	43,2
PP A 6.3	18,05	48,48	18,28	49,09	3,99	1,1	3,96	1,09	20	50	90,3	97,0	91,4	98,2
PP B 6.3	15,69	42,44	16,56	44,79	3,91	1,07	3,88	1,07	20	50	78,5	84,9	82,8	89,6
PTA A 6.3	6,85	16,63	7,19	17,46	3,99	1,1	3,82	1,05	23	57,5	29,8	28,9	31,3	30,4
PTA B 6.3	6,77	16,45	7,13	17,31	3,99	1,1	3,82	1,05	23	57,5	29,4	28,6	31,0	30,1
PVC A 6.3	9,94	25,3	10,32	26,25	3,98	1,1	3,87	1,06	11	27,5	90,4	92,0	93,8	95,5
PVC B 6.3	10,51	26,66	10,71	27,17	4,03	1,11	3,9	1,07	11	27,5	95,5	96,9	97,4	98,8
SkA A 6.3	18,78	48,61	19,8	51,25	3,94	1,08	3,85	1,06	23	57,5	81,7	84,5	86,1	89,1
SkA B 6.3	17,69	45,96	18,94	49,2	3,92	1,08	3,82	1,05	23	57,5	76,9	79,9	82,3	85,6
SkB A 6.3	15,4	39,42	16,02	41,01	3,98	1,09	3,87	1,06	23	57,5	67,0	68,6	69,7	71,3
SkB B 6.3	16,05	40,91	16,47	41,97	4,01	1,1	3,89	1,07	23	57,5	69,8	71,1	71,6	73,0
SkC A 6.3	14,38	36,33	15,08	38,08	3,97	1,09	3,85	1,06	23	57,5	62,5	63,2	65,6	66,2
SkC B 6.3	13,48	34,15	14,38	36,44	3,93	1,08	3,82	1,05	23	57,5	58,6	59,4	62,5	63,4
SkG A 6.3	5,54	13,4	5,5	13,31	4,1	1,13	3,93	1,08	25	62,5	22,2	21,4	22,0	21,3
SkG B 6.3	4,63	11,17	4,86	11,74	3,99	1,1	3,82	1,05	25	62,5	18,5	17,9	19,4	18,8
SkH A 6.3	8,64	21,36	8,67	21,44	4,07	1,12	3,92	1,08	25	62,5	34,6	34,2	34,7	34,3
SkH B 6.3	7,67	18,99	7,99	19,78	4	1,1	3,85	1,06	25	62,5	30,7	30,4	32,0	31,6
TAYPE A 6.0	17,11	44,48	0,11	0,28	6,59	1,9	6,61	1,91	25	62	68,4	71,7	0,4	0,5
TAYPE B 6.0	15,56	40,25	0,11	0,28	6,58	1,9	6,61	1,91	25	62	62,2	64,9	0,4	0,5
TAYPE-M 6.0	19,49	50,9	0,11	0,28	6,59	1,9	6,61	1,91	25	62	78,0	82,1	0,4	0,5
TM-01 A 6.3	13,89	35,48	14,75	37,66	3,93	1,08	3,84	1,06	23	57,5	60,4	61,7	64,1	65,5
TM-01 B 6.3	13,15	33,7	14,16	36,28	3,91	1,07	3,81	1,05	23	57,5	57,2	58,6	61,6	63,1
VCM A 6.3	8,42	20,73	8,54	21,04	4,05	1,11	3,9	1,07	9,6	24	87,7	86,4	89,0	87,7
VCM B 6.3	7,57	18,67	7,93	19,57	3,99	1,1	3,83	1,05	9,6	24	78,9	77,8	82,6	81,5
YYPE A 6.3	7,65	18,97	8	19,84	3,98	1,09	3,85	1,06	23	57,5	33,3	33,0	34,8	34,5
YYPE B 6.3	7,31	18,13	7,74	19,2	3,96	1,09	3,82	1,05	23	57,5	31,8	31,5	33,7	33,4
YYPE-M 6.3	11,89	29,96	0,11	0,28	6,91	1,9	6,95	1,91	23	57,5	51,7	52,1	0,5	0,5

Tablo B.8: Durum 8, 6,3 kV Bara Dayanımları

Bara	Hesaplanan Değerler								Bara Özellikleri		Karşılaştırma			
	3Φ maks		1Φ maks								3Φ maks		1Φ maks	
	Ik"	Ip	Ik"	Ip	Vb		Vc		Ik"	Ip	Ik"	Ip	Ik"	Ip
	kA	kA	kA	kA	kV	pu	kV	pu	kA	kA	%	%	%	%
ACN A 6.3	4,2	9,65	4,34	9,99	4,06	1,12	3,81	1,05	23	57,5	18,3	16,8	18,9	17,4
ACN B 6.3	4,05	9,3	4,24	9,73	4,04	1,11	3,79	1,04	23	57,5	17,6	16,2	18,4	16,9
AYPE A 6.3	17,32	43,95	19,34	49,05	3,84	1,06	3,75	1,03	23	57,5	75,3	76,4	84,1	85,3
AYPE B 6.3	17,37	44,19	19,36	49,26	3,84	1,06	3,75	1,03	23	57,5	75,5	76,9	84,2	85,7
AYPE-M A 6.3	21,44	54,53	23,34	59,37	3,92	1,08	3,77	1,04	23	57,5	93,2	94,8	101,5	103,3
AYPE-M B 6.3	21,48	54,8	23,36	59,6	3,93	1,08	3,77	1,04	23	57,5	93,4	95,3	101,6	103,7
Arom A 6.3	17,09	43,25	17,33	43,88	4,03	1,11	3,91	1,08	20	50	85,5	86,5	86,7	87,8
Arom B 6.3	17,34	43,93	17,5	44,34	4,05	1,11	3,92	1,08	20	50	86,7	87,9	87,5	88,7
E	22,8	59,27	22,63	58,82	4,06	1,12	3,98	1,09	23	57,5	99,1	103,1	98,4	102,3
F	22,78	59,23	22,61	58,78	4,06	1,12	3,97	1,09	23	57,5	99,0	103,0	98,3	102,2
EO/EG A 6.3	12,3	30,02	12,46	30,39	4,06	1,12	3,9	1,07	23	57,5	53,5	52,2	54,2	52,9
EO/EG B 6.3	11,07	27	11,58	28,24	3,99	1,1	3,83	1,05	23	57,5	48,1	47,0	50,3	49,1
Hava A 6.3	20,12	51,84	0,01	0,03	6,93	1,9	6,93	1,91	23	57,5	87,5	90,2	0,0	0,1
Hava B 6.3	22,77	58,26	0,01	0,03	6,93	1,9	6,93	1,91	23	57,5	99,0	101,3	0,0	0,1
Klor A 6.3	6,68	16,85	7,07	17,82	3,95	1,09	3,83	1,05	23	57,5	29,0	29,3	30,7	31,0
Klor B 6.3	7,73	19,46	7,82	19,67	4,04	1,11	3,92	1,08	23	57,5	33,6	33,8	34,0	34,2
NCS A 6.3	11,28	29,27	11,24	29,18	4,05	1,11	3,96	1,09	23	57,5	49,0	50,9	48,9	50,7
NCS B 6.3	10,71	27,81	10,86	28,2	4,02	1,11	3,93	1,08	23	57,5	46,6	48,4	47,2	49,0
PA A 6.3	11,92	29,38	12,19	30,04	4,03	1,11	3,89	1,07	25	62	47,7	47,4	48,8	48,5
PA B 6.3	10,45	25,69	11,12	27,33	3,95	1,09	3,81	1,05	25	62	41,8	41,4	44,5	44,1
PP A 6.3	18,26	49,07	18,43	49,52	3,99	1,1	3,97	1,09	20	50	91,3	98,1	92,2	99,0
PP B 6.3	16,28	44,07	17,02	46,09	3,92	1,08	3,91	1,07	20	50	81,4	88,1	85,1	92,2
PTA A 6.3	6,89	16,72	7,22	17,53	3,99	1,1	3,83	1,05	23	57,5	30,0	29,1	31,4	30,5
PTA B 6.3	6,89	16,71	7,22	17,51	3,99	1,1	3,83	1,05	23	57,5	30,0	29,1	31,4	30,5
PVC A 6.3	10,02	25,49	10,38	26,4	3,99	1,1	3,88	1,07	11	27,5	91,1	92,7	94,4	96,0
PVC B 6.3	10,74	27,23	10,88	27,58	4,04	1,11	3,92	1,08	11	27,5	97,6	99,0	98,9	100,3
SkA A 6.3	19,06	49,31	20,02	51,79	3,95	1,09	3,86	1,06	23	57,5	82,9	85,8	87,0	90,1
SkA B 6.3	18,48	47,96	19,58	50,81	3,93	1,08	3,85	1,06	23	57,5	80,3	83,4	85,1	88,4
SkB A 6.3	15,58	39,87	16,16	41,34	3,98	1,09	3,88	1,07	23	57,5	67,7	69,3	70,3	71,9
SkB B 6.3	16,57	42,19	16,85	42,9	4,03	1,11	3,91	1,07	23	57,5	72,0	73,4	73,3	74,6
SkC A 6.3	14,55	36,72	15,21	38,39	3,97	1,09	3,86	1,06	23	57,5	63,3	63,9	66,1	66,8
SkC B 6.3	13,95	35,29	14,76	37,33	3,95	1,09	3,83	1,05	23	57,5	60,7	61,4	64,2	64,9
SkG A 6.3	5,56	13,45	5,51	13,34	4,1	1,13	3,94	1,08	25	62,5	22,2	21,5	22,0	21,3
SkG B 6.3	4,69	11,3	4,91	11,84	3,99	1,1	3,83	1,05	25	62,5	18,8	18,1	19,6	18,9
SkH A 6.3	8,69	21,48	8,71	21,52	4,07	1,12	3,92	1,08	25	62,5	34,8	34,4	34,8	34,4
SkH B 6.3	7,82	19,33	8,1	20,03	4	1,1	3,86	1,06	25	62,5	31,3	30,9	32,4	32,0
TAYPE A 6.0	17,32	45	0,11	0,28	6,59	1,9	6,61	1,91	25	62	69,3	72,6	0,4	0,5
TAYPE B 6.0	16,28	42,06	0,11	0,28	6,59	1,9	6,61	1,91	25	62	65,1	67,8	0,4	0,5
TAYPE-M 6.0	20,25	52,81	0,11	0,28	6,59	1,9	6,61	1,91	25	62	81,0	85,2	0,4	0,5
TM-01 A 6.3	14,06	35,9	14,88	37,99	3,94	1,08	3,84	1,06	23	57,5	61,1	62,4	64,7	66,1
TM-01 B 6.3	13,64	34,9	14,56	37,24	3,92	1,08	3,83	1,05	23	57,5	59,3	60,7	63,3	64,8
VCM A 6.3	8,47	20,85	8,58	21,12	4,05	1,11	3,9	1,07	9,6	24	88,2	86,9	89,4	88,0
VCM B 6.3	7,72	19	8,05	19,82	4	1,1	3,84	1,06	9,6	24	80,4	79,2	83,9	82,6
YYPE A 6.3	7,7	19,09	8,03	19,93	3,99	1,1	3,85	1,06	23	57,5	33,5	33,2	34,9	34,7
YYPE B 6.3	7,45	18,47	7,85	19,46	3,97	1,09	3,83	1,05	23	57,5	32,4	32,1	34,1	33,8
YYPE-M 6.3	11,98	30,16	0,11	0,28	6,91	1,9	6,95	1,91	23	57,5	52,1	52,5	0,5	0,5

