

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENERJİ RESTORASYONU

Ayşegül KURTULAN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ

GEBZE

2007

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENERJİ RESTORASYONU

Ayşegül KURTULAN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ

TEZ DANIŞMANI
Yrd.Doç.Dr. Abdulkadir BALIKÇI

GEBZE
2007

ÖZET

TEZİN BAŞLIĞI : Enerji Restorasyonu

YAZAR ADI : Ayşegül Kurtulan

Elektrik kesintilerinin çoğu dağıtım sistemlerinde oluşan problemler nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Uzun süreli kesintilerden sonra dağıtım sisteminin tekrar enerjilendirilmesi şebeke için önemli bir problemdir. Müşterilerin kullandığı cihazları kontrol etmek mümkün olmadığından şebeke en kötü kalkış şartlarına hazır olarak kurulmalıdır. Tekrar enerjilendirme normal güç gereksiniminin 2-5 kat daha fazlasına ihtiyaç duyar. Kalkış anında yüksek kalkınma akımları cihaz gerilimini minimum başlangıç geriliminin altında bir değere indirir. Bu şartlar altında yük, gerilimi düşük tutan yüksek kalkınma akımını çekmeye devam edecektir.

Bu çalışmada, kalkış anında başarılı bir restorasyon için kalkınma akımının büyüklüğünü ve kalkış yükünün güvenli boşluğunu tahmin etmek için gereken detaylar incelenmiştir. Bunun yanı sıra Kocaeli İli'ne ait iki bölgenin yük araştırması yapıldı ve yük araştırmasında bulunan sonuçlara göre simülasyonları yapıldı ve yük karakteristik grafikleri çizdirildi.

SUMMARY

TITLE : Power Systems Restorations

AUTHOR : Ayşegül Kurtulan

Most of the customer outages are the results of some problems related to distribution systems. The re-energization of a distribution system poses a severe problem for a utility after outages. Since there is no practical way to control equipment usage by the customer, the utility must be prepared for the worst start-up condition. A re-energization may require two to five times the normal power requirement. At the instant of start up, high inrush currents will depress voltage to a value that may be below the minimum starting voltage of the equipment. Under this condition the load will continue to draw high inrush current that will keep the voltage low.

In this study, the start-up phenomenon has been examined in great detail in order to predict the size of the inrush current and a safe margin of start-up load for a successful restoration. Additionally, the load of two sites that belong to Kocaeli City are investigated and according to the this results the load investigation simulations and load characteristic graphics are performed.

TEŞEKKÜR

Tez alıőmam boyunca bilgi ve birikimleri ile benden desteğini esirgemeyen değerli hocam Yrd. Do. Dr. Abdülkadir BALIKI'ya, yüksek lisans yapmam için beni teővik eden, hibir fedakârlıktan kaınmayan ve destekleyen annem Nebiye KURTULAN ve babam RİFAT KURTULAN'a, tezi hazırlamamda her türlü yardımı gösteren ablam Özgöl KURTULAN ve eőim Cem KAYA'ya, ayrıca bu süre boyunca bilgileri ile her türlü desteği sağlayan sevgili arkadaşlarıma teőekkürlerimi sunarım.

Ayőegöl KURTULAN

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ	1
1.1. TEZİN AMACI	1
1.2. ENERJİ RESTORASYONUNUN TANIMI	2
1.3. ENERJİ RESTORASYONUNUN MODELLENMESİ	4
1.3.1. TERMOSTAN KONTROLLÜ YÜKLER	6
1.4. DEVRE KESİNTİSİNDEN SONRA YÜK DAVRANIŞI	9
1.5. ENDÜSTRİYEL / TİCARİ YÜKLER	10
1.6. ENERJİ RESTORASYON SİMÜLASYONU	10
1.7. GÜÇ DAĞITIM SİSTEMLERİ	11
1.7.1. DALBUDAK (RADYAL) ŞEBEKELER	11
1.7.2. GÖZLÜ ŞEBEKELER	13
1.7.3. RİNG ŞEBEKELER	14
1.8. LİTERATÜRDEKİ ÇALIŞMALAR	15
1.9. TEZİN İÇERİĞİ	18
2. SİSTEM TANIMI	20
2.1. GİRİŞ	20
2.2. ELEKTRİK ŞEBEKELERİ	20
2.3. YÜK BLOKLARI	22
2.4. ŞEBEKE FİDERLERİ	24
2.5. ŞEBEKE TRANSFORMATÖRLERİ VE KABLOLAR	24
2.5.1. ŞEBEKE TRANSFORMATÖRÜNÜN MIKNATISLANMA AKIMI	24

	<u>Sayfa</u>
2.6. DİĞER BİLEŞENLER	26
2.7. ELEKTRİKLİ CİHAZLARIN TESTLERİ	26
2.7.1. TEST ŞEMASI	27
2.8. VERİ ANALİZİ	27
2.9. DİNAMİK EMPEDANS İÇİN ÖRNEK GRAFİK	28
2.9.1. FLÜORESAN LAMBALAR	28
2.10. SONUÇLAR	29
3. BİLGİSAYAR SİMÜLASYONU	30
3.1. GİRİŞ	30
3.2. BİLGİSAYAR SİMÜLASYONUNUN ADIMLARI	30
3.3. DİNAMİK EMPEDANS MODELİ	33
3.3.1. KAYDIRMANIN GRAFİKSEL METODU	36
3.4. YUVAM AKARCA KONUTLARI DAĞITIM ŞEBEKESİ	38
3.5. YUVAM AKARCA KONUTLARI SİMÜLASYON SONUÇLARI	40
3.5.1. ZAMAN VE DİĞER DEĞİŞKENLERE GÖRE MEVCUT SİSTEM SİMÜLASYON SONUÇLARI	40
3.5.2. ÇEŞİTLİ YÜK KARAKTERİSTİKLERİNE GÖRE SİMÜLASYON GRAFİKLERİ	44
3.5.3. ÇEŞİTLİ YÜK KAPASİTELERİNE GÖRE SİMÜLASYON GRAFİKLERİ	53
3.5.4. ÇEŞİTLİ ALICI ORANLARINA GÖRE SİMÜLASYON GRAFİKLERİ	57
3.6. İZMİT VİLAYET ÇIKIŞI DAĞITIM ŞEBEKESİ	59
3.7. İZMİT VİLAYET ÇIKIŞI SİMÜLASYON SONUÇLARI	60
3.7.1. ÇEŞİTLİ YÜK KARAKTERİSTİKLERİNE GÖRE SİMÜLASYON GRAFİKLERİ	60
3.7.2. ÇEŞİTLİ YÜK KAPASİTELERİNE GÖRE SİMÜLASYON GRAFİKLERİ	65
3.7.3. ÇEŞİTLİ ALICI ORANLARINA GÖRE SİMÜLASYON GRAFİKLERİ	69

	<u>Sayfa</u>
3.8. SONUÇLAR	70
4. BİLEŞİK α EĞRİ KARAKTERİSTİKLERİ	72
4.1. GİRİŞ	72
4.2. BİLEŞİK α EĞRİLERİNİN YAPILANDIRMA PROSEDÜRÜ	72
4.3. BİLEŞİK α EĞRİLERİNİN POLİNOMLARININ BELİRLENMESİ	73
4.4. SONUÇLAR	79
5. SONUÇLAR	80
EKLER	82
EK-A DİNAMİK EMPEDANS MODELLERİ	82
A.1. FLÜORESAN LAMBALAR	82
A.2. REZİSTİF YÜK	86
A.3. BİLGİSAYAR / MONİTÖR	87
A.4. LAPTOP	88
A.5. PRİNTER / FAX	89
A.6. TELEVİZYON	90
A.7. FAN	91
A.8. BUZDOLABI / DERİN DONDURUCU	92
A.9. KLİMA (PENCERE, KÜÇÜK)	93
A.10.KLİMA (PENCEREİ BÜYÜK)	94
A.11.KOPRESÖR / POMPA	95
A.12.KÜÇÜK MOTOR (3 FAZLI)	96
EK-B YUVAM AKARCA KONUTLARI PROGRAM VERİLERİNİN HESAPLANMASI	97
EK-C İZMİT VİLAYET ÇIKIŞI PROGRAM VERİLERİNİN HESAPLANMASI	102
EK-D İLETKEN VE KABLOLARA AİT DİRENÇ VE ENDÜKTİF DİRENÇ DEĞERLERİ	107
KAYNAKLAR	108
ÖZGEÇMİŞ	111

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

V_s	Sistem eşdeğer kaynak gerilimi
V_m	Yük bloğu gerilimi
V_L	Terminal gerilimi
U_B	Temel (base) gerilim
S_B	Temel (base) güç
Z_s	Sistem empedansı
Z_a	Oto transformatör empedansı
Z_c	Alan transformatör empedansı
Z_e	Şebeke transformatör empedansı
Z_{mag}	Transformatör dinamik empedansı
Z_p	Şebekenin toplam empedans matrisi
Z_n	Cihaz ve ekipmanların dinamik empedansı
Z_B	Temel (base) empedans
R	Kaynak rezistansı
X	Kaynak reaktansı
R_o	Yükün kalkıştaki rezistansı
X_o	Yükün kalkıştaki reaktansı
M	Blok sayısı
$Im_{(n+1)}$	Şebekeye bağlı her ekipman birimlerinden akan akımın ve de şebeke transformatörlerinin mıknatıslanma akımının rms değerlerinin matrisi
t_k	Hesaplama sırasındaki ayrık zaman. ($k = 0,1,2,3,\dots$)
$\% U_k$	Minimum yüzde kısa devre gerilimi
$\% U_R$	Yüzde omik gerilim düşümü
$\% U_X$	Yüzde endüktif gerilim düşümü
α_r	Her bir zaman aralığında geçerli R ve X değişkenlerinin karşılıklı değişimleri
α_x	Her bir zaman aralığında geçerli R ve X değişkenlerinin karşılıklı değişimleri
pu	per unit değer
TM	Trafo merkezi
AYM	Ayırcı merkezi

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Zaman Profilli Enerji Restorasyon Akımı	3
1.2. Termostat Kontrollü Elektrikli Isıtma Sisteminin Basitleştirilmiş Modeli	6
1.3. Isıtma Biriminin Evsel Termostat Karakteristikleri	7
1.4. Termostatlı Isıtmanın Bir Periyodu Süresince Bina Sıcaklığı	8
1.5. Enerji Restorasyonunda Yük Model Örneği	9
1.6. Dalbudak (Radyal)Tip Dağıtım Sistemi	13
1.7. Ring Tipi Dağıtım Sistemi	15
2.1. Elektrik Şebekesinin Bölümleri	21
2.2. Şebekenin Tek Hat Eşdeğeri	22
2.3. Test Şeması	27
2.4. a) Elektronik Flüoresan Lamba için α_r Eğrileri	28
b) Elektronik Flüoresan Lamba için α_x Eğrileri	28
3.1. Simülasyon için Radyal Hat Dağıtım Sisteminde Kullanılan Tek Hat Eşdeğeri	30
3.2. Dinamik Yük Gösterimi	34
3.3. Sabit Terminal Geriliminde Dinamik Empedans Eğrilerinin Karakteristiği	35
3.4. Kaydırma Metodunun α_r Eğrilerine Uygulanması	37
3.5. Adapazarı – Köseköy Enerji İletim Hattı	39
3.6. Sistem Tek Hat Şeması	40
3.7. Trafo Merkezi Gerilimi – Zaman Grafiği	41
3.8. Trafo Merkezi Gerilim Açısı – Zaman Grafiği	41
3.9. Akım – Zaman Grafiği	42
3.10. Akım Açısı – Zaman Grafiği	42
3.11. Güç – Zaman Grafiği	43
3.12. Güç Faktörü – Zaman Grafiği	43
3.13. Şebeke Gerilimi – Zaman Grafiği	44

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.14. Sistemin Eysel Yüklü Mevcut Kapasiteli Durumu	
a) Gerilim – Zaman	45
b) Akım – Zaman	45
3.15. Sistemin Ticari Yüklü Mevcut Kapasiteli Durumu	
a) Gerilim – Zaman	46
b) Akım – Zaman	46
3.16. Sistemin Endüstriyel Yüklü Mevcut Kapasiteli Durumu	
a) Gerilim – Zaman	47
b) Akım – Zaman	47
3.17. Sistemin %50 Eysel, %50 Ticari Yüklü Durumu	
a) Gerilim – Zaman	49
b) Akım – Zaman	49
3.18. Sistemin %50 Eysel, %50 Endüstriyel Yüklü Durumu	
a) Gerilim – Zaman	50
b) Akım – Zaman	50
3.19. Sistemin %50 Ticari, %50 Endüstriyel Yüklü Durumu	
a) Gerilim – Zaman	51
b) Akım – Zaman	51
3.20. Sistemin %34 Eysel, %33 Ticari, %33 Endüstriyel Yüklü Durumu	
a) Gerilim – Zaman	52
b) Akım – Zaman	52
3.21. Sistemin Eysel Yüklü Mevcut Kapasiteli Durumu	53
3.22. Sistemin Eysel Yüklü Kapasitenin %100 Dolu Durumu	
a) Gerilim – Zaman	54
b) Akım – Zaman	54
3.23. Sistemin Eysel Yüklü Kapasitenin %150 Dolu Durumu	
a) Gerilim – Zaman	55
b) Akım – Zaman	55