Tablo B.9: Durum 5, 34,5 kV Ünite Çıkış Röleleri Ayarları

Fabrika		Hesaplananlar			Röle Değerleri				Röleye Göre Yüklenebilme Sınırları				Karşılaştırma					
		3Φ min		1Φ min									Trf S		Trf Ö		Trf Ö	
		Trf S	Trf Ö	Trf Ö	3Φ		1Φ		Trafo		Kablo		3Φ		3Φ		1Φ	
İsim	No	Ik"	Ik"	Ik"	0s	3s	0s	2s	0s	3s	0s	2s	0s	3s	0s	3s	0s	2s
		kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	pu	pu	pu	pu	pu	pu	pu	pu	pu	pu
ACN A	17	3,63	13,21	1,6	1	0,5	-	0,1	24	12,0	2,1	1,0	0,7	1	13,2	26	-	16
ACN B	58	3,63	13,47	1,6	1	0,5	-	0,1	24	12,0	2,1	1,0	0,7	1	13,5	27	-	16
Arom A	9	13,7	12,83	1,58	3	0,5	-	0,2	11	1,9	6,2	1,0	0,8	5	4,3	26	-	8
Arom B	66	13,76	13,02	1,58	3	0,5	-	0,2	11	1,9	6,2	1,0	0,8	5	4,3	26	-	8
AYPE A	21	14,8	13,75	1,62	3,5	0,5	-	0,2	14	2,0	7,2	1,0	0,8	5	3,9	28	-	8
AYPE B	54	14,87	14,12	1,63	3,5	0,5	-	0,2	14	2,0	7,2	1,0	0,8	5	4,0	28	-	8
AYPE-M A	22	12,16	13,76	1,62	4	0,5	-	0,2	16	2,0	8,3	1,0	0,6	4	3,4	28	-	8
AYPE-M B	53	12,18	14,12	1,63	4	0,5	-	0,2	16	2,0	8,3	1,0	0,6	4	3,5	28	-	8
E	35	15,05	15,38	1,69	4	1,5	-	0,2	12	4,5	4,9	1,8	0,7	2	3,8	10	-	8
F	40	15,07	15,45	1,68	4	1,5	-	0,2	12	4,5	4,9	1,8	0,7	2	3,9	10	-	8
EO/EG A	10	9,02	11,61	1,52	2	0,5	-	0,2	15	3,7	4,1	1,0	0,8	3	5,8	23	-	8
EO/EG B	65	9,03	11,79	1,53	2	0,5	-	0,2	15	3,7	4,1	1,0	0,8	3	5,9	24	-	8
Hava A	3	14,49	13,57	1,61	3,5	0,5	-	0,2	10	1,5	6,5	0,9	0,8	5	3,9	27	-	8
Hava B	72	14,45	13,31	1,59	3,5	0,5	-	0,2	10	1,5	6,5	0,9	0,8	5	3,8	27	-	8
Klor A	34	5,92	11	1,5	1,5	0,5	-	0,1	14	4,8	3,1	1,0	0,7	2	7,3	22	-	15
Klor B	41	5,94	11,32	1,51	1,5	0,5	-	0,1	14	4,8	3,1	1,0	0,7	2	7,5	23	-	15
NCS A	8	8,14	13,2	1,59	2	0,5	-	0,2	10	2,4	4,1	1,0	0,7	3	6,6	26	-	8
NCS B	67	8,13	12,96	1,58	2	0,5	-	0,2	10	2,4	4,1	1,0	0,7	3	6,5	26	-	8
PA A	18	9,17	13,43	1,6	2	0,5	-	0,1	15	3,7	4,1	1,0	0,8	3	6,7	27	-	16
PA B	57	9,15	13,19	1,59	2	0,5	-	0,1	15	3,7	4,1	1,0	0,8	3	6,6	26	-	16
PP A	14	12,84	13,8	1,62	3	0,5	-	0,2	11	1,9	6,2	1,0	0,8	5	4,6	28	-	8
PP B	61	12,81	13,6	1,61	3	0,5	-	0,2	11	1,9	6,2	1,0	0,8	5	4,5	27	-	8
PTA A	16	5,98	12,59	1,57	2	0,5	-	0,1	24	6,0	4,1	1,0	0,5	2	6,3	25	-	16
PTA B	50	5,98	12,38	1,56	2	0,5	-	0,1	24	6,0	4,1	1,0	0,5	2	6,2	25	-	16
PVC A	11	8,16	13,47	1,61	2	0,5	-	0,2	12	3,0	4,1	1,0	0,7	3	6,7	27	-	8
PVC B	64	8,14	13,22	1,59	2	0,5	-	0,2	12	3,0	4,1	1,0	0,7	3	6,6	26	-	8
SkA A	4	14,77	13,83	1,62	3,5	0,5	-	0,2	10	1,5	6,5	0,9	0,8	5	4,0	28	-	8
SkA B	71	14,81	14,05	1,63	3,5	0,5	-	0,2	10	1,5	6,5	0,9	0,8	5	4,0	28	-	8
SkB A	5	12,03	13,55	1,61	3,5	0,5	-	0,2	13	1,9	7,2	1,0	0,6	4	3,9	27	-	8
SkB B	70	11,99	13,19	1,59	3,5	0,5	-	0,2	13	1,9	7,2	1,0	0,6	4	3,8	26	-	8
SkC A	6	11,56	13,26	1,6	2,5	0,5	-	0,2	12	2,4	5,2	1,0	0,8	4	5,3	27	-	8
SkC B	69	11,58	13,42	1,6	2,5	0,5	-	0,2	12	2,4	5,2	1,0	0,8	4	5,4	27	-	8
SkG A	27	4,19	13,48	1,61	1,5	0,5	-	0,1	28	9,5	3,1	1,0	0,5	2	9,0	27	-	16
SkG B	48	4,19	13,53	1,6	1,5	0,5	-	0,1	28	9,5	3,1	1,0	0,5	2	9,0	27	-	16
SkH A	28	6,54	13,74	1,62	2	0,5	-	0,1	19	4,8	4,1	1,0	0,6	2	6,9	27	-	16
SkH B	47	6,54	13,8	1,62	2	0,5	-	0,1	19	4,8	4,1	1,0	0,6	2	6,9	28	-	16
TAYPE A	24	14,78	13,23	1,59	3,5	0,5	-	0,2	10	1,5	6,5	0,9	0,8	5	3,8	26	-	8
TAYPE B	52	13,95	13,21	1,59	3,5	0,5	-	0,2	10	1,5	6,5	0,9	0,7	5	3,8	26	-	8
TAYPE-M	51	13,95	13,21	1,59	4	0,5	-	0,2	12	1,5	7,4	0,9	0,6	5	3,3	26	-	8
TM-01 A	7	11,81	14,59	1,65	2,5	0,5	-	0,2	12	2,4	5,2	1,0	0,9	4	5,8	29	-	8
TM-01 B	68	11,83	14,8	1,66	2,5	0,5	-	0,2	12	2,4	5,2	1,0	0,9	4	5,9	30	-	8
VCM A	13	6,53	12,45	1,56	2	0,5	-	0,2	19	4,7	4,1	1,0	0,6	2	6,2	25	-	8
VCM B	62	6,54	12,68	1,57	2	0,5	-	0,2	19	4,7	4,1	1,0	0,6	2	6,3	25	-	8
YYPE A	15	6,61	14,33	1,64	3	0,5	-	0,2	28	4,7	6,2	1,0	0,4	2	4,8	29	-	8
YYPE B	60	6,6	14,12	1,63	3	0,5	-	0,2	28	4,7	6,2	1,0	0,4	2	4,7	28	-	8
YYPE-M	23	8,58	14,44	1,65	2,5	0,5	-	0,1	24	4,7	4,1	0,8	0,6	3	5,8	29	-	17