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.24. Sistemin Eysel Yüklü Kapasitenin %200 Dolu Durumu	
a) Gerilim – Zaman	56
b) Akım – Zaman	56
3.25. Sistemdeki Kompakt Floresan ile Enkandesan Lamba Oranlarının Birbiri Yerine Kullanılmış Eysel Yüklü Kapasitenin Normal Durumu	
a) Gerilim – Zaman	57
b) Akım – Zaman	57
3.26. Sistemdeki Klima Oranının %10 Azaltıldığı Eysel Yüklü Kapasitenin Normal Durumu	
a) Gerilim – Zaman	58
b) Akım – Zaman	58
3.27. Sistem Tek Hat Şeması	60
3.28. Sistemin %15 Eysel- %85 Ticari Yüklü Mevcut Kapasiteli Durumu	
a) Gerilim – Zaman	61
b) Akım – Zaman	61
3.29. Sistemin %100 Eysel Yüklü Mevcut Kapasiteli Durumu	
a) Gerilim – Zaman	62
b) Akım – Zaman	62
3.30. Sistemin %100 Ticari Yüklü Mevcut Kapasiteli Durumu	
a) Gerilim – Zaman	63
b) Akım – Zaman	63
3.31. Sistemin %100 Endüstriyel Yüklü Mevcut Kapasiteli Durumu	
a) Gerilim – Zaman	64
b) Akım – Zaman	64
3.32. Sistemin %15 Eysel- %85 Ticari Yüklü Mevcut Kapasiteli Durumu	
a) Gerilim – Zaman	65
b) Akım – Zaman	65
3.33. Sistemin %15 Eysel-%85 Ticari Yüklü Kapasitenin %100 Dolu Durumu	
a) Gerilim – Zaman	66
b) Akım – Zaman	66

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.34. Sistemin %15 Evsel-%85 Ticari Yüklü Kapasitenin %150 Dolu Durumu	
a) Gerilim – Zaman	67
b) Akım – Zaman	67
3.35. Sistemin %15 Evsel-%85 Ticari Yüklü Kapasitenin %200 Dolu Durumu	
a) Gerilim – Zaman	68
b) Akım – Zaman	68
3.36. Sistemdeki Kompresör Oranının Artırılmış Durumu	
a) Gerilim – Zaman	69
b) Akım – Zaman	69
4.1. Evsel Yüklere Ait Birleşik α_R Eğri Karakteristiği	73
4.2. Evsel Yüklere Ait Birleşik α_X Eğri Karakteristiği	74
4.3. Ticari Yüklere Ait Birleşik α_R Eğri Karakteristiği	75
4.4. Ticari Yüklere Ait Birleşik α_X Eğri Karakteristiği	76
4.5. Endüstriyel Yüklere Ait Birleşik α_R Eğri Karakteristiği	77
4.6. Endüstriyel Yüklere Ait Birleşik α_X Eğri Karakteristiği	78
A.1. a) Elektronik Flüoresan Lamba için α_r Eğrisi	82
b) Elektronik Flüoresan Lamba için α_x Eğrisi	82
A.2. a) Magnetik Flüoresan Lamba için α_r Eğrisi	83
b) Magnetik Flüoresan Lamba için α_x Eğrisi	83
A.3. a) Kompakt Tip Flüoresan Lamba için α_r Eğrisi	84
b) Kompakt Tip Flüoresan Lamba için α_x Eğrisi	84
A.4. a) Enkandesan / Halojen Lambalar için α_r Eğrisi	85
b) Enkandesan / Halojen Lambalar için α_x Eğrisi	85
A.5. a) Rezistif Yük için α_r Eğrisi	86
b) Rezistif Yük için α_x Eğrisi	86
A.6. a) Bilgisayar /Monitör için α_r Eğrisi	87
b) Bilgisayar /Monitör için α_x Eğrisi	87

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
A.7. a) Laptop için α_r Eğrisi	88
b) Laptop için α_x Eğrisi	88
A.8. a) Printer / Fax için α_r Eğrisi	89
b) Printer / Fax için α_x Eğrisi	89
A.9. a) Televizyon için α_r Eğrisi	90
b) Televizyon için α_x Eğrisi	90
A.10. a) Fan için α_r Eğrisi	91
b) Fan için α_x Eğrisi	91
A.11. a) Buzdolabı için α_r Eğrisi	92
b) Buzdolabı için α_x Eğrisi	92
A.12. a) Klima (Pencere,Küçük) için α_r Eğrisi	93
b) Klima (Pencere,Küçük) için α_x Eğrisi	93
A.13. a) Klima (Pencere,Büyük) için α_r Eğrisi	94
b) Klima (Pencere,Büyük) için α_x Eğrisi	94
A.14. a) Kompresör / Pompa için α_r Eğrisi	95
b) Kompresör / Pompa için α_x Eğrisi	95
A.15. a) Küçük Motor (3 fazlı) için α_r Eğrisi	96
b) Küçük Motor (3 fazlı) için α_x Eğrisi	96
B.1. Yuvam Akarca Konutları Sistem Tek Hat Şeması	97
C.1. İzmit Vilayet Çıkışı Sistem Tek Hat Şeması	102

TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Simülasyonda Kullanılan Yük Blokları	23
2.2. Simülasyonda Kullanılan Yük Bloklarına ait Cihazların Yüzdelik Oranları	23
3.1. Yuvam Akarca Konutları Yük Durumuna Göre Kalkış Anındaki Değerler	59
3.2. İzmit Vilayet Çıkışı Yük Durumuna Göre Kalkış Anındaki Değerler	70
4.1. Evsel Yüklere Ait Birleşik α_R Eğrilerinin Polinom İfadeleri	73
4.2. Evsel Yüklere Ait Birleşik α_X Eğrilerinin Polinom İfadeleri	74
4.3. Ticari Yüklere Ait Birleşik α_R Eğrilerinin Polinom İfadeleri	75
4.4. Ticari Yüklere Ait Birleşik α_X Eğrilerinin Polinom İfadeleri	76
4.5. Endüstriyel Yüklere Ait Birleşik α_R Eğrilerinin Polinom İfadeleri	77
4.6. Endüstriyel Yüklere Ait Birleşik α_X Eğrilerinin Polinom İfadeleri	78
D.1. Üç fazlı dizge oluşturan bir damarlı 20,3/35kV YE3SV (N2XSY) kablunun direnci ve $f=50\text{Hz}$ için endüktif direnci	107
D.2. Gerilimi 35kV'a kadar olan mesnet ve zincir izolatörlü, çelik-alüminyum iletkenli bir devre OG Hava hatlarının direnci ve $f=50\text{Hz}$ için endüktif direnci	107

1. GİRİŞ

18 Aralık 2005 tarihinde yayımlanan Özgür Kocaeli Gazetesi “Elektrikte Büyük Sıkıntı” diye bir başlık kullanmış ve içeriğinde de İzmit’in hemen her yerinde çok ciddi elektrik sorunlarının yaşandığı, İodosun biraz sert esmesi nedeniyle bazı bölgelerin saatlerce elektriksiz kaldığı, İzmit şehir merkezinde elektriklerin gidip geldiği, voltajın inip çıktığı vurgulanmıştır. Şehir merkezleri büyüdükçe mevcut sistemler ihtiyaçları karşılayamadığından arızalar ve elektrik kesintileri artmaktadır ve sonucunda da pek çok elektrik kesintisi ülkemizde ve Kocaeli İli’nde sıklıkla görülmektedir.

Enerji restorasyonu uzun süreden beri bilinen bir konudur. Enerji restorasyonu, uzun kesintilerden sonra şebeke tekrar enerjilendirilirken karşılaşılan yüksek akım sorunlarını ifade etmektedir. Elektrik kesintilerinden sonra şebekeye tekrar enerji verilmesi sırasında sistem normal gereksiniminden 2–5 kat daha fazla akım çekecek ve indirici merkezlerde yeterli transformatör kapasitesinin bulunmaması halinde restorasyon sorunu çıkaracaktır. Bu yüksek kalkınma akımı cihazların çalışmasını engelleyecek bir seviyeye kadar gerilimi düşürebilmekte ve tekrar enerjilendirme boyunca sürmektedir. Müşterilerin cihazlarını ve şebeke ekipmanlarını korumak için tekrar enerjilendirme süresince şebekenin vereceği karşılığı bilmek gerekmektedir.

1.1. Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı, güvenli bir kalkış için başlangıç periyoduna dayanacak şebeke fiderlerinin seçiminde kalkınma akımının genlik ve süresini bulmaktır. Aynı zamanda transformatör merkezlerindeki yük kademe değiştiricileri başlangıç ve çalışma gerilimlerinde güvenli boşluk oluşturmak için tekrar enerjilendirmeden önce kurulur. Kalkınma akımları yüksekken transformatör kademe değiştiricileri yüksek kurulmalıdır ve sonra akım normal çalışma değerine azalırken azalmalıdır [1].

Bu çalışmada, dağıtım şebekelerinin tekrar enerjilendirme özellikleri belirlenecektir. Bu özellikler:

- Transformator merkezleri ve yük bloklarındaki akım-gerilim profili.
- Transformator merkezleri ve yük bloklarındaki aktif ve reaktif güç.
- Transformator merkezleri tarafından görülen sistemin dinamik empedans davranışı.

1.2. Enerji Restorasyonunun Tanımı

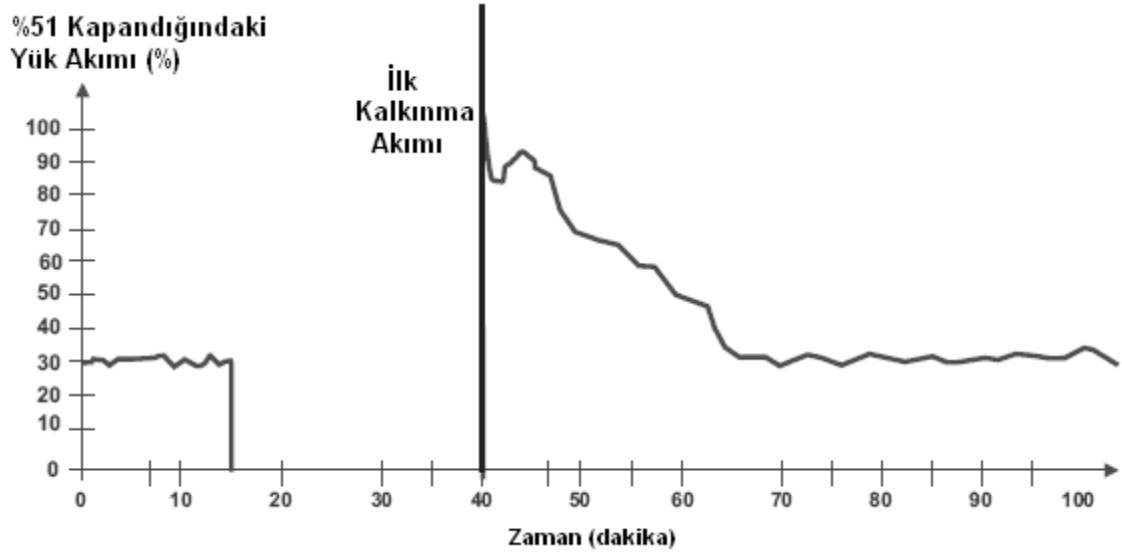
Enerji restorasyonu, şebekedeki yüklerin eşzamanlılık katsayılarında farklılıkların meydana geldiği uzun kesintilerden sonra trafo merkezleri ve dağıtım fiderlerinde kabul edilen yüklenmedir. Soğuk yük karakteristikleri, zamanın bir fonksiyonu olarak, $i=f(t)$, yükün birkaç deneysel durumuyla tanımlanabilir ve kısmi dağıtım fiderlerindeki yük tiplerine göre çeşitlendirilebilir [2]. Bazı yaygın yük sınıfları evsel vantilatör sistemleri, aydınlatma endüstrisi, küçük ticari yükler gibi her biri kendi restorasyon karakteristiklerine sahip cihazları içerir.

Restorasyondaki devre yükü, kesinti öncesindekinden farklıdır. Bunun çeşitli sebepleri vardır.

- Normal durum süresince var olan kişisel yükler üzerindeki eşzamanlılığın uzun kesintilerden sonra kısmen veya tamamen kaybolması.
- Yukarıdakine benzer olarak müşterilerin güç dönüşünü bekleyerek yapmış olduğu planlar yük profillerinde farklı etkiler bırakır. Güç restore edildikten sonra yapılan planlar kısa periyotta başlar. Yükün bu tipi ani restorasyondan ziyade yük restore edildikten sonraki birkaç dakika içinde pike sebep olur.

- Kesintiden önce var olan endüstriyel prosesler durdurulabilir ve ihtiyaca göre elle veya kademe kademe çalıştırılabilir. Bu durum restorasyondan sonra yükte düşüğe sebep olabilir. Bu tip yükler restorasyondan sonra saatlerce yük restorasyonunun çeşitli dereceleriyle sonuçlanabilir ve pikler asla kesinti öncesindeki seviyeye gelmeyebilir.
- Tek fazlı yük kesintisi, yükler üzerinde üç fazlı kesintilerden daha farklı etkiler yapabilir ve farklı yük restorasyon profilleri sergileyebilir.