Tablo B.10: Durum 6, 34,5 kV Ünite Çıkış Röleleri Ayarları

Fabrika		Hesaplananlar			Röle Değerleri				Röleye Göre Yüklenebilme Sınırları				Karşılaştırma					
		3Φ min		1Φ min									Trf S		Trf Ö		Trf Ö	
		Trf S	Trf Ö	Trf Ö	3Φ		1Φ		Trafo		Kablo		3Φ		3Φ		1Φ	
İsim	No	Ik"	Ik"	İk"	0s	3s	0s	2s	0s	3s	0s	2s	0s	3s	0s	3s	0s	2s
		kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	pu	pu	pu	pu	pu	pu	pu	pu	pu	pu
ACN A	17	3,61	12,1	1,34	1	0,5	-	0,1	24	12,0	2,1	1,0	0,7	1	12,1	24	-	13
ACN B	58	3,57	10,16	1,34	1	0,5	-	0,1	24	12,0	2,1	1,0	0,7	1	10,2	20	-	13
Arom A	9	13,46	11,79	1,33	3	0,5	-	0,2	11	1,9	6,2	1,0	0,8	5	3,9	24	-	7
Arom B	66	12,96	9,91	1,33	3	0,5	-	0,2	11	1,9	6,2	1,0	0,8	5	3,3	20	-	7
AYPE A	21	14,52	12,55	1,36	3,5	0,5	-	0,2	14	2,0	7,2	1,0	0,8	5	3,6	25	-	7
AYPE B	54	13,94	10,51	1,36	3,5	0,5	-	0,2	14	2,0	7,2	1,0	0,7	5	3,0	21	-	7
AYPE-M A	22	11,97	12,56	1,36	4	0,5	-	0,2	16	2,0	8,3	1,0	0,5	4	3,1	25	-	7
AYPE-M B	53	11,56	10,51	1,36	4	0,5	-	0,2	16	2,0	8,3	1,0	0,5	4	2,6	21	-	7
E	35	14,45	12,47	1,4	4	1,5	-	0,2	12	4,5	4,9	1,8	0,7	2	3,1	8	-	7
F	40	14,12	11,21	1,4	4	1,5	-	0,2	12	4,5	4,9	1,8	0,6	2	2,8	7	-	7
EO/EG A	10	8,91	10,76	1,29	2	0,5	-	0,2	15	3,7	4,1	1,0	0,8	3	5,4	22	-	6
EO/EG B	65	8,69	9,22	1,29	2	0,5	-	0,2	15	3,7	4,1	1,0	0,8	3	4,6	18	-	6
Hava A	3	14,23	12,4	1,35	3,5	0,5	-	0,2	10	1,5	6,5	0,9	0,7	5	3,5	25	-	7
Hava B	72	13,57	10,07	1,34	3,5	0,5	-	0,2	10	1,5	6,5	0,9	0,7	5	2,9	20	-	7
Klor A	34	5,88	10,25	1,27	1,5	0,5	-	0,1	14	4,8	3,1	1,0	0,7	2	6,8	21	-	13
Klor B	41	5,79	8,94	1,27	1,5	0,5	-	0,1	14	4,8	3,1	1,0	0,7	2	6,0	18	-	13
NCS A	8	8,06	12,09	1,34	2	0,5	-	0,2	10	2,4	4,1	1,0	0,7	3	6,0	24	-	7
NCS B	67	7,84	9,88	1,33	2	0,5	-	0,2	10	2,4	4,1	1,0	0,7	3	4,9	20	-	7
PA A	18	9,07	12,29	1,35	2	0,5	-	0,1	15	3,7	4,1	1,0	0,8	3	6,1	25	-	14
PA B	57	8,79	10	1,33	2	0,5	-	0,1	15	3,7	4,1	1,0	0,8	3	5,0	20	-	13
PP A	14	12,63	12,59	1,36	3	0,5	-	0,2	11	1,9	6,2	1,0	0,8	5	4,2	25	-	7
PP B	61	12,12	10,23	1,34	3	0,5	-	0,2	11	1,9	6,2	1,0	0,7	4	3,4	20	-	7
PTA A	16	5,94	11,59	1,32	2	0,5	-	0,1	24	6,0	4,1	1,0	0,5	2	5,8	23	-	13
PTA B	50	5,82	9,55	1,31	2	0,5	-	0,1	24	6,0	4,1	1,0	0,5	2	4,8	19	-	13
PVC A	11	8,07	12,32	1,35	2	0,5	-	0,2	12	3,0	4,1	1,0	0,7	3	6,2	25	-	7
PVC B	64	7,86	10,02	1,33	2	0,5	-	0,2	12	3,0	4,1	1,0	0,7	3	5,0	20	-	7
SkA A	4	14,49	12,62	1,36	3,5	0,5	-	0,2	10	1,5	6,5	0,9	0,8	5	3,6	25	-	7
SkA B	71	13,89	10,47	1,36	3,5	0,5	-	0,2	10	1,5	6,5	0,9	0,7	5	3,0	21	-	7
SkB A	5	11,85	12,38	1,35	3,5	0,5	-	0,2	13	1,9	7,2	1,0	0,6	4	3,5	25	-	7
SkB B	70	11,38	10,01	1,33	3,5	0,5	-	0,2	13	1,9	7,2	1,0	0,6	4	2,9	20	-	7
SkC A	6	11,39	12,14	1,34	2,5	0,5	-	0,2	12	2,4	5,2	1,0	0,8	4	4,9	24	-	7
SkC B	69	11,01	10,13	1,34	2,5	0,5	-	0,2	12	2,4	5,2	1,0	0,8	4	4,1	20	-	7
SkG A	27	4,17	12,33	1,35	1,5	0,5	-	0,1	28	9,5	3,1	1,0	0,5	2	8,2	25	-	14
SkG B	48	4,11	10,19	1,34	1,5	0,5	-	0,1	28	9,5	3,1	1,0	0,5	2	6,8	20	-	13
SkH A	28	6,48	12,54	1,36	2	0,5	-	0,1	19	4,8	4,1	1,0	0,6	2	6,3	25	-	14
SkH B	47	6,36	10,34	1,35	2	0,5	-	0,1	19	4,8	4,1	1,0	0,6	2	5,2	21	-	14
TAYPE A	24	14,57	12,12	1,34	3,5	0,5	-	0,2	10	1,5	6,5	0,9	0,8	5	3,5	24	-	7
TAYPE B	52	13,09	10,01	1,33	3,5	0,5	-	0,2	10	1,5	6,5	0,9	0,7	5	2,9	20	-	7
TAYPE-M	51	13,09	10,01	1,33	4	0,5	-	0,2	12	1,5	7,4	0,9	0,6	5	2,5	20	-	7
TM-01 A	7	11,63	13,24	1,38	2,5	0,5	-	0,2	12	2,4	5,2	1,0	0,8	4	5,3	26	-	7
TM-01 B	68	11,24	10,87	1,38	2,5	0,5	-	0,2	12	2,4	5,2	1,0	0,8	4	4,3	22	-	7
VCM A	13	6,48	11,47	1,32	2	0,5	-	0,2	19	4,7	4,1	1,0	0,6	2	5,7	23	-	7
VCM B	62	6,36	9,72	1,32	2	0,5	-	0,2	19	4,7	4,1	1,0	0,6	2	4,9	19	-	7
YYPE A	15	6,55	13,03	1,38	3	0,5	-	0,2	28	4,7	6,2	1,0	0,4	2	4,3	26	-	7
YYPE B	60	6,41	10,51	1,36	3	0,5	-	0,2	28	4,7	6,2	1,0	0,4	2	3,5	21	-	7
YYPE-M	23	8,49	13,11	1,38	2,5	0,5	-	0,1	24	4,7	4,1	0,8	0,6	3	5,2	26	-	14