Bu yüzden uzun kesintilerden sonra enerji verilirken devre yükü kesinti öncesi yük seviyesinden farklı olabilir. Ek olarak farklı tipteki yüklerin zaman sabitleri, devre yükü kararlı hal çalışma karakteristiklerine ve normal eşzamanlılık katsayısına tekrar ulaşana kadar etki edecektir.



Şekil 1.1. Zaman Profilli Enerji Restorasyon Akımı [2]

Enerji restorasyon profilinin birçok durumu Şekil 1.1'de görülmektedir. Şekil 1.1 ilk kalkınma akımını ve süresini göstermektedir ve bu kalkınma akımı aynı anda pek çok motor kalkışını içermektedir. Kalkınma akımı oldukça yüksek olabilir bazı durumlarda kesinti öncesi akımın 4-5 katına ulaşabilir. Bu periyottan sonra kesinti öncesi yüklenmenin 2-3 katına varan akım yaygın olarak görülen bir durumdur. Eğri, pek çok

yükün kapalı olduğu, restorasyondan sonra manuel olarak açıldığı konumda yapılan restorasyondan sonra pik akımının bir veya iki dakikasında önemsiz bir gecikme görülebilir. Şekil restorasyondan sonraki yarım saatte normal çalışmaya dönen akımı göstermektedir fakat normal restorasyon zamanı çok daha uzun olabilir.

Enerji restorasyonunun normal periyodu süresince yük restorasyon işlemini kısıtlayan çalışma sınırlamaları;

- Beklenmeyen yük karakteristikleri nedeniyle restorasyon problemleri (Cihazların hasar görmesine sebep olan yüksek akımlar)
- Trafo merkezlerindeki trafo kapasitelerinin yetersizliği
- Geçici ısınmalar nedeniyle oluşan trafo ömür kayıpları
- Koruma ayarlarını düşünmeksizin yapılan yük iletimi

Dağıtım sistemini normal çalışmaya mümkün olduğunca hızlı dönüştürecek prosedürler, sistemin restorasyon kapasitesi ve dağıtım sistemi deneyleri enerji restorasyonunun hatasız olmasını sağlayacak durumlardır. Enerji restorasyonunun hatasız olması sistem güvenilirliğinin artmasının yanı sıra müşterilere elektrik enerjisinin hızlı restorasyonunu ve müşteri kesinti sürelerindeki azalmaları sağlar. Bu nedenle enerji restorasyonu süresince yük davranışlarının iyi modellenmesi önemlidir [2].

1.3. Enerji Restorasyonunun Modellenmesi

Farklı tipteki müşteri yüklerinin restorasyon karakteristiklerinin şeklinin belirlenmesi birçok araştırmacı, güç şirketi ve üreticiler tarafından çalışılmıştır [9,10,11,12].

Enerji restorasyon akımları, yük akımının seviye ve süresine göre 4 fazla kategorize edilebilir. Bunlar kalkınma, motor kalkış, motor çalışma ve sürekli akım

fazlarıdır. Motor kalkış motorun hızlanma süresince ivmelenirken geçirdiği ilk saniyeyi, motor çalışma işlemi başlatmak için gerekli ilk yüksek güçlü periyodu ifade eder. İlk üç faz yaklaşık 15 saniyeden daha kısa sürede sonlanır ve akım kesinti öncesi akımın 5-15 kat fazlasına ulaşabilir. Sürekli akım fazı bu üç fazı takip eder ve yükler arasında normal eşzamanlılık oluşana kadar devam eder. Bu fazdaki yük 2-5 kata kadar değişiklik gösterebilir. Bu faz, kesinti zamanına ve dış sıcaklığa bağlı olarak birkaç saat sürebilir. Enerji restorasyonu süresince yükün genlik ve süresi;

- Dış sıcaklığa
- Kesinti süresine
- Bağlı yüklerin tip ve nominal gücüne bağlıdır [3, 4].

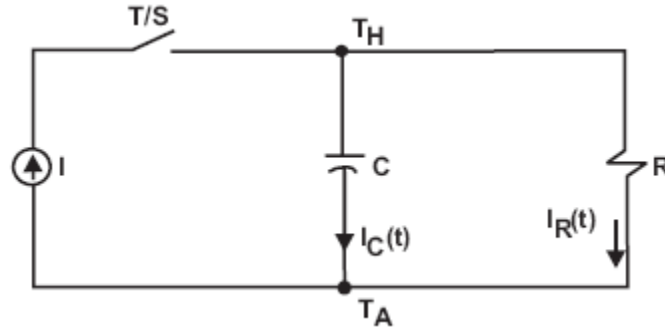
Enerji restorasyon bölgelerindeki iki temel durum, geçici ve sürekli ihtiyaçlardır. Enerji restorasyonunun geçici bölgelerindeki fider güç sistem karakteristikleri, trafo ve motor kalkış karakteristikleri ile yük eşzamanlılığındaki kayıplardan etkilenir. Pek çok çalışma ve sistem modelinde fiderlerdeki restorasyon karakteristiklerini tahmin etmeye ve bunların trafo üzerine olan etkilerini belirlemeye çalıştılar [3, 4]. Nicel metotlar ve simülasyon programları termostat kontrollü yüklerin dinamik karakteristiklerini hesaplar ve restorasyon yüklenme eğrilerini veren kalkış şartlarında müşteri cihazlarının yük modelleri ile verileri birleştirir. Yük modellerini tanımlayan algoritmaları doğrulamak için fider yüklerinin kayıtları ve alan ölçümleri de mevcuttur. Alan kayıtlarını veren parametreler;

- Sistem restore edilirkenki gün ve zaman, çevre sıcaklığının tam bilgisi
- Önceki kesintinin süresi
- Kesinti öncesinde fidere ait gerilim akım seviyeleri
- Kesinti öncesi yük düşüşü ile ilgili zaman yüküne referans olarak restorasyon zaman bilgisi

Dağıtım devrelerindeki yük tiplerine göre enerji restorasyon karakteristikleri çeşitlendiğinden, soğuk yükün sebep olduğu artan yüklenmenin genlik, şekil ve süresinin uygun şekilde tanımlanması gereklidir. Fider dizaynları, koruma röle uygulamaları, sigortalama pratikleri ve şebeke restorasyon metotlarının enerji restorasyonuna önemli etkileri olabilir [2].

1.3.1. Termostat Kontrollü Yükler

Termostat kontrollü yüklerin kullanımı, enerji restorasyon analizi modellemede önemlidir. Doğru yük gösterimi ve modelleme genellikle zordur çünkü müşterilere ait tüm bilgilerin bilinmesi gereklidir. Çünkü bu model her biri kişisel kararlarını verecek çok sayıda ekipmana sahip ve termostatik kırılma noktaları olan pek çok müşterinin toplam etkisini düşünmeyi gerektirir. Şekil 1.2. termostat kontrollü elektrikli ısıtma sistemlerinin temel modelini göstermektedir [5].



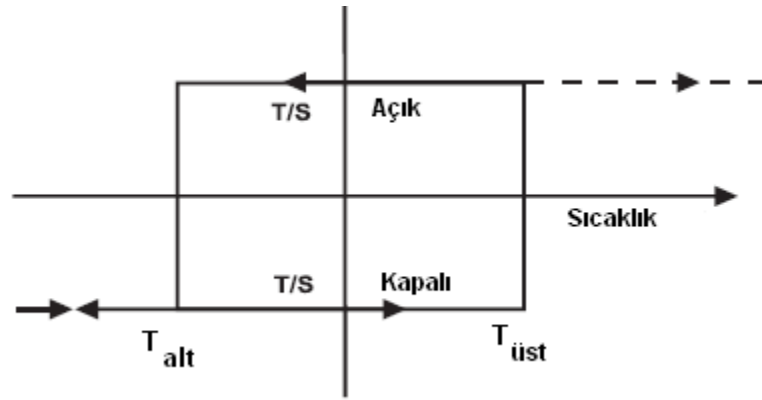
Şekil 1.2. Termostat Kontrollü Elektrikli Isıtma Sisteminin Basitleştirilmiş Modeli [2]

Burada;

- T/S Termostat On/Off anahtarı
- T_{H-A} Ev sıcaklığı – Çevre sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
- T_H Ev sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$) = $(1/C) \int (I - I_R) dt$
- C Evin eşdeğer termal kütlesi ($\text{kWh} / ^{\circ}\text{T}_H$)

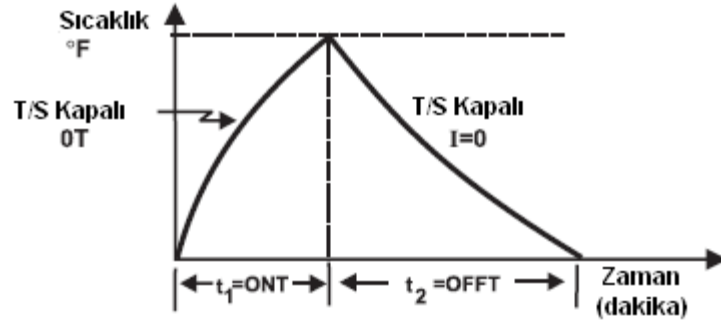
- R Evin eşdeğer termal rezistansı ($\text{kWh} / ^\circ \text{dT}_{\text{H-A}}$)
 I Ev içine ısı verme oranı (kWh)
 I_C Isı / Birim zamanda evin termal kütleindeki akış
 I_R Isı / Birim zamanda dış sıcaklık kaybı

Termostat T/S yaklaşık 2°C 'ta ön kurulum ölü bandında çalışır ve histeresiz karakteristiği verir. Şekil 1.3. histeresizli evsel bir termostat için ısıtma biriminin tipik karakteristiğini göstermektedir. Gösterimdeki amaç ölü banda indirilen termostat etkilerini ihmal etmektir.



Şekil 1.3. Isıtma Biriminin Evsel Termostat Karakteristikleri [2]

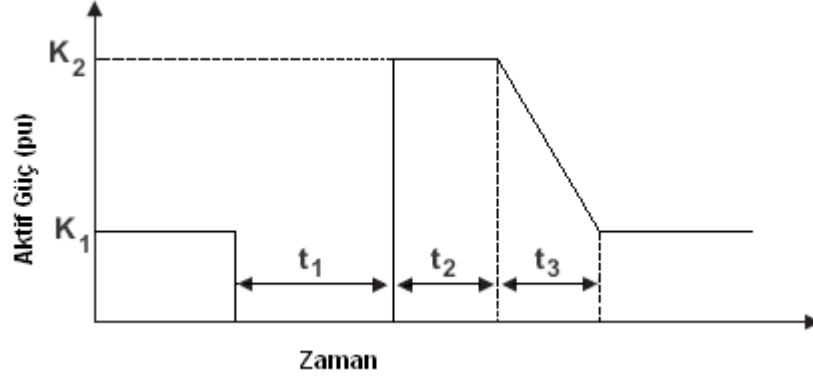
Diğer yapısal parametreleri gösteren değişkenler benzer şekilde modellenebilir. Şekil 1.4. normal durumlar altında termostatik çalışmanın bir periyodu süresince bina sıcaklığındaki değişimleri göstermektedir.



Şekil 1.4. Termostatlı Isıtmanın Bir Periyodu Süresince Bina Sıcaklığı [2]

Evsel yük fiderleri için, tüm ev yapıları farklı olduğundan her ev kesintiden sonra farklı sıcaklıkta olacaktır. Fider restorasyonunda, termostat kontrollü yüklerin eşzamanlılık katsayısının dengelenmesi biraz zaman alacaktır. Geçici yüksek akım durumu, fiderdeki tekrar enerjilendirmeden dolayı oluşur ve enerji restorasyonu nedeniyle dağıtım sisteminde yüksek akım koruma ve koordinasyonu bazı periyotlarda dış etkiler nedeniyle sınırlandırılır. Fiderin tekrar enerjilendirilmesiyle veya bazı periyotlar için servis dışı kalmasıyla yaratılan sıcaklık aşırı akım durumları enerji restorasyonundan dolayı dağıtım sistemi aşırı akım koruma ve koordinasyonuna yapılan zorlamadır [5].

Enerji restorasyon program araçları, kesintiden sonra restorasyonda bir fider için akım eğrilerine karşı zaman sürelerini tahmin eder. Tahmin fider yük birleşimlerine, kesinti süresine ve çevre sıcaklığına bağlıdır [6].



Şekil 1.5. Enerji Restorasyonunda Yük Model Örneği [2]

Şekil 1.5. Genel bir enerji restorasyon modelini göstermektedir. Bu modelde;

- K1 Kesinti öncesi yük
- K2 Enerji restorasyonunda aşırı yükün genliği
- t1 Kesinti süresi
- t2 Enerji restorasyonunda aşırı yüklenme zamanı
- t3 Yük eşzamanlılığının restore edilmesine kadar geçen zaman

1.4. Devre Kesintisinden Sonra Yük Davranışı

Evsel fiderlerdeki kişisel yükler iki farklı grupta kategorize edilebilir; termostat kontrollü yükler ve manuel kontrollü yükler. Genelde klima, ısıtıcı, pompa gibi termostat kontrollü cihazlar bir evdeki toplam yükün en büyük kısmını oluşturur [2].