Tablo B.11: Durum 7, 34,5 kV Ünite Çıkış Röleleri Ayarları

Fabrika		Hesaplananlar			Röle Değerleri				Röleye Göre Yüklenebilme Sınırları				Karşılaştırma					
		3Φ min		1Φ min									Trf S		Trf Ö		Trf Ö	
		Trf S	Trf Ö	Trf Ö	3Φ		1Φ		Trafo		Kablo		3Φ		3Φ		1Φ	
İsim	No	Ik"	Ik"	Ik"	0s	3s	0s	2s	0s	3s	0s	2s	0s	3s	0s	3s	0s	2s
		kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	pu	pu	pu	pu	pu	pu	pu	pu	pu	pu
ACN A	17	3,61	12,1	1,34	1	0,5	-	0,1	24	12,0	2,1	1,0	0,7	1	12,1	24	-	13
ACN B	58	3,57	10,16	1,34	1	0,5	-	0,1	24	12,0	2,1	1,0	0,7	1	10,2	20	-	13
Arom A	9	13,46	11,79	1,33	3	0,5	-	0,2	11	1,9	6,2	1,0	0,8	5	3,9	24	-	7
Arom B	66	11,53	9,91	1,33	3	0,5	-	0,2	11	1,9	6,2	1,0	0,7	4	3,3	20	-	7
AYPE A	21	14,52	12,55	1,36	3,5	0,5	-	0,2	14	2,0	7,2	1,0	0,8	5	3,6	25	-	7
AYPE B	54	12,3	6,78	0,28	3,5	0,5	-	0,2	14	2,0	7,2	1,0	0,6	4	1,9	14	-	1
AYPE-M A	22	11,97	12,56	1,36	4	0,5	-	0,2	16	2,0	8,3	1,0	0,5	4	3,1	25	-	7
AYPE-M B	53	11,56	6,78	0,28	4	0,5	-	0,2	16	2,0	8,3	1,0	0,5	4	1,7	14	-	1
E	35	14,45	12,47	1,4	4	1,5	-	0,2	12	4,5	4,9	1,8	0,7	2	3,1	8	-	7
F	40	14,12	11,21	1,4	4	1,5	-	0,2	12	4,5	4,9	1,8	0,6	2	2,8	7	-	7
EO/EG A	10	8,91	10,76	1,29	2	0,5	-	0,2	15	3,7	4,1	1,0	0,8	3	5,4	22	-	6
EO/EG B	65	8,69	9,22	1,29	2	0,5	-	0,2	15	3,7	4,1	1,0	0,8	3	4,6	18	-	6
Hava A	3	14,23	12,4	1,35	3,5	0,5	-	0,2	10	1,5	6,5	0,9	0,7	5	3,5	25	-	7
Hava B	72	13,57	10,07	1,34	3,5	0,5	-	0,2	10	1,5	6,5	0,9	0,7	5	2,9	20	-	7
Klor A	34	5,88	10,25	1,27	1,5	0,5	-	0,1	14	4,8	3,1	1,0	0,7	2	6,8	21	-	13
Klor B	41	5,79	8,94	1,27	1,5	0,5	-	0,1	14	4,8	3,1	1,0	0,7	2	6,0	18	-	13
NCS A	8	8,06	12,09	1,34	2	0,5	-	0,2	10	2,4	4,1	1,0	0,7	3	6,0	24	-	7
NCS B	67	7,84	9,88	1,33	2	0,5	-	0,2	10	2,4	4,1	1,0	0,7	3	4,9	20	-	7
PA A	18	9,07	12,29	1,35	2	0,5	-	0,1	15	3,7	4,1	1,0	0,8	3	6,1	25	-	14
PA B	57	8,79	10	1,33	2	0,5	-	0,1	15	3,7	4,1	1,0	0,8	3	5,0	20	-	13
PP A	14	12,63	12,59	1,36	3	0,5	-	0,2	11	1,9	6,2	1,0	0,8	5	4,2	25	-	7
PP B	61	12,12	10,23	1,34	3	0,5	-	0,2	11	1,9	6,2	1,0	0,7	4	3,4	20	-	7
PTA A	16	5,94	11,59	1,32	2	0,5	-	0,1	24	6,0	4,1	1,0	0,5	2	5,8	23	-	13
PTA B	50	5,82	9,55	1,31	2	0,5	-	0,1	24	6,0	4,1	1,0	0,5	2	4,8	19	-	13
PVC A	11	8,07	12,32	1,35	2	0,5	-	0,2	12	3,0	4,1	1,0	0,7	3	6,2	25	-	7
PVC B	64	7,86	10,02	1,33	2	0,5	-	0,2	12	3,0	4,1	1,0	0,7	3	5,0	20	-	7
SkA A	4	14,49	12,62	1,36	3,5	0,5	-	0,2	10	1,5	6,5	0,9	0,8	5	3,6	25	-	7
SkA B	71	13,89	10,47	1,36	3,5	0,5	-	0,2	10	1,5	6,5	0,9	0,7	5	3,0	21	-	7
SkB A	5	11,85	12,38	1,35	3,5	0,5	-	0,2	13	1,9	7,2	1,0	0,6	4	3,5	25	-	7
SkB B	70	11,38	10,01	1,33	3,5	0,5	-	0,2	13	1,9	7,2	1,0	0,6	4	2,9	20	-	7
SkC A	6	11,39	12,14	1,34	2,5	0,5	-	0,2	12	2,4	5,2	1,0	0,8	4	4,9	24	-	7
SkC B	69	11,01	10,13	1,34	2,5	0,5	-	0,2	12	2,4	5,2	1,0	0,8	4	4,1	20	-	7
SkG A	27	4,17	12,33	1,35	1,5	0,5	-	0,1	28	9,5	3,1	1,0	0,5	2	8,2	25	-	14
SkG B	48	4,11	10,19	1,34	1,5	0,5	-	0,1	28	9,5	3,1	1,0	0,5	2	6,8	20	-	13
SkH A	28	6,48	12,54	1,36	2	0,5	-	0,1	19	4,8	4,1	1,0	0,6	2	6,3	25	-	14
SkH B	47	6,36	10,34	1,35	2	0,5	-	0,1	19	4,8	4,1	1,0	0,6	2	5,2	21	-	14
TAYPE A	24	14,57	12,12	1,34	3,5	0,5	-	0,2	10	1,5	6,5	0,9	0,8	5	3,5	24	-	7
TAYPE B	52	13,09	10,01	1,33	3,5	0,5	-	0,2	10	1,5	6,5	0,9	0,7	5	2,9	20	-	7
TAYPE-M	51	13,09	10,01	1,33	4	0,5	-	0,2	12	1,5	7,4	0,9	0,6	5	2,5	20	-	7
TM-01 A	7	11,63	13,24	1,38	2,5	0,5	-	0,2	12	2,4	5,2	1,0	0,8	4	5,3	26	-	7
TM-01 B	68	11,24	10,87	1,38	2,5	0,5	-	0,2	12	2,4	5,2	1,0	0,8	4	4,3	22	-	7
VCM A	13	6,48	11,47	1,32	2	0,5	-	0,2	19	4,7	4,1	1,0	0,6	2	5,7	23	-	7
VCM B	62	6,36	9,72	1,32	2	0,5	-	0,2	19	4,7	4,1	1,0	0,6	2	4,9	19	-	7
YYPE A	15	6,55	13,03	1,38	3	0,5	-	0,2	28	4,7	6,2	1,0	0,4	2	4,3	26	-	7
YYPE B	60	6,41	10,51	1,36	3	0,5	-	0,2	28	4,7	6,2	1,0	0,4	2	3,5	21	-	7
YYPE-M	23	8,49	13,11	1,38	2,5	0,5	-	0,1	24	4,7	4,1	0,8	0,6	3	5,2	26	-	14