Manuel kontrollü yükler, ev halkı tarafından açık veya kapalı olarak konumlanabilirler. Bu durum restorasyondan sonra yaklaşık bir dakika süreli geçici piklere neden olmaktadır. Normal şartlarda yükler arasındaki eşzamanlılık faktörüne bağlı olarak, ev sayısına göre toplam yük, gerçek durumundakinden daha fazladır. Dağıtım sisteminde meydana gelen uzun kesintiler gibi anormal durumlarda bazı veya tüm termostat kontrollü cihazlar en kısa zamanda güç restorasyonuna katılacaklardır.

Benzer şekilde manuel kontrollü cihazların toplam yükü kısa bir gecikmeden sonra normal restorasyondan daha yüksek olacaktır [2].

Güç şirket stratejileri ve sistem yük model tipleri enerji restorasyon problemini zorlaştırabilir. Örneğin, restorasyondan sonra devreye alınan yüklerin gecikmeli olarak artımı, fiderlerdeki boşlukların azalmasına sebep olur. Fiderdeki azalan kapasite, enerji restorasyonunun daha zor olduğu daha yüklü sistemler üretir. Klimalar ve değişken hızlı ısı pompaları kesintiden sonra hemen çalışmaya başlamaları nedeniyle enerji restorasyon işlemini karmaşıktırır [2].

1.5. Endüstriyel / Ticari Yükler

Endüstriyel ve ticari yükler farklı yük restorasyon profillerine sahiptir. Bu yüklerden özellikle endüstriyel olanları, otomatik olarak devreye girmediklerinden restorasyondan sonraki periyotta daha düşük olacaktır. Örneğin, aydınlatma kontaktörleri manuel olarak kapatılır ve otomatik olarak devreye girer. Bunun yanı sıra motorlar otomatik olarak tekrar çalışırlarsa tehlikeli durumlarla sonuçlanabilir, bu yüzden manuel kontrollü olarak devreye girerler.

Endüstriyel, ticari ve evsel yüklerin birlikte bulunduğu alanlarda güç restorasyonu, manuel olarak çalışan cihazlar nedeniyle kesinti öncesi yüklenmeye göre düşük olabilir. Bundan dolayı çok miktarda otomatik olarak yeniden başlayan yüklerin bulunduğu evsel alanlarda enerji restorasyonu önem kazanmaktadır [2].

1.6. Enerji Restorasyon Simülasyonu

Enerji restorasyonunun tekrar enerjilendirme çalışmasında şebekenin başlangıcını simüle etmek için 3 temel adım kullanılır [1].

1. Adım : Bu adım Yük Araştırması olarak adlandırılabilir. Tekrar enerjilendirme olduğunda yükün tipini belirleyecek verilerin toplanmasıdır. İlk olarak şebekedeki elektrikli cihazların tanımlanması gereklidir.

2. Adım : Tekrar enerjilendirmedeki cihazların tanımlanmasından sonra laboratuardaki her bir tipik yük örneğini test etmek veya bölgedeki yüklerin kalkıştaki dinamik davranışlarını bulmak gereklidir. Bu nedenle 2.adım da Test Fazı olarak adlandırılabilir. Bu adımda cihazlar test edilecek ve kalkınma akımı boyunca karakteristiklerini simüle etmek için dinamik empedans eğrileri çizilecektir. Dinamik empedans eğrileri her cihazın başlangıç karakteristiğini tanımlamakta temel noktadır.

3. Adım : Bu son adım Bilgisayar Simülasyonu olarak adlandırılabilir. Kalkış yükünün şeklini belirleyen 1. Adımdaki veriler ve kalkış boyunca yük birimlerinin her bir tipinin dinamik davranışını belirleyen 2. Adımdaki veriler sistem tek hat eşdeğeriyle birleştirilir.

1.7. Güç Dağıtım Sistemleri

Bir veya birden çok noktadan beslenen dağıtım hatlarının doğrusal veya değişik şekillerde birbirine bağlanarak oluşturdukları şebekeye dağıtım şebekesi denir. Dağıtım sisteminin tipi, tekrar enerjilendirme prosedürünün belirlenmesinde önemlidir [7].

1.7.1. Dalbudak Şebekeler

Dalbudak şebekeler açık şebeke şeklindedir. Besleme çoğu zaman tek kaynaktan yapılır. Bu tür şebekelerde besleme kaynağının arıza yapması durumunda aboneler enerjisiz kalır. Dallı şebekeler köyler, kasabalar ve şehirler ile çeşitli endüstri merkezlerinin beslenmelerinde kullanılır. Dallı şebekelerde besleme bir yerden yapıldığı

için arıza anında aboneler enerjisiz kalabilir. Bu dağıtım şekli, birbirine yakın güçte ve az sayıda alıcıların bulunduğu şebekelerde uygulanır.

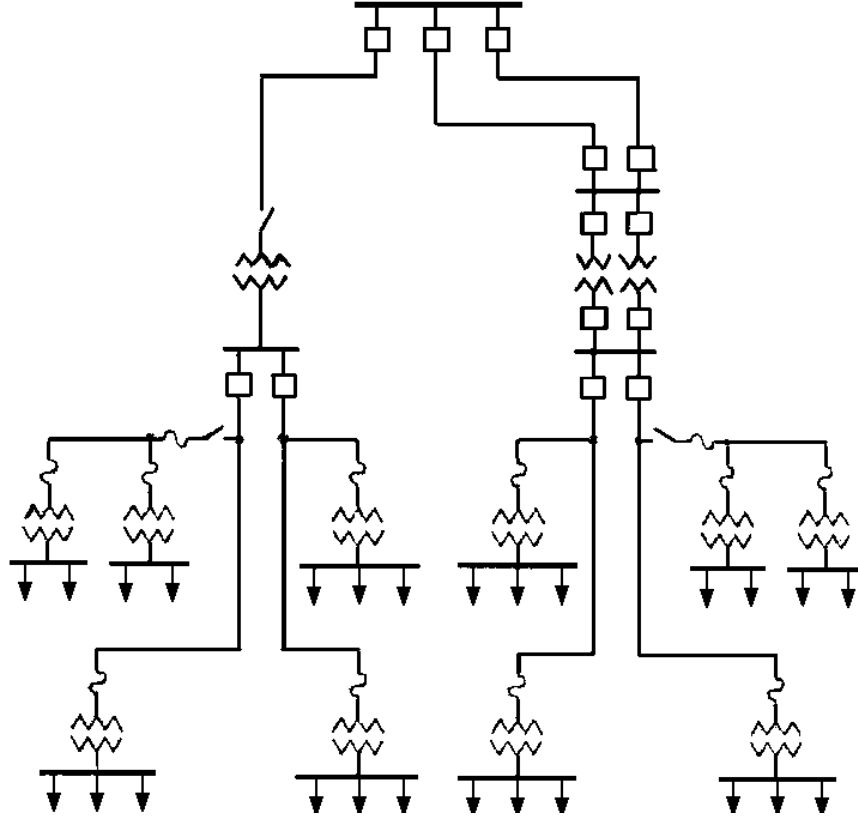
Dalbudak şebekelerin üstünlük ve sakıncaları kısaca şu şekilde özetlenebilir:

Üstünlükleri:

- Kuruluşu, işletmesi ve bakımları kolaydır.
- Arızaları kolay bulunur.
- İletken kesitleri transformatörden uzaklaştıkça küçülür.
- Kısa devre gücü küçük olduğundan maliyeti ucuzdur; çünkü az sayıda kesici gerekir.

Sakıncaları:

- İşletme emniyeti azdır.
- Hatların işletme verimi düşüktür.
- Arıza sırasında birçok abone enerjisiz kalır.
- Gerilim düzensizliği vardır. Transformatörden uzaklaştıkça gerilim düşer.



Şekil 1.6. Dalbudak (Radyal)Tip Dağıtım Sistemi

1.7.2. Gözlü Şebekeler

Gözlü şebekeler, bir yerden beslendiği gibi birkaç yerden de beslenebilir. Ağ şebekelerde baralar en az iki koldan enerji almaktadır. Bu nedenle, besleme sürekli bir şekilde yapılabilir. Düğüm noktalarından beslenen baralar ve buralardan enerji alan aboneler için enerji kesilmesi hemen hemen söz konusu olmaz. Çünkü besleme dört koldan yapılabilir. Arıza yapan kol, sigortalar vasıtasıyla sistemden ayrılır. Düğüm noktalarından uzaklaştıkça kısa devre akımı küçülür. Bu şebekelerin kuruluşu ve bakımı oldukça zordur. Ancak gerilim düşümleri çok küçük değerlere indirilmiştir.

Gözlü şebekelerin üstünlük ve sakıncaları şunlardır:

Üstünlükleri:

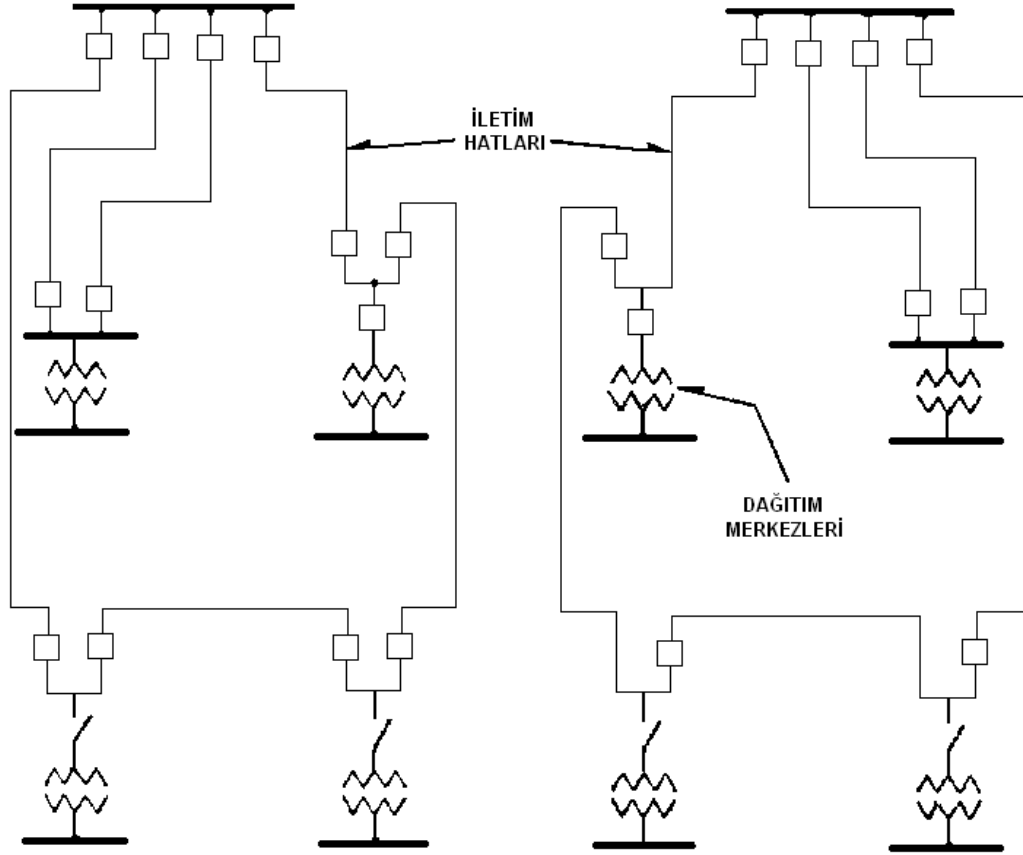
- Kesintisiz enerji alınabilir.
- Gerilim düşümü çok azdır.
- Büyük güçlü alıcılar bağlanabilir.
- Besleme transformatörlerinin yedek kapasiteleri küçük tutulabilir.

Sakıncaları:

- Şebekenin kuruluş, işletme ve bakımı zordur.
- Kısa devre akımının etkisi büyüktür.
- Sıfırlama zorlukları vardır.

1.7.3. Ring Şebekeler :

Ring şebekeler, kapalı şebeke türündendir. Ring şebekelerde besleme, bir yerden yapılabildiği gibi birkaç yerden de yapılabilir. Bu tür şebekeler ile tüketim merkezlerinin enerji ihtiyaçları kesintisiz olarak karşılanabilir. Kesit her yerde aynıdır. Bu nedenle daha çok iletken kullanılır. Şebekenin işletme güvenliği fazladır. Besleme kaynağı birden fazla olursa, beslemenin sürekliliği de artar. Orta gerilim şebekeleri çoğu zaman ring şebeke türünde düzenlenirler. Ayrıca, endüstri işletmeleri ile benzeri işletmelerde, köy ve kasaba dağıtım şebekelerinde bu tür uygulamalar görülebilir. Bunlardan ayrı olarak, fabrika, işletme, motel, park, kamplar ve benzeri yerlerde iç aydınlatma devreleri ring şebeke şeklinde düzenlenebilir.



Şekil 1.7. Ring Tipi Dağıtım Sistemi

1.8. Literatürdeki Çalışmalar

General Elektrik, 1979'da Amerikan Enerji Departmanının anlaşması altında yük modelleme metodolojileri üzerine çalışmalar yapmıştır [8]. Güç sistemi muhtemel yük modeli, bu çalışmalar altında geliştirildi. Pratik yük modellemenin iki anahtar gerekliliği, yük model deneylerini ve veri miktarını en aza indirmektir. Enerji restorasyon simülasyonunun genel metodlarını test ettiler. Ana fikir, ev içindeki detaylar olmaksızın termostatlı bir evin termal karakteristiklerini bulmaktır. Bazı çeşitlendirilmiş ihtiyaç verilerinin ek bilgi olarak kullanılmasıyla, evsel yük dinamiklerini tek bir parametre ile göstermede ve alan ısıtma yük modellemesini yapmada başarılı olmuşlardır.

1979'da New York City'de Con Edison, yapılan çalışmalara bağlı olarak evsel yük alanı için enerji restorasyonunu simüle eden bir bilgisayar modeli geliştirmiştir. [9]. Simülasyonun başarılmasına rağmen zaman limitleri nedeniyle proje tamamlanamadı.

Los Angeles Su ve Güç Departmanı, tekrar enerjilendirilme zamanını minimize etmek için düşük gerilim kullanarak güç sistemlerinin restorasyon problemlerini çalışmışlardır [10]. Amaca ulaşmak için anahtarlama operasyonlarının sayısını minimize etmeye çalıştılar. Asıl mesele, uzun kesintilerden sonra güç iletim sistemlerinin tekrar enerjilendirilmesi anındaki güç akışıdır. Zaman, elektrik güç sistemlerinin restorasyonunda önemli bir etkidir. Simülasyon sisteminin sonuçlarını, güç akış çalışmalarıyla karşılaştırmışlardır. Bu testleri, servis alanı içine yerleştirilmiş güç iletim sistemlerinin mümkün olduğunca geniş kısmının, uzun kesintilerden sonra enerjilendirilmesi ile oluşan düşük gerilimin kullanılması durumunu incelemek için yapmışlardır.

Saskatchewan Güç Şirketi, dağıtım trafolarına enerji restorasyonunun etkilerini çalışmıştır [11]. Trafoların tekrar enerjilendirilmesindeki mesele, evsel alanların dış sıcaklık değişimleridir. Simülasyonları, termostat kontrollü yüklerin dinamik karakteristiklerini hesaplar. Çalışmalarında, restorasyon yük eğrilerini ortaya çıkaran başlangıç durumları altında, evsel cihazların yük karakteristikleri ile termostat kontrollü yüklerin hesaplanan verilerini kombine etmişlerdir. Saskatchewan Güç Şirketi simülasyon programı tarafından kullanılan cihazların karakteristikleri, kalkış ve kararlı hal karakteristiklerini içerir. Hem aktif hem de reaktif güç karakteristikleri;

- Buzdolabı / Dondurucu
- Flüoresan Aydınlatma
- Enkandesan Aydınlatma
- Fırın Fanları
- Isıtma Elemanları
- Elektrik Fırınları

Bu çalışmada, cihazlar yük tiplerinin yüzdelik oranlarına göre tanımlanmıştır. Hesaplanan restorasyon yük eğrilerinden, trafoya karşılık gelen ısıyı hesaplamış ve en önemli iş olarak, trafo ömrüne soğuk yükün etkileri üzerinde tahmin yapmışlardır.

Diğer endüstriyel güç şirketleri ve üniversiteler, büyük indüksiyon motorlarının kalkışı ile ilgili çalışmışlardır. Kalkınma akımını gösteren enerjilendirme boyunca motor yükünü simüle etmişler ve kalkışı yavaşlatmak ve düzeltmek için prosedürleri bulmaya çalışmışlardır. Örneğin; General Elektrik Şirketi büyük gerilim düşümleri için toplam indüksiyon motor yüklerinin dinamik modelini yapılandırmaya çalışmıştır [12].

Doç. Dr. Canbolat UÇAK, 2005 yılında yayımladığı “Distribution System Restoration After Prolonged Outages” isimli makalesinde soğuk yük restorasyonunda yüklerin tek veya birçok kaynaktan beslenme durumunda önerilen restorasyon prosedürleri üzerinde durmuştur [13]. Dağıtım sistemlerindeki termostat kontrollü cihazların artması ve bu cihazlar arasındaki eşzamanlılık katsayısının uzun süreli kesintiler sonunda kaybolması, soğuk yük sorununa neden olmaktadır. Soğuk yük, uzun kesintiler sonunda sisteme tekrar elektrik enerjisi verilmesi esnasında aşırı yük yaratır ve indirici merkezlerde yeterli transformatör kapasitesinin bulunmaması halinde restorasyon sorunu çıkarabilir. C. UÇAK, makalesinde termostat kontrollü cihazlar üzerinde durmuş ve bu cihazların ortam sıcaklığına bağlı olarak uzun süreli kesintilerden sonraki çalışma şartlarını incelemiştir. Enerji restorasyonu süresince müşteri kesinti zamanını minimuma düşürmek için sistem restorasyon zamanını, anahtarlama sırasını ve transformatör sıcaklıklarını hesaplayacak algoritmalar sunmuştur.

Vinit GUPTA ve Anil PAHWA “A Voltage Drop-Based Approach to Include Cold Load Pickup in Design of Distribution Systems” isimli makalelerinde enerji restorasyonu boyunca transformatör ve fiderlerin kabul edilebilir yüklenmelerini ve uygun gerilim, minimum müşteri kesintisi sağlamak için dağıtım transformatör merkezleri ve fiderlerin planlanmasında yaklaşımlar sunmuşlardır [14].

Cengiz Akgün “Cold Load Pickup of Large Secondary Network Distribution System” isimli tez çalışmasında elektrik kesintileri sonrasında devrede olan yükleri test ederek bu yüklere ait dinamik empedans eğrilerinin bir çiftini yani aktif ve reaktif kısımlarını (α_r ve α_x) elde etmiştir [1]. Bu eğriler, yük empedanslarının zaman ve gerilimle nasıl değiştiğini gösterir. Tüm cihazlar için α eğri verilerinin kalkınma akımı süresince her bir zaman artışında yük blok empedanslarının hesaplanmasını sağlayan kaydırma programına girilmesiyle her cihaz için α eğri setlerinin aynı kırılma noktasına sahip olup olmadığı incelenmiştir. Gerilim seviyesi düşerken α eğrisinin bölümlerine karşılık gelen eğimler küçülür. Eğer cihazın herhangi bir tipi için α eğrisinin seti bu şartları sağlamazsa bir problem var demektir.

1.9. Tezin İçeriği

Tezin ilk bölümünde enerji restorasyonunun tanımlanması üzerine durulmuş, tezin amacı ve içeriği verilmeye çalışılmıştır.

İkinci bölümde şebeke ve şebeke bölümlerinin tanımlanması yapılmaktadır. Şebekedeki yük tipleri ve bu tiplere ait cihazlar sınıflandırılarak incelediğimiz bölgelere ilişkin cihazların yüzdeler oranları verilmektedir.

Üçüncü bölümde C. Akgün’ün hazırlamış olduğu “Cold Load Pickup of Large Secondary Network Distribution Systems” isimli tezinin seçtiğimiz şebekelere uygulanması gösterilmekte, dinamik empedans modeli ve kaydırma işleminin grafiksel metodu açıklanmaya çalışılmaktadır. Ayrıca simülasyon için gerekli olan verileri gösterir tek hat şeması çizilerek simülasyon programı anlatılmaya çalışılmıştır. Daha sonra seçilen 2 pilot bölge tanımlanmış ve simülasyonları yapılmıştır. Burada 1. Bölge sadece evsel yerleşimin olduğu ve gelişmeye açık Yuvam Akarca Konut Alanı, 2. Bölge ise şu anki toplam yükü ile kapasitesinin sınırında olan ticari ve evsel yüklerden oluşan Vilayet ve çevresidir. Tez çalışması çerçevesinde bu bölgelere ait enerji akış

diyagramları hazırlandı, bölgede kullanılan yük tipleri ve miktarları için araştırmalar yapıldı. Ayrıca bu bölgelerdeki trafo ve hat karakteristikleri belirlenerek kullanılacak olan bilgisayar programı için gerekli veriler tamamlandı. Yük tip testleri daha önceki çalışmalardan alındı ve ülkemizde kullanılan gerilim seviyesine (0,4/0,23 kV) göre uyarlandı. Bu bilgiler doğrutusunda mevcut durumlar için simülasyon sonuçları elde edildi. Ayrıca olması muhtemel yük tip ve kapasite durumlarına göre tasarlanan modeller için bilgisayar programı uygulanarak elde edilen simülasyon sonuçları mevcut durum sonuçları ile karşılaştırılarak yük tip ve kapasitelerinin şebekeye olan etkileri incelendi.

Dördüncü bölümde farklı gerilim değerleri için yüklere ait birleşik dinamik empedans eğri grafikleri çizdirilerek, bu grafiklere ait polinom ifadeleri elde edilmiştir.

Beşinci bölümde ise ifade edilmeye çalışılan bilgiler doğrutusunda ulaşılan sonuçlar özetlenmekte ve gelecek çalışmalar için önerilerde bulunmaktadır.

2. SİSTEM TANIMI

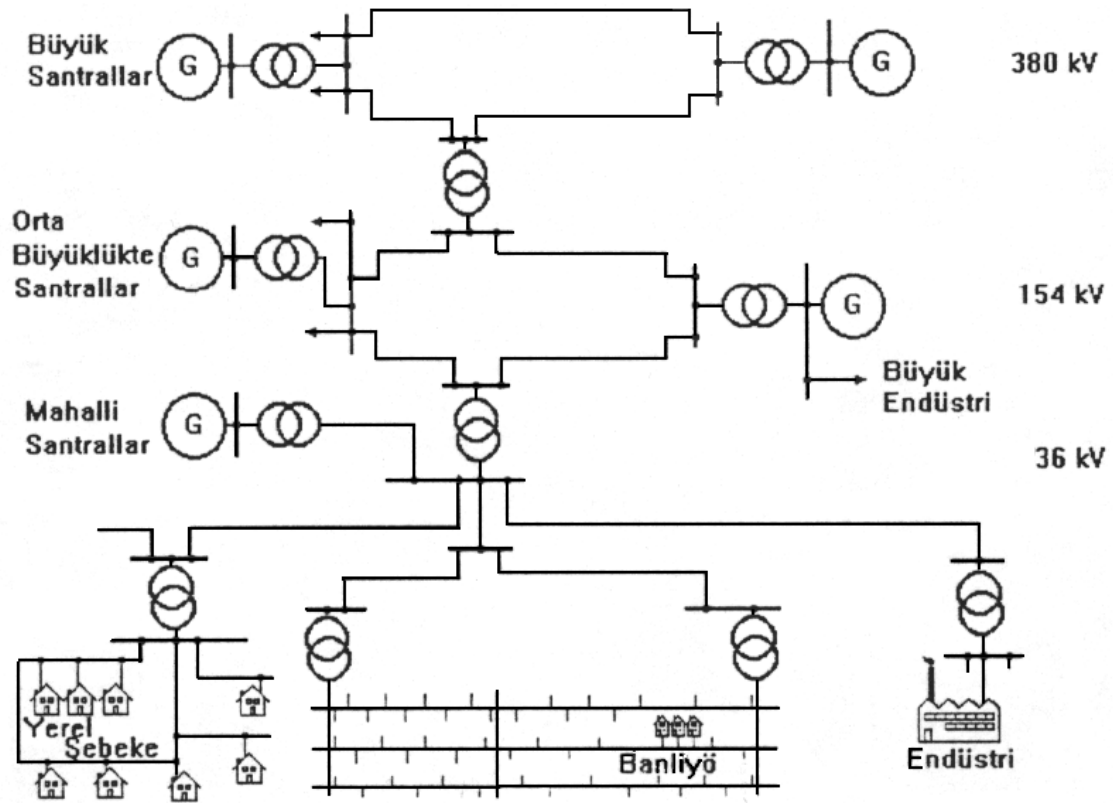
2.1. Giriş

Bu bölümde şebeke ve şebeke bölümlerinin tanımlanması yapılacaktır. Ayrıca yük bloklarına ait cihaz sınıflamaları ile yük bloğuna ilişkin yüzdeler oranları gösterilecektir.