Tablo B.12: Durum 8, 34,5 kV Ünite Çıkış Röleleri Ayarları

Fabrika		Hesaplananlar			Röle Değerleri				Röleye Göre Yüklenebilme Sınırları				Karşılaştırma					
		3Φ min		1Φ min									Trf S		Trf Ö		Trf Ö	
		Trf S	Trf Ö	Trf Ö	3Φ		1Φ		Trafo		Kablo		3Φ		3Φ		1Φ	
İsim	No	Ik"	Ik"	Ik"	0s	3s	0s	2s	0s	3s	0s	2s	0s	3s	0s	3s	0s	2s
		kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	pu	pu	pu	pu	pu	pu	pu	pu	pu	pu
ACN A	17	3,63	13,66	1,6	1	0,5	-	0,1	24	12,0	2,1	1,0	0,7	1	13,7	27	-	16
ACN B	58	3,64	13,93	1,6	1	0,5	-	0,1	24	12,0	2,1	1,0	0,7	1	13,9	28	-	16
Arom A	9	13,78	13,25	1,58	3	0,5	-	0,2	11	1,9	6,2	1,0	0,8	5	4,4	27	-	8
Arom B	66	13,84	13,44	1,58	3	0,5	-	0,2	11	1,9	6,2	1,0	0,8	5	4,5	27	-	8
AYPE A	21	14,9	14,25	1,62	3,5	0,5	-	0,2	14	2,0	7,2	1,0	0,8	5	4,1	29	-	8
AYPE B	54	14,97	14,63	1,63	3,5	0,5	-	0,2	14	2,0	7,2	1,0	0,8	5	4,2	29	-	8
AYPE-M A	22	12,22	14,25	1,62	4	0,5	-	0,2	16	2,0	8,3	1,0	0,6	4	3,6	29	-	8
AYPE-M B	53	12,25	14,63	1,63	4	0,5	-	0,2	16	2,0	8,3	1,0	0,6	4	3,7	29	-	8
E	35	15,16	16,01	1,69	4	1,5	-	0,2	12	4,5	4,9	1,8	0,7	2	4,0	11	-	8
F	40	15,17	16,07	1,69	4	1,5	-	0,2	12	4,5	4,9	1,8	0,7	2	4,0	11	-	8
EO/EG A	10	9,05	11,94	1,53	2	0,5	-	0,2	15	3,7	4,1	1,0	0,8	3	6,0	24	-	8
EO/EG B	65	9,07	12,13	1,53	2	0,5	-	0,2	15	3,7	4,1	1,0	0,8	3	6,1	24	-	8
Hava A	3	14,59	14,05	1,61	3,5	0,5	-	0,2	10	1,5	6,5	0,9	0,8	5	4,0	28	-	8
Hava B	72	14,54	13,76	1,6	3,5	0,5	-	0,2	10	1,5	6,5	0,9	0,8	5	3,9	28	-	8
Klor A	34	5,94	11,3	1,5	1,5	0,5	-	0,1	14	4,8	3,1	1,0	0,7	2	7,5	23	-	15
Klor B	41	5,95	11,63	1,51	1,5	0,5	-	0,1	14	4,8	3,1	1,0	0,7	2	7,8	23	-	15
NCS A	8	8,17	13,65	1,6	2	0,5	-	0,2	10	2,4	4,1	1,0	0,7	3	6,8	27	-	8
NCS B	67	8,16	13,37	1,58	2	0,5	-	0,2	10	2,4	4,1	1,0	0,7	3	6,7	27	-	8
PA A	18	9,21	13,9	1,61	2	0,5	-	0,1	15	3,7	4,1	1,0	0,8	3	7,0	28	-	16
PA B	57	9,19	13,62	1,59	2	0,5	-	0,1	15	3,7	4,1	1,0	0,8	3	6,8	27	-	16
PP A	14	12,91	14,29	1,62	3	0,5	-	0,2	11	1,9	6,2	1,0	0,8	5	4,8	29	-	8
PP B	61	12,89	14,07	1,61	3	0,5	-	0,2	11	1,9	6,2	1,0	0,8	5	4,7	28	-	8
PTA A	16	6	12,99	1,57	2	0,5	-	0,1	24	6,0	4,1	1,0	0,5	2	6,5	26	-	16
PTA B	50	5,99	12,76	1,56	2	0,5	-	0,1	24	6,0	4,1	1,0	0,5	2	6,4	26	-	16
PVC A	11	8,19	13,94	1,61	2	0,5	-	0,2	12	3,0	4,1	1,0	0,7	3	7,0	28	-	8
PVC B	64	8,17	13,66	1,59	2	0,5	-	0,2	12	3,0	4,1	1,0	0,7	3	6,8	27	-	8
SkA A	4	14,87	14,33	1,62	3,5	0,5	-	0,2	10	1,5	6,5	0,9	0,8	5	4,1	29	-	8
SkA B	71	14,91	14,55	1,63	3,5	0,5	-	0,2	10	1,5	6,5	0,9	0,8	5	4,2	29	-	8
SkB A	5	12,1	14,02	1,61	3,5	0,5	-	0,2	13	1,9	7,2	1,0	0,6	4	4,0	28	-	8
SkB B	70	12,05	13,63	1,59	3,5	0,5	-	0,2	13	1,9	7,2	1,0	0,6	4	3,9	27	-	8
SkC A	6	11,62	13,71	1,6	2,5	0,5	-	0,2	12	2,4	5,2	1,0	0,8	4	5,5	27	-	8
SkC B	69	11,64	13,87	1,6	2,5	0,5	-	0,2	12	2,4	5,2	1,0	0,9	4	5,5	28	-	8
SkG A	27	4,2	13,95	1,61	1,5	0,5	-	0,1	28	9,5	3,1	1,0	0,5	2	9,3	28	-	16
SkG B	48	4,2	13,99	1,61	1,5	0,5	-	0,1	28	9,5	3,1	1,0	0,5	2	9,3	28	-	16
SkH A	28	6,56	14,23	1,62	2	0,5	-	0,1	19	4,8	4,1	1,0	0,6	2	7,1	28	-	16
SkH B	47	6,56	14,28	1,62	2	0,5	-	0,1	19	4,8	4,1	1,0	0,6	2	7,1	29	-	16
TAYPE A	24	14,86	13,68	1,59	3,5	0,5	-	0,2	10	1,5	6,5	0,9	0,8	5	3,9	27	-	8
TAYPE B	52	14,04	13,65	1,59	3,5	0,5	-	0,2	10	1,5	6,5	0,9	0,7	5	3,9	27	-	8
TAYPE-M	51	14,04	13,65	1,59	4	0,5	-	0,2	12	1,5	7,4	0,9	0,6	5	3,4	27	-	8
TM-01 A	7	11,87	15,15	1,65	2,5	0,5	-	0,2	12	2,4	5,2	1,0	0,9	4	6,1	30	-	8
TM-01 B	68	11,89	15,36	1,66	2,5	0,5	-	0,2	12	2,4	5,2	1,0	0,9	4	6,1	31	-	8
VCM A	13	6,55	12,84	1,56	2	0,5	-	0,2	19	4,7	4,1	1,0	0,6	2	6,4	26	-	8
VCM B	62	6,56	13,08	1,57	2	0,5	-	0,2	19	4,7	4,1	1,0	0,6	2	6,5	26	-	8
YYPE A	15	6,63	14,87	1,64	3	0,5	-	0,2	28	4,7	6,2	1,0	0,4	2	5,0	30	-	8
YYPE B	60	6,62	14,62	1,63	3	0,5	-	0,2	28	4,7	6,2	1,0	0,4	2	4,9	29	-	8
YYPE-M	23	8,61	14,98	1,66	2,5	0,5	-	0,1	24	4,7	4,1	0,8	0,6	3	6,0	30	-	17