2.2. Elektrik Şebekeleri

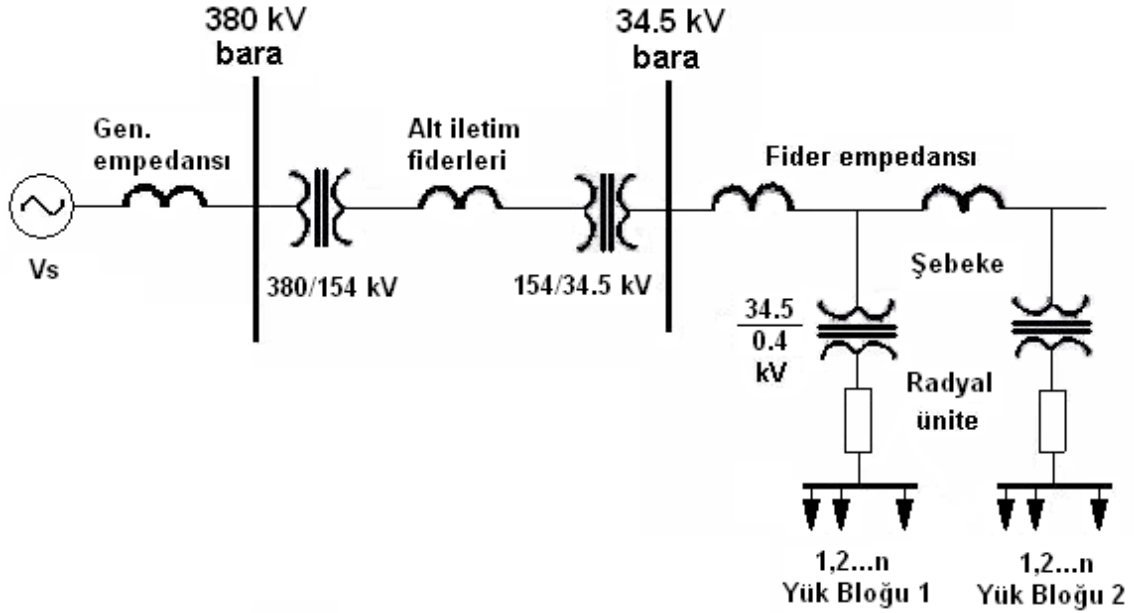
Elektrik şebekeleri, yapı ve işletim olarak birbirinden farklı özelliklere sahip belli başlı şu ana bölümlerden oluşur (Şekil 2.1.).

- Elektrik enerjisinin üretildiği santraller,
- Çeşitli santrallerin birbirleriyle bağlantısını gerçekleştiren ve üretilen elektrik enerjisini dağıtılacak bölgeye taşıyan iletim şebekesi,
- Elektrik enerjisinin belirli bir bölgede dağıtılmasını, dolayısıyla tüketicilerin kullanımına sunulmasını sağlayan dağıtım şebekesi [7].



Şekil 2.1. Elektrik Şebekesinin Bölümleri

Şebekeye ait basitleştirilmiş tek hat eşdeğeri Şekil 2.2’de gösterilmektedir. Şebeke 380 /154 kV, 154 /34,5 kV, 34,5 /0,4 kV’luk indirici transformatörleri, 380 kV, 154 kV, 34,5 kV’luk şebeke fiderlerini içermektedir. Transformatör ve fiderlerin empedansları üretici verilerinden belirlenmektedir.



Şekil 2.2. Şebekenin Tek Hat Eşdeğeri [1]

Tek hat, hemen hemen aynı empedans ve yüke sahip, paralel çalışan şebeke fiderlerini modellemede kullanılır. Bu eşdeğer fider, yük blokları arasına eklenen kısımlar içinde bölündü. Yük blokları ve şebeke fiderleri arasında transformatörler, radyal ana hatlar ve kablo empedansları vardır. Şebeke yükü tek fider boyunca dağıtılan yük blokları ile şekillendirilir. Şekil 2.2'deki her yük bloğu farklı cihaz ve ekipmanların büyük gruplarını içerir. Bu bileşenlerin her biri kendi terminal gerilim ve akım ilişkilerinin kalkış süresince modellendiği dinamik empedanslarıyla gösterilir [15].

2.3. Yük Blokları

Enerjilendirme süresince devrede olan her bir yük bloğu cihaz gruplarından oluşur. Kalkınma akımı süresince, şebekenin dinamik davranışı cihazların bir empedans olarak gösterilmesiyle simüle edilebilir. Bu yolla, eşdeğer fider boyunca gerilim ve akım profili belirlenebilir. Kişisel yük blokları evsel, ticari ve endüstriyel olarak farklı şekillerde gösterilebilirler.

Tablo 2.1. Simülasyonda Kullanılan Yük Blokları

a) Eysel Yük Blokları	b) Ticari Yük Blokları	c) Endüstriyel Yük Blokları
Buzdolabı / Dondurucu	Buzdolabı / Dondurucu	Buzdolabı / Dondurucu
Çamaşır Makinesi	Televizyon	Küçük AC Motor
Bulaşık Makinesi	Bilgisayar / Monitör	Klima
Televizyon	Printer / Fax	Fan
Bilgisayar / Monitör	Klima	Flüoresan Ayd.
Printer / Fax	Flüoresan Ayd.	Transformatör
Klima	Enkandesan Ayd.	
Flüoresan Ayd.	Fan	
Enkandesan Ayd.	Kompresör / Pompa	

Tablo 2.2. Simülasyonda Kullanılan Yük Bloklarına ait Cihazların Yüzelik Oranları[1]

	Eysel Yük	Ticari Yük	Endüstriyel Yük
Flüoresan Ayd	2,8	46,2	61,4
Enkandesan Ayd.	15,7	12	-
Bilgisayar / Monitör	1	5,7	-
Laptop	0,1	1	-
Printer / Fax	0,1	0,5	-
Televizyon	1,2	1,3	-
Buzdolabı / Dondurucu	18,9	6,1	1,5
Klima	32	-	30,7
Fan	6,9	2,5	2
Rezistif Yük	3,2	21,5	-
Kompresör / Pompa	-	3,2	-
Küçük AC Motor	18,1	-	4,4

2.4. Şebeke Fiderleri

Şekil 2.2’de tüm fiderler tek bir kablo ile gösterilmektedir. Bu fiderler alan transformatör merkezlerine yerleştirilen transformatörlerin ikincisinden birincisine paralel bağlı set olarak görülmektedir. Bu nedenle, bir fiderin empedansı bulunurken, toplam fider empedansı eşdeğer kabul edilen fider sayılarına bölünür. Bu, şebekenin tek hat eşdeğeriyle gösterimini mümkün kılar.

Kalkış boyunca doğru bir gerilim profili elde etmek için şebeke fiderlerinin empedansını belirlemek önemlidir. Transformatör merkezlerinden uzaklaştıkça empedansın değeri artarken fider kablosunda gerilim düşümü oluşur, böylelikle yük yerleşimine ve dağıtımına bağlı olarak gerilim profili şekillenir.

2.5. Şebeke Transformatörleri ve Kablolar

Yük blokları ile fiderler arasında, şebeke transformatörleri ve kablo empedansları yer alır. Tüm şebeke aynı anda enerjilendiğinde transformatör merkezlerindeki kesiciler kapanırken şebeke kalkışa başlar. Akım, transformatör merkezinden yüke fiderler boyunca akar. Devre geçici durumu yük ve transformatör merkezi arasındaki empedansın rezistif ve reaktif kısımlarından etkilenir. Bu empedanslar simülasyon programında kullanılmaktadır ve nominal gerilim ve sistem gücü temel değer olarak yüzdeleriyle alınır [1].

2.5.1. Şebeke Transformatörünün Mıknatıslanma Akımı

Güç transformatörleri, elektrik güç sistemleri için hayati öneme sahip pahalı elemanlardır. Bu yüzden korunmaları önemlidir. Arızaları önlemek için koruma rölesi tasarımı önemli bir problemdir. Röle tasarımı, iç sargı arızalarına ve toprak arızalarına

karşı koruyucu olmalıdır. Bunun yanı sıra koruma rölesinin yanlış işlem yapmasına neden olacak lineer olmayan etkiler de göz önüne alınmalıdır. Bu etkilerin bazıları; ani mıknatıslanma akımının ani artışı, aşırı uyarma durumu, akım trafosu doyması, trafonun kademe değiştiricisi nedeniyle değişken dönüştürme oranıdır. Lineer özellik göstermeyen bu çalışma durumları bir arıza durumunu ifade etmediği halde trafo koruması olarak kullanılan diferansiyel rölede hatalı diferansiyel akımlar oluşturarak yanlış işleme neden olurlar. Güç transformatör sargılarındaki hata akımlarının saptanması için diferansiyel röle kullanılır. Bu rölenin çalışma prensibi, primer ve sekonder akımları belli bir temele göre çevirip, kıyaslamaya dayanır. Normal işletme koşulları altında bu fark küçüktür.

Kesici tarafından transformatöre olan enerji akışı kesilince, çekirdek bir miktar akıyı tutar. Daha sonra trafo enerjilendirildiğinde çekirdek bu kalıcı akı nedeniyle doyuma gidebilir. Bu durumda primer sargılar, güç sisteminden büyük değerde mıknatıslanma akımı çeker. Sekonder akımı ise yük olmadığı için çok küçüktür veya sıfırdır. B durum ani magnetik akı boşalması olarak adlandırılır. Magnetik kalkınma akımı trafo enerjilendirildiğinde yalnızca primer sargılarda dolaştığı için diferansiyel akım büyüktür ve diferansiyel rölenin işlem yapmasına neden olur [16].

Mıknatıslanma akımının genliği geçici durum periyodunun yanı sıra şunlara bağlıdır [1].

- Anahtarlama anında oluşan gerilim dalgası.
- Alternatif akımın ilk yarım periyoduyla ilişkili transformatör demir çekirdeğindeki sürekli mıknatıslanmanın değeri ve kutbu.
- Demir çekirdeğin doyma kapasitesi.
- Uyarım sargısının kaçak endüktansı.
- Devrenin toplam empedansı.
- Sekonder terminallere bağlı olan yükün tipi.

Mıknatıslanma akımının oluşmasına neden olan durumlar şu şekilde sıralanabilir:

- Transformatörün enerjilendirilmesi
- Bir dış arıza temizlendikten sonra sistemin geriliminin normal seviyeye dönmesi
- Oluşan bir dış arızanın karakterinin değişmesidir.

Bu etkenlerin yanında çalışmalar sonucu sistemde oluşacak gerilim düşümünün transformatörü doyuma ulaştırabileceği ve bu durumun da magnetik mıknatıslanmaya neden olduğu görülmüştür [17].

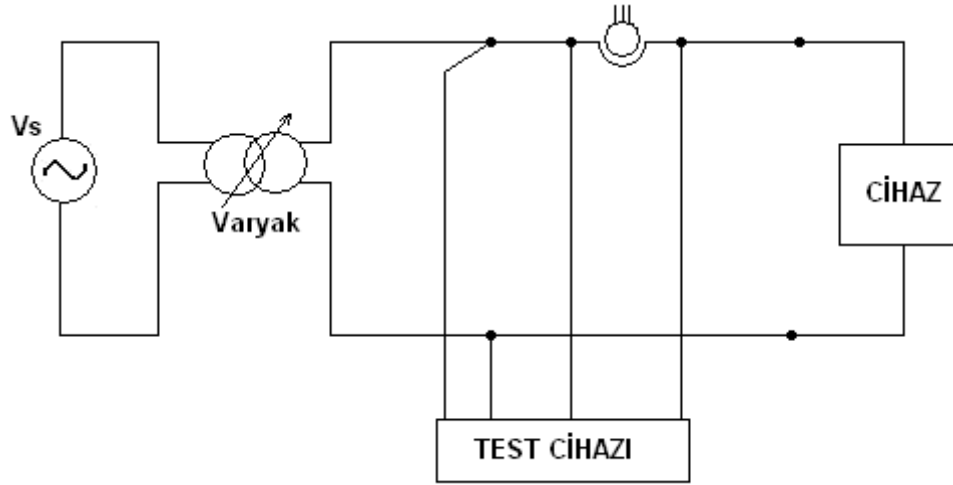
2.6. Diğer Bileşenler

Bu anlatılanların yanı sıra şebeke fiderleri üzerinde alan transformatörleri, iletim hatları, oto transformatörler ve kaynak gerilim ve kaynak empedansları yer almaktadır. Bunların hepsi yüzde değerleriyle programa girerler. Burada temel gerilim normal çalışma gerilimi ve temel güçte sistemin temel değeridir [1].

2.7. Elektrikli Cihazların Testleri

Elektrik şebekesi kesintiden sonra tekrar enerjilenirken, kalkınma akımı fider ve transformatör empedansları nedeniyle güç dağıtım sisteminde gerilim düşümüne sebep olur. Bu yüzden güç restorasyonu süresince müşteri gerilimleri zamana ve bölgeye bağlı olarak çeşitlilik gösterir. Testler süresince farklı gerilim değerlerine ayarlanan kaynak gerilimi (Vs) sabit tutularak gerilim/akım değerleri kaydedilmiştir [15].