Tablo B.13: Durum 5, TEİAŞ Röleleri Ayarları

Fabrika		Hesaplananlar			Röle Değerleri				Röleye Göre Yüklenebilme Sınırları				Karşılaştırma					
		3Φ min		1Φ min									Teiaş		Reak Öncesi		Teiaş	
		Teiaş	Rea Ö	Teiaş	3Φ		1Φ		Trafo		Kablo		3Φ		3Φ		1Φ	
İsim	No	Ik"	Ik"	Ik"	0,02s	0,15s	0s	2s	0,02s	0,15s	0,02s	0,15s	0,02s	0,15s	0,02s	0,15s	0s	2s
		kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	pu	pu	pu	pu	pu	pu	pu	pu	pu	pu
T21	19	0,6	5,92	0,28	14	1	-	0,8	8,4	0,6	4,3	0,3	0,2	2,7	0,4	5,9	-	1,6
T22	56	0,6	5,94	0,18	14	1	-	0,8	8,4	0,6	4,3	0,3	0,2	2,7	0,4	5,9	-	1,0

Tablo B.14: Durum 6, TEİAŞ Röleleri Ayarları

Fabrika		Hesaplananlar			Röle Değerleri				Röleye Göre Yüklenebilme Sınırları				Karşılaştırma					
		3Φ min		1Φ min									Teiaş		Reak Öncesi		Teiaş	
		Teiaş	Rea Ö	Teiaş	3Φ		1Φ		Trafo		Kablo		3Φ		3Φ		1Φ	
İsim	No	Ik"	Ik"	Ik"	0,02s	0,15s	0s	2s	0,02s	0,15s	0,02s	0,15s	0,02s	0,15s	0,02s	0,15s	0s	2s
		kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	pu	pu	pu	pu	pu	pu	pu	pu	pu	pu
T21	19	0,74	5,48	0,93	14	1	-	0,8	8,4	0,6	4,3	0,3	0,2	3,3	0,4	5,5	-	5,2
T22	56	0	0	0,09	14	1	-	0,8	8,4	0,6	4,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,5

Tablo B.15: Durum 7, TEİAŞ Röleleri Ayarları

Fabrika		Hesaplananlar			Röle Değerleri				Röleye Göre Yüklenebilme Sınırları				Karşılaştırma					
		3Φ min		1Φ min									Teiaş		Reak Öncesi		Teiaş	
		Teiaş	Rea Ö	Teiaş	3Φ		1Φ		Trafo		Kablo		3Φ		3Φ		1Φ	
İsim	No	Ik"	Ik"	Ik"	0,02s	0,15s	0s	2s	0,02s	0,15s	0,02s	0,15s	0,02s	0,15s	0,02s	0,15s	0s	2s
		kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	pu	pu	pu	pu	pu	pu	pu	pu	pu	pu
T21	19	0,74	5,48	0,93	14	1	-	0,8	8,4	0,6	4,3	0,3	0,2	3,3	0,4	5,5	-	5,2
T22	56	0	0	0,09	14	1	-	0,8	8,4	0,6	4,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,5

Tablo B.16: Durum 8, TEİAŞ Röleleri Ayarları

Fabrika		Hesaplananlar			Röle Değerleri				Röleye Göre Yüklenebilme Sınırları				Karşılaştırma					
		3Φ min		1Φ min									Teiaş		Reak Öncesi		Teiaş	
		Teiaş	Rea Ö	Teiaş	3Φ		1Φ		Trafo		Kablo		3Φ		3Φ		1Φ	
İsim	No	Ik"	Ik"	Ik"	0,02s	0,15s	0s	2s	0,02s	0,15s	0,02s	0,15s	0,02s	0,15s	0,02s	0,15s	0s	2s
		kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	pu	pu	pu	pu	pu	pu	pu	pu	pu	pu
T21	19	0,6	14,15	0,22	14	1	-	0,8	8,4	0,6	4,3	0,3	0,2	2,7	1,0	14,2	-	1,2
T22	56	0,6	14,16	0,22	14	1	-	0,8	8,4	0,6	4,3	0,3	0,2	2,7	1,0	14,2	-	1,2

Tablo B.17: Durum 5, A,B,C ve D Bara Arızalarının Hissedilmesi

A Barası Arızası		Hesaplananlar		Röle Değerleri				Karşılaştırma				Normal Çalışma Akımı
		3Φ min	1Φ min	3Φ		1Φ		3Φ		1Φ		
Kaynak	No	Ik"	Ik"	0s	3s	0s	2s	0s	3s	0s	2s	In
		kA	kA	kA	kA	kA	kA	pu	pu	pu	pu	kA
A-C Kuplaj	2(1)	5,93	0,80	-	-	-	-	-	-	-	-	2,154
T21	19	6,95	0,56	14	1	-	0,8	0,5	7,0	-	0,7	1,67
B Barası Arızası		Hesaplananlar		Röle Değerleri				Karşılaştırma				Normal Çalışma Akımı
		3Φ min	1Φ min	3Φ		1Φ		3Φ		1Φ		
Kaynak	No	Ik"	Ik"	0s	3s	0s	2s	0s	3s	0s	2s	In
		kA	kA	kA	kA	kA	kA	pu	pu	pu	pu	kA
B-D Kuplaj	73(1)	5,95	0,95	-	-	-	-	-	-	-	-	2,154
T22	56	6,95	0,43	14	1	-	0,8	0,5	7,0	-	0,5	1,67
C Barası Arızası		Hesaplananlar		Röle Değerleri				Karşılaştırma				Normal Çalışma Akımı
		3Φ min	1Φ min	3Φ		1Φ		3Φ		1Φ		
Kaynak	No	Ik"	Ik"	0s	3s	0s	2s	0s	3s	0s	2s	In
		kA	kA	kA	kA	kA	kA	pu	pu	pu	pu	kA
C-A Kuplaj	2	4,45	0,41	-	-	-	-	-	-	-	-	2,154
C-D Kuplaj	37	5,58	0,65	-	-	-	-	-	-	-	-	2,154
T11	12	1,38	0,24	-	-	-	-	-	-	-	-	0,37
T12	26	3,81	0,39	-	-	-	-	-	-	-	-	1,33
D Barası Arızası		Hesaplananlar		Röle Değerleri				Karşılaştırma				Normal Çalışma Akımı
		3Φ min	1Φ min	3Φ		1Φ		3Φ		1Φ		
Kaynak	No	Ik"	Ik"	0s	3s	0s	2s	0s	3s	0s	2s	In
		kA	kA	kA	kA	kA	kA	pu	pu	pu	pu	kA
D-C Kuplaj	38	5,54	0,71	-	-	-	-	-	-	-	-	2,154
D-B Kuplaj	73	4,45	0,40	-	-	-	-	-	-	-	-	2,154
T13	49	3,81	0,37	-	-	-	-	-	-	-	-	1,33
T14	63	1,75	0,27	-	-	-	-	-	-	-	-	0,46