2.7.1. Test Şeması



Şekil 2.3. Test Şeması

2.8. Veri Analizi

Tüm cihazlar, kalkıştan kararlı hale kadar olan periyotlar boyunca empedansı $Z = |Z| \cdot e^{j\theta} = R_t + jX_t$ düzgün olarak değişen 2 terminalli siyah bir kutu gibi gözükür. Z değerlerine ait tablo yapıldıktan sonra, miktarlar;

$$\alpha_r = \frac{R_o}{R_t} \quad \text{ve} \quad \alpha_x = \frac{X_o}{X_t}$$

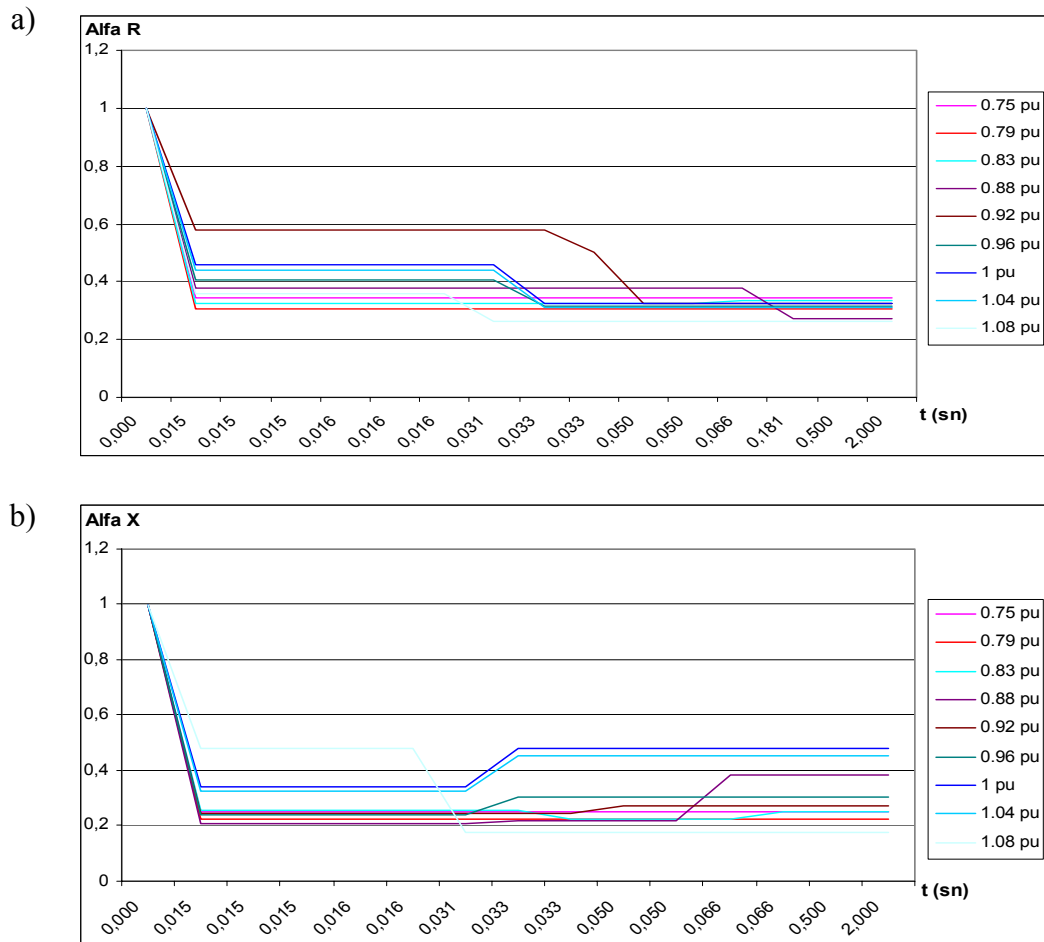
olarak hesaplanır. Burada R_o ve X_o ; $t = 0$ 'da R_t ve X_t 'nin değerleridir. Bu sonuçlar kullanılarak kaynak geriliminin her bir sabit değerine karşılık gelen α_r ve α_x eğrilerinin grafiği çizilmektedir.

α eğrileri yük empedansının zaman ve gerilimle nasıl değiştiğini gösterir ve her cihazın başlangıç karakteristiğini tanımlamakta temel unsurdur [1].

2.9. Dinamik Empedans için Örnek Grafik

2.9.1. Flüoresan Lambalar

- **Elektronik Flüoresan Lambalar:** Testleri 0.75-1.08 pu ($U_T = 230$ volt) gerilim seviyeleri arasında 0.0416 pu gerilim aralıkları ile yapılmıştır [15].



Şekil 2.4. a) Elektronik Flüoresan Lamba için α_r Eğrileri

b) Elektronik Flüoresan Lamba için α_x Eğrileri

Testler sonucu oluşturulmuş olan diğer cihazlara ait dinamik empedans modelleri Ek-A'da yer almaktadır.

2.10. Sonuçlar

Şebeke modellemesinin sağlanabilmesi için Şebekenin tek hat eşdeğeri ile gösterilmesine gerek duyulur. Ayrıca mŐŐterilere ait cihazların bilinmesine ihtiyaç vardır. Modelleme için, kalkınma akımı sŐresince Şebekenin dinamik davranışı cihazların bir empedans olarak gösterilmesiyle simŐle edilebilir. Bu yolla, eşdeğer fider boyunca gerilim ve akım profili belirlenebilir.

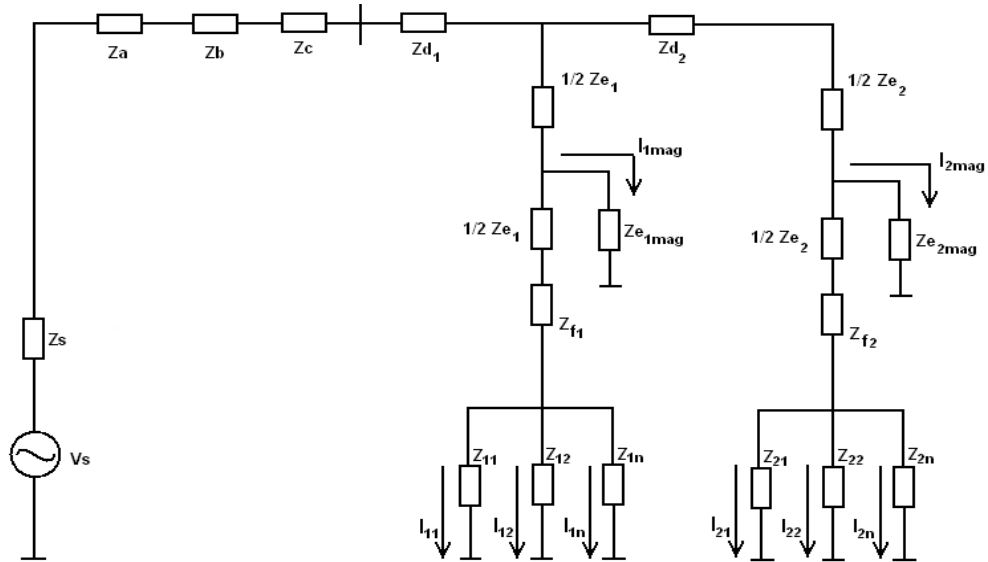
3. BİLGİSAYAR SİMÜLASYONU

3.1. Giriş

Bu bölümde bilgisayar simülasyonunun yapılabilmesi için gerekli olan verilerin neler olduğu anlatılmaya çalışarak Kocaeli İline ait iki farklı yük dağılımına sahip şebekenin analizi amaçlanmıştır. Bunun için seçilen şebekelerden biri %100 evsel yüklü olan Yuvam Akarca Konutları diğeri ise %15'i evsel, %85'i ticari yüklerden oluşan İzmit Vilayet çevresidir. Farklı yük tiplerine sahip şebeke seçimi, bize hangi yüklerin enerji restorasyonu sırasında şebekeyi daha fazla zorladığını gösterecektir.

3.2. Bilgisayar Simülasyonunun Adımları

Gerçek 3 fazlı sistemi dengeli olarak düşünebiliriz. Bu durumda şebeke Şekil 3.1'deki gibi tek hat diyagramı ile gösterilebilir.



Şekil 3.1. Simülasyon için Radyal Hat Dağıtım Sisteminde Kullanılan Tek Hat Eşdeğeri[1].

Burada;

- V_s ve Z_s : Sistem eşdeğer kaynak gerilim ve empedansı.
 Z_a, Z_c, Z_e, Z_{mag} : Otomatik, yüzey ve hat transformatör empedansı (Z_{mag} hat transformatör dinamik empedansı).
 Z_f, Z_d, Z_b : Radyal hat, şebeke fideri.
 Z_1, Z_2, \dots, Z_n : Bloklardaki cihaz ve ekipmanlar.

Şekil 3.1 'den görülüyor ki terminal gerilimi yük bloklarındaki her cihaz için aynıdır. Fakat fider empedansları dolayısıyla bir bloktan diğerine fark eder. Tekrar enerji verme problemini çözmek için aşağıdaki 3 adım göz önünde bulundurulmalıdır.

Adım 1 :

Tekrar enerjilendirilecek şebeke, tek hat eşdeğeri ile gösterilmelidir.

Adım 2 :

Eşitlikler, Kirşof Gerilim Kanunları yerine getirilerek yazılmalıdır. Her eşitlik Şekil 3.1 'deki devrede tek çevreyi gösterir. Örneğin I_{11} için çevre eşitliğini yazarsak denklem;

$$V_s = (Z_x + Z_{e1} + Z_{f1} + Z_1)I_{11} + (Z_x + Z_{e1} + Z_{f1})I_{12} + \dots + (Z_{x+1}/2Z_{e1} + Z_{mag})I_{mag} + \dots + Z_x I_{mag} \quad [3.1]$$

olacaktır.

Burada;

$$Z_x = Z_s + Z_a + Z_b + Z_c + Z_d1 \quad \text{ve} \quad m, \text{ blok sayısıdır.} \quad [3.2]$$

$m \cdot (n+1)$ çevre eşitliği yazılmalı ve çözümlenmelidir. m indeksi blokların sayısını ve n herhangi bir bloğun ekipman birimlerinin en yüksek sayısını gösterir. (Bloklar yük karakteristiklerinin farklı olması nedeniyle aynı ekipman sayısına sahip değildir). $(n+1)$ akım değişkenine, modelin içerdiği blok dağıtım transformatörlerinin mıknatıslanma akımından dolayı n değişkeninden daha çok ihtiyaç duyulur.

Lineer eş zamanlı denklemler gösterilir ve bilgisayar programında aşağıdaki matris analiziyle çözülür.

$$[Im_{(n+1)}] = [Zp]^{-1} \cdot [Vs] \quad [3.3]$$

Burada;

Vs : Kaynak gerilim matrisi

$Im_{(n+1)}$: Şebekeye bağlı her ekipman biriminden akan akımın ve de şebeke transformatörlerinin mıknatıslanma akımının rms değerlerinin matrisi

Zp : Şebekenin toplam empedans matrisi

Zp empedans matrisinin boyutları, $m \cdot (n+1) \times m \cdot (n+1)$ 'dir. Kalkış aralığı boyunca her cihazın empedansı zamanla sürekli değişir. Dağıtım sistemlerinde tekrar enerji verme işlemi transformatör merkezlerinden başlamaktadır. Şebekenin içerdiği dinamik empedanslar, cihaz empedansları ile şebeke transformatör mıknatıslanma empedanslarıdır. Şebeke transformatörlerinden başka transformatörler için trafo merkezinden önce yerleştirildiklerinden dolayı mıknatıslanma geçici durumlarını kalıcı hale ulaşmış kabul ederiz.

Adım 3 :

Tekrar enerjilendirme simülasyonunu tamamlamak için shifting proses (kaydırma işlemi) olarak adlandırılan bu son adım zamanla dinamik empedansların değişimini simüle eder. Mekanik zaman sabitleri elektrik zaman sabitlerinden daha büyüktür. Bu duruma göre cihaz ve ekipmanların empedansı her küçük zaman artışının (yaklaşık 30 ms.) sonunda değişir fakat bunu sabit olarak kabul edebiliriz.

Yük bloğu gerilimi V_m :

$$V_m(tk) = \text{Im } n(tk) \cdot Z_n(tk) \quad \text{formülü ile hesaplanır.} \quad [3.5]$$

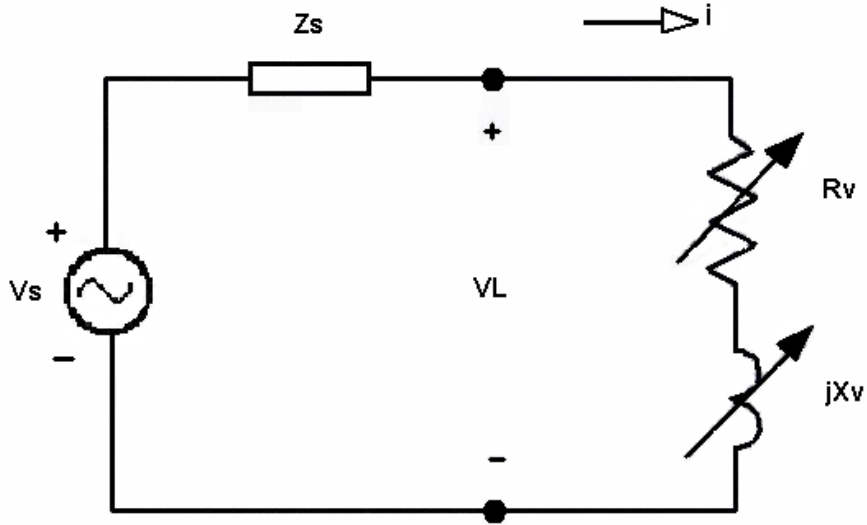
Burada;

Z_n : $t = t_k$ iken m. yük bloğundaki n. cihaz ve ekipmanların dinamik empedansı.

t_k : Hesaplama sırasındaki ayrık zaman. ($k = 0,1,2,3,\dots$)

3.3. Dinamik Empedans Modeli

Kalkış aralığı süresince, her cihazın empedansı zamanla sürekli olarak değişir. Evsel, endüstriyel ve ticari yüklerin farklı bileşenlerinin her biri bir dinamik empedansla gösterilebilir. Şebekedeki dinamik empedanslar, cihaz empedansları ve şebeke transformatör mıknatıslanma empedanslarıdır. Şekil 3.2'de şebekenin yük tarafından görünen Thevenin eşdeğeri, V_s ve Z_s ile gösterilmiştir [16].