Tablo B.18: Durum 6, A,B,C ve D Bara Arızalarının Hissedilmesi

A Barası Arızası		Hesaplananlar		Röle Değerleri				Karşılaştırma				Normal Çalışma Akımı
		3Φ min	1Φ min	3Φ		1Φ		3Φ		1Φ		
İsim	No	Ik"	Ik"	0s	3s	0s	2s	0s	3s	0s	2s	In
		kA	kA	kA	kA	kA	kA	pu	pu	pu	pu	kA
A-C Kuplaj	2(1)	5,48	0,81	-	-	-	-	-	-	-	-	2,154
T21	19	7,06	0,38	14	1	-	0,8	0,5	7,1	-	0,5	1,67
B Barası Arızası		Hesaplananlar		Röle Değerleri				Karşılaştırma				Normal Çalışma Akımı
		3Φ min	1Φ min	3Φ		1Φ		3Φ		1Φ		
İsim	No	Ik"	Ik"	0s	3s	0s	2s	0s	3s	0s	2s	In
		kA	kA	kA	kA	kA	kA	pu	pu	pu	pu	kA
B-D Kuplaj	73(1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,154
T22	56	7,09	0,28	14	1	-	0,8	0,5	7,1	-	0,4	1,67
C Barası Arızası		Hesaplananlar		Röle Değerleri				Karşılaştırma				Normal Çalışma Akımı
		3Φ min	1Φ min	3Φ		1Φ		3Φ		1Φ		
İsim	No	Ik"	Ik"	0s	3s	0s	2s	0s	3s	0s	2s	In
		kA	kA	kA	kA	kA	kA	pu	pu	pu	pu	kA
C-A Kuplaj	2	4,6	0,29	-	-	-	-	-	-	-	-	2,154
C-D Kuplaj	37	3,91	0,41	-	-	-	-	-	-	-	-	2,154
T11	12	1,38	0,16	-	-	-	-	-	-	-	-	0,37
T12	26	3,81	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	1,33
D Barası Arızası		Hesaplananlar		Röle Değerleri				Karşılaştırma				Normal Çalışma Akımı
		3Φ min	1Φ min	3Φ		1Φ		3Φ		1Φ		
İsim	No	Ik"	Ik"	0s	3s	0s	2s	0s	3s	0s	2s	In
		kA	kA	kA	kA	kA	kA	pu	pu	pu	pu	kA
D-C Kuplaj	38	5,71	0,79	-	-	-	-	-	-	-	-	2,154
D-B Kuplaj	73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,154
T13	49	3,81	0,39	-	-	-	-	-	-	-	-	1,33
T14	63	1,75	0,24	-	-	-	-	-	-	-	-	0,46

Tablo B.19: Durum 7, A,B,C ve D Bara Arızalarının Hissedilmesi

A Barası Arızası		Hesaplananlar		Röle Değerleri				Karşılaştırma				Normal Çalışma Akımı
		3Φ min	1Φ min	3Φ		1Φ		3Φ		1Φ		
İsim	No	Ik"	Ik"	0s	3s	0s	2s	0s	3s	0s	2s	In
		kA	kA	kA	kA	kA	kA	pu	pu	pu	pu	kA
A-C Kuplaj	2(1)	5,48	0,81	-	-	-	-	-	-	-	-	2,154
T21	19	7,06	0,38	14	1	-	0,8	0,5	7,1	-	0,5	1,67
B Barası Arızası		Hesaplananlar		Röle Değerleri				Karşılaştırma				Normal Çalışma Akımı
		3Φ min	1Φ min	3Φ		1Φ		3Φ		1Φ		
İsim	No	Ik"	Ik"	0s	3s	0s	2s	0s	3s	0s	2s	In
		kA	kA	kA	kA	kA	kA	pu	pu	pu	pu	kA
B-D Kuplaj	73(1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,154
T22	56	7,09	0,28	14	1	-	0,8	0,5	7,1	-	0,4	1,67
C Barası Arızası		Hesaplananlar		Röle Değerleri				Karşılaştırma				Normal Çalışma Akımı
		3Φ min	1Φ min	3Φ		1Φ		3Φ		1Φ		
İsim	No	Ik"	Ik"	0s	3s	0s	2s	0s	3s	0s	2s	In
		kA	kA	kA	kA	kA	kA	pu	pu	pu	pu	kA
C-A Kuplaj	2	4,6	0,29	-	-	-	-	-	-	-	-	2,154
C-D Kuplaj	37	3,91	0,41	-	-	-	-	-	-	-	-	2,154
T11	12	1,38	0,16	-	-	-	-	-	-	-	-	0,37
T12	26	3,81	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	1,33
D Barası Arızası		Hesaplananlar		Röle Değerleri				Karşılaştırma				Normal Çalışma Akımı
		3Φ min	1Φ min	3Φ		1Φ		3Φ		1Φ		
İsim	No	Ik"	Ik"	0s	3s	0s	2s	0s	3s	0s	2s	In
		kA	kA	kA	kA	kA	kA	pu	pu	pu	pu	kA
D-C Kuplaj	38	5,71	0,79	-	-	-	-	-	-	-	-	2,154
D-B Kuplaj	73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,154
T13	49	3,81	0,39	-	-	-	-	-	-	-	-	1,33
T14	63	1,75	0,24	-	-	-	-	-	-	-	-	0,46

Tablo B.20: Durum 8, A,B,C ve D Bara Arızalarının Hissedilmesi

A Barası Arızası		Hesaplananlar		Röle Değerleri				Karşılaştırma				Normal Çalışma Akımı
		3Φ min	1Φ min	3Φ		1Φ		3Φ		1Φ		
İsim	No	Ik"	Ik"	0s	3s	0s	2s	0s	3s	0s	2s	In
		kA	kA	kA	kA	kA	kA	pu	pu	pu	pu	kA
A-C Kuplaj	2(1)	3,88	0,38	-	-	-	-	-	-	-	-	2,154
T21	19	6,43	0,58	14	1	-	0,8	0,5	6,4	-	0,7	1,67
A-B Kuplaj1		5,16	0,42	-	-	-	-	-	-	-	-	2,154
A-B Kuplaj2		5,16	0,42	-	-	-	-	-	-	-	-	2,154
B Barası Arızası		Hesaplananlar		Röle Değerleri				Karşılaştırma				Normal Çalışma Akımı
		3Φ min	1Φ min	3Φ		1Φ		3Φ		1Φ		
İsim	No	Ik"	Ik"	0s	3s	0s	2s	0s	3s	0s	2s	In
		kA	kA	kA	kA	kA	kA	pu	pu	pu	pu	kA
B-D Kuplaj	73(1)	3,9	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	2,154
T22	56	6,43	0,58	14	1	-	0,8	0,5	6,4	-	0,7	1,67
A-B Kuplaj1		5,15	0,42	-	-	-	-	-	-	-	-	2,154
A-B Kuplaj2		5,15	0,42	-	-	-	-	-	-	-	-	2,154
C Barası Arızası		Hesaplananlar		Röle Değerleri				Karşılaştırma				Normal Çalışma Akımı
		3Φ min	1Φ min	3Φ		1Φ		3Φ		1Φ		
İsim	No	Ik"	Ik"	0s	3s	0s	2s	0s	3s	0s	2s	In
		kA	kA	kA	kA	kA	kA	pu	pu	pu	pu	kA
C-A Kuplaj	2	5,93	0,62	-	-	-	-	-	-	-	-	2,154
C-D Kuplaj	37	4,74	0,51	-	-	-	-	-	-	-	-	2,154
T11	12	1,38	0,24	-	-	-	-	-	-	-	-	0,37
T12	26	3,81	0,42	-	-	-	-	-	-	-	-	1,33
D Barası Arızası		Hesaplananlar		Röle Değerleri				Karşılaştırma				Normal Çalışma Akımı
		3Φ min	1Φ min	3Φ		1Φ		3Φ		1Φ		
İsim	No	Ik"	Ik"	0s	3s	0s	2s	0s	3s	0s	2s	In
		kA	kA	kA	kA	kA	kA	pu	pu	pu	pu	kA
D-C Kuplaj	38	4,71	0,56	-	-	-	-	-	-	-	-	2,154
D-B Kuplaj	73	5,91	0,60	-	-	-	-	-	-	-	-	2,154
T13	49	3,81	0,36	-	-	-	-	-	-	-	-	1,33
T14	63	1,75	0,24	-	-	-	-	-	-	-	-	0,46

Tablo B.21: 6,3 kV Terminallerindeki 1Fazlı Arızaların Hissedilmesi

34,5/6,3 kV Trafo Sonrası	Durumlardaki 6,3 kV Baralara ait Hesaplanan min 1Φ Arıza Akımı				Röle Değeri		Karşılaştırma							
					3Φ		D. 5		D. 6		D. 7		D. 8	
	D. 5	D. 6	D. 7	D. 8	0s	3s	0s	3s	0s	3s	0s	3s	0s	3s
	kA	kA	kA	kA	kA	kA	pu	pu	pu	pu	pu	pu	pu	pu
ACN A 6.3	3,81	3,8	3,8	3,82	1	0,5	0,7	1,4	0,7	1,4	0,7	1,4	0,7	1,4
ACN B 6.3	3,81	3,77	3,77	3,82	1	0,5	0,7	1,4	0,7	1,4	0,7	1,4	0,7	1,4
AYPE A 6.3	15,34	15,11	15,11	15,41	3	0,5	0,9	5,6	0,9	5,5	0,9	5,5	0,9	5,6
AYPE B 6.3	15,38	14,62	13,52	15,45	3	0,5	0,9	5,6	0,9	5,3	0,8	4,9	0,9	5,6
AYPE-M A 6.3	16,24	15,98	15,98	16,33	3,5	0,5	0,8	5,9	0,8	5,8	0,8	5,8	0,9	6,0
AYPE-M B 6.3	16,28	15,44	14,22	16,37	3,5	0,5	0,8	5,9	0,8	5,6	0,7	5,2	0,9	6,0
Arom A 6.3	13,23	13,06	13,06	13,28	4	0,5	0,6	4,8	0,6	4,8	0,6	4,8	0,6	4,9
Arom B 6.3	13,24	12,68	12,68	13,3	4	0,5	0,6	4,8	0,6	4,6	0,6	4,6	0,6	4,9
E	16,41	15,96	15,96	16,49	4	1,5	0,7	2,0	0,7	1,9	0,7	1,9	0,8	2,0
F	16,4	15,55	15,55	16,48	4	1,5	0,7	2,0	0,7	1,9	0,7	1,9	0,8	2,0
EO/EG A 6.3	9,73	9,63	9,63	9,75	2	0,5	0,9	3,6	0,9	3,5	0,9	3,5	0,9	3,6
EO/EG B 6.3	9,73	9,43	9,43	9,76	2	0,5	0,9	3,6	0,9	3,4	0,9	3,4	0,9	3,6
Hava A 6.3	0,01	0,01	0,01	0,01	3,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hava B 6.3	0,01	0,01	0,01	0,01	3,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Klor A 6.3	6,31	6,27	6,27	6,32	1,5	0,5	0,8	2,3	0,8	2,3	0,8	2,3	0,8	2,3
Klor B 6.3	6,31	6,18	6,18	6,33	1,5	0,5	0,8	2,3	0,8	2,3	0,8	2,3	0,8	2,3
NCS A 6.3	8,7	8,63	8,63	8,73	2	0,5	0,8	3,2	0,8	3,2	0,8	3,2	0,8	3,2
NCS B 6.3	8,69	8,44	8,44	8,71	2	0,5	0,8	3,2	0,8	3,1	0,8	3,1	0,8	3,2
PA A 6.3	9,84	9,75	9,75	9,87	2	0,5	0,9	3,6	0,9	3,6	0,9	3,6	0,9	3,6
PA B 6.3	9,82	9,51	9,51	9,85	2	0,5	0,9	3,6	0,9	3,5	0,9	3,5	0,9	3,6
PP A 6.3	13,95	13,76	13,76	14,01	3	0,5	0,8	5,1	0,8	5,0	0,8	5,0	0,9	5,1
PP B 6.3	13,92	13,3	13,3	13,98	3	0,5	0,8	5,1	0,8	4,9	0,8	4,9	0,9	5,1
PTA A 6.3	6,35	6,31	6,31	6,36	2	0,5	0,6	2,3	0,6	2,3	0,6	2,3	0,6	2,3
PTA B 6.3	6,34	6,21	6,21	6,35	2	0,5	0,6	2,3	0,6	2,3	0,6	2,3	0,6	2,3
PVC A 6.3	8,72	8,64	8,64	8,74	2	0,5	0,8	3,2	0,8	3,2	0,8	3,2	0,8	3,2
PVC B 6.3	8,7	8,45	8,45	8,72	2	0,5	0,8	3,2	0,8	3,1	0,8	3,1	0,8	3,2
SkA A 6.3	16,18	15,92	15,92	16,26	3,5	0,5	0,8	5,9	0,8	5,8	0,8	5,8	0,8	5,9
SkA B 6.3	16,2	15,37	15,37	16,28	3,5	0,5	0,8	5,9	0,8	5,6	0,8	5,6	0,8	5,9
SkB A 6.3	13,05	12,89	12,89	13,11	3,5	0,5	0,7	4,8	0,7	4,7	0,7	4,7	0,7	4,8
SkB B 6.3	13,01	12,47	12,47	13,06	3,5	0,5	0,7	4,8	0,7	4,6	0,7	4,6	0,7	4,8
SkC A 6.3	12,54	12,38	12,38	12,59	2,5	0,5	0,9	4,6	0,9	4,5	0,9	4,5	0,9	4,6
SkC B 6.3	12,54	12,04	12,04	12,59	2,5	0,5	0,9	4,6	0,9	4,4	0,9	4,4	0,9	4,6
SkG A 6.3	4,41	4,39	4,39	4,41	1,5	0,5	0,5	1,6	0,5	1,6	0,5	1,6	0,5	1,6
SkG B 6.3	4,41	4,34	4,34	4,41	1,5	0,5	0,5	1,6	0,5	1,6	0,5	1,6	0,5	1,6
SkH A 6.3	6,94	6,89	6,89	6,95	2	0,5	0,6	2,5	0,6	2,5	0,6	2,5	0,6	2,5
SkH B 6.3	6,94	6,78	6,78	6,95	2	0,5	0,6	2,5	0,6	2,5	0,6	2,5	0,6	2,5
TAYPE A 6.0	0,1	0,1	0,1	0,1	3,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TAYPE B 6.0	0,1	0,1	0,1	0,1	3,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TAYPE-M 6.0	0,1	0,1	0,1	0,1	4	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TM-01 A 6.3	12,75	12,59	12,59	12,8	2,5	0,5	0,9	4,7	0,9	4,6	0,9	4,6	0,9	4,7
TM-01 B 6.3	12,76	12,24	12,24	12,81	2,5	0,5	0,9	4,7	0,9	4,5	0,9	4,5	0,9	4,7
VCM A 6.3	6,95	6,9	6,9	6,97	2	0,5	0,6	2,5	0,6	2,5	0,6	2,5	0,6	2,5
VCM B 6.3	6,96	6,8	6,8	6,97	2	0,5	0,6	2,5	0,6	2,5	0,6	2,5	0,6	2,5
YYPE A 6.3	7,01	6,96	6,96	7,02	3	0,5	0,4	2,6	0,4	2,5	0,4	2,5	0,4	2,6
YYPE B 6.3	7	6,84	6,84	7,01	3	0,5	0,4	2,6	0,4	2,5	0,4	2,5	0,4	2,6
YYPE-M 6.3	0,1	0,1	0,1	0,1	2,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

ÖZGEÇMİŞ

25.04.1981'de Bakırköy İstanbul'da dünyaya geldi. İlköğrenimini PETKİM İlkokulu'nda bitirdikten sonra orta ve lise eğitimini Bornova Anadolu Lisesinde tamamladı. 1999 yılında girdiği İTÜ Elektrik Mühendisliği Bölümünden Haziran 2004'de mezun oldu. Yine 2004 yılında İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Ana Bilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı.

Ayrıca Aralık 2005 yılından beri İTÜ Elektrik Mühendisliği Bölümü Elektrik Tesisleri Anabilim dalında araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.

İyi seviye İngilizce, orta seviye Almanca ve düşük seviye İspanyolca bilmektedir.