Şekil 3.2. Dinamik Yük Gösterimi

Burada R_v ve X_v kararlı hal aralığındaki rezistans ve reaktans değerleridir. Cihazların her biri için R_v ve X_v değerleri giriş gerilimi ve akımı ani takip edilen laboratuvar testlerinden elde edilir. Bilgisayar programı R_o ve X_o ($t=0'$ da her empedansın ilk değeri) girdileri olarak kabul eder. Her ara için cihazların terminal gerilimi (V_L) kalıcı hale ulaşana kadar tekrar hesaplanır.

$$\alpha_r = \frac{R_o}{R_t} \quad [3.6]$$

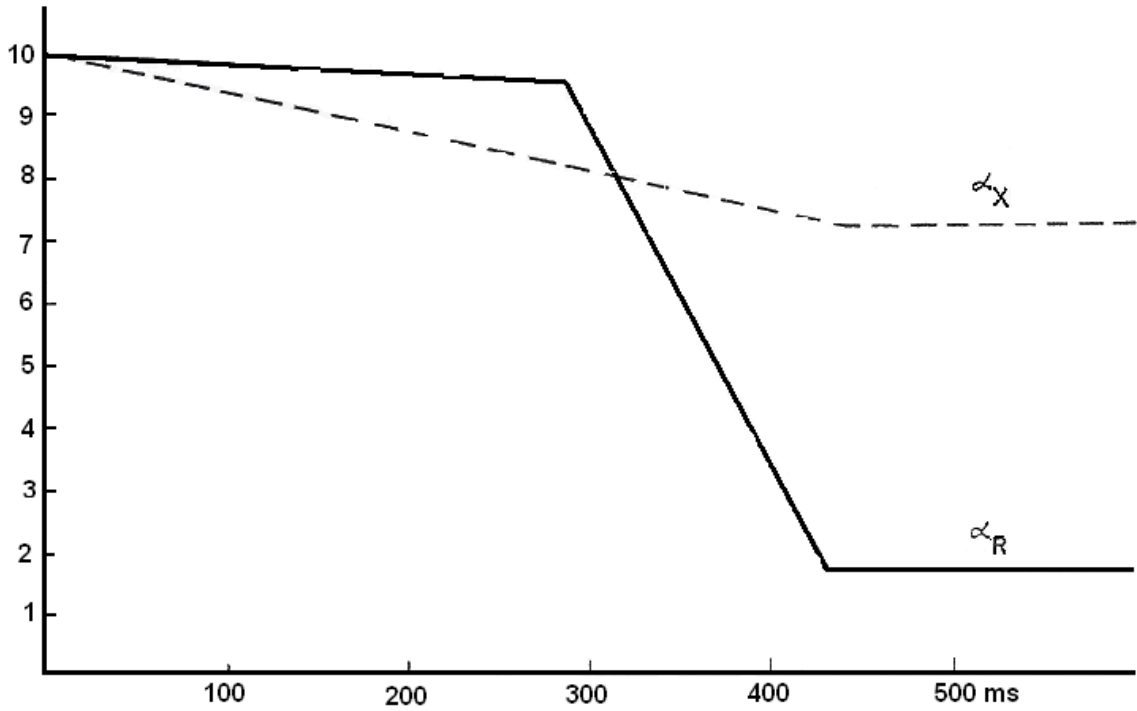
$$\alpha_x = \frac{X_o}{X_t} \quad [3.7]$$

R_o, X_o : Yükün kalkıştaki rezistans ve reaktansı.

α_r, α_x : Her bir zaman aralığında geçerli R_v ve X_v değişkenlerinin karşılıklı değişimlerini ifade eder.

Tüm α eğrileri $t=0'$ da 1 pu'dur.

Bir takım testler evsel, ticari ve endüstriyel alanlarda kullanılan cihaz ve ekipmanların farklı türleriyle denenmiştir [15]. Bu testlerin sonuçları ile her tip ekipmanın α eğrilerinin (α_r ve α_x) bir çifti elde edilmiştir. Bu eğriler, bu özel ekipman ünitelerinin empedanslarının zaman ve gerilimle nasıl değiştiğini gösterir.



Şekil 3.3. Sabit Terminal Geriliminde Dinamik Empedans Eğrilerinin Karakteristiği

Şekil 3.3 pompa veya çamaşır makinesi gibi motor yüklerinin kalkış karakteristiklerinin tipik şeklidir. Motor ivmelenirken, motorun zıt elektromotor kuvvetinin yükselmesiyle kırılma ortaya çıkar. Bunu takiben zamanın bağlı olduğu karakteristik ivmelenme tork fonksiyonu ve V_L terminal gerilimidir. (Tork V_L 'ye bağlı). Gerilim ne kadar yükselirse ivmelenme torku o kadar yükselir, böylece kalkış zamanı o kadar kısalmır. Şekil 3.4'te α_r 'nin lineer eğrisi, nominal değerlerin altında ve üstündeki 3 sabit gerilim $V_L = V_1, V_2, V_3$ için gösterilmiştir (Benzer şekilde α_x 'te elde edilmiştir).

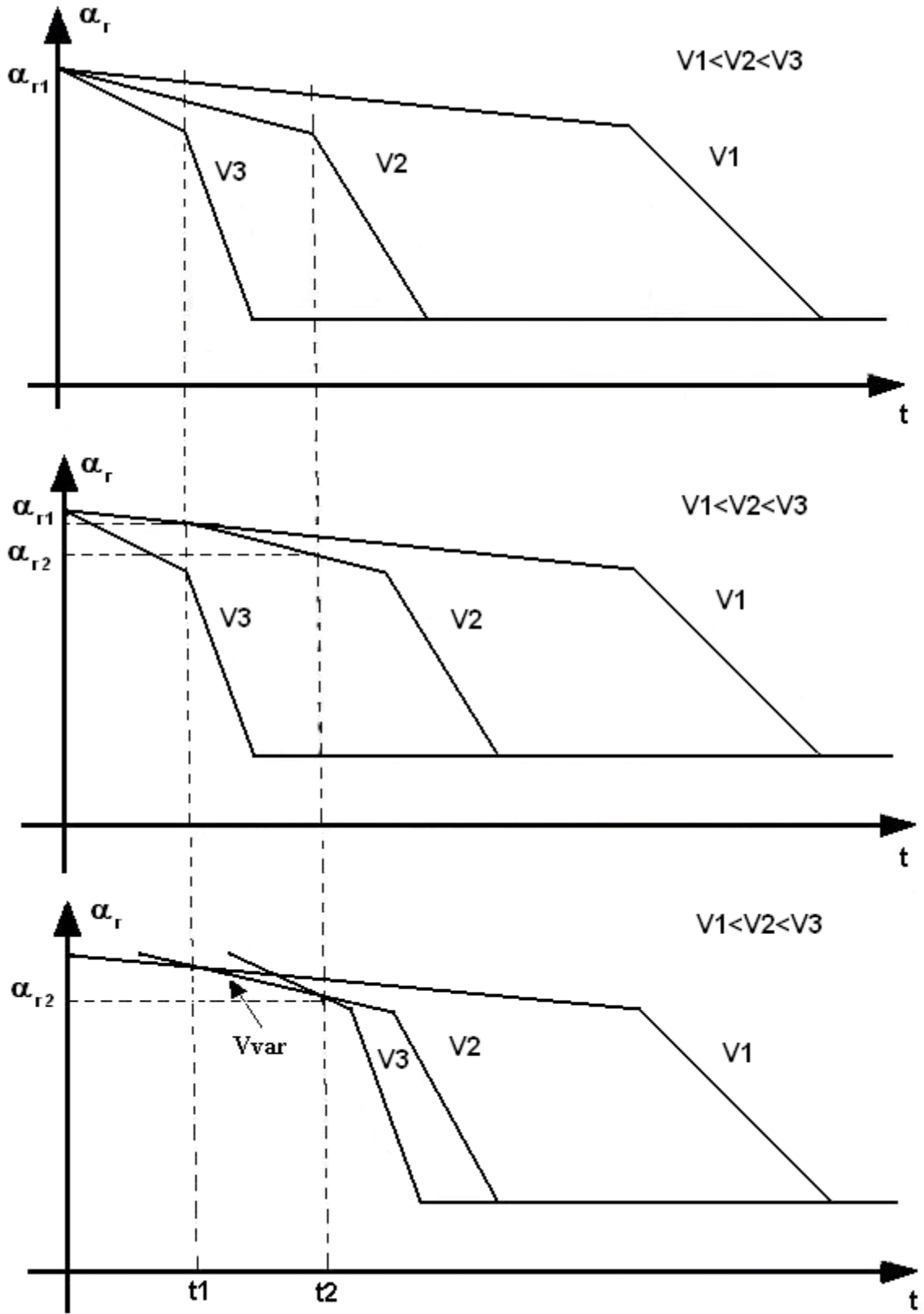
Şekil 3.4'teki karakteristiklerin her biri sabit bir gerilim için çizilmiştir. Bu, kaynağın sonsuz bara ($Z_s = 0$) olması nedeniyle tek bir cihazın laboratuvar testleri boyunca hüküm süren bir durumdur ve V_L sabit olacaktır. Fakat kalkış boyunca V_L değişir ve her aralık için V_L şu denklemlerle hesaplanır.

$$V_L(\alpha r, \alpha x) = V_s \cdot \frac{\frac{R_o}{\alpha r} + j \frac{X_o}{\alpha x}}{Z_s + \frac{R_o}{\alpha r} + j \frac{X_o}{\alpha x}} \quad [3.8]$$

3.3.1. Kaydırmanın Grafiksel Metodu

Kalkış testleri V_1 , V_2 , V_3 terminal geriliminin çeşitli değerlerinde yapılmıştır. Doğrusallıktan biraz farklı sürekli eğriler lineer kısımlara bölünür.

$t=0$ 'dan başlayarak $\alpha r = \alpha x = 1$ olduğu gözlenir. Terminal gerilimi, bu değerlerle yukarıdaki V_L formülü ile belirlenebilir.



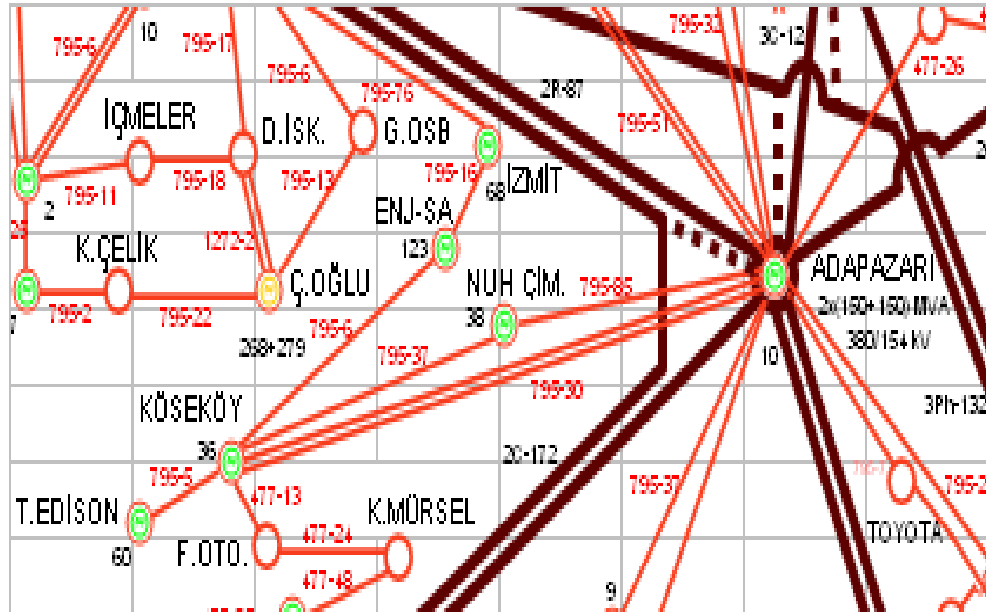
Şekil 3.4. Kaydırma Metodunun α_r Eğrilerine Uygulanması [1].

Bu durumda terminal gerilimi V_1 olsun. V_1 'e karşılık gelen α_r ve α_x karakteristikleri $\Delta t = t_1$ olan küçük bir zaman aralığı için bulunur, aynı zamanda yük empedansı α_{r1} ve α_{x1} tarafından karakterize edilir. Eşitlikteki α 'nın değerleri ile V 'nin diğer değeri elde edilir, buna V_2 diyelim. α_r ve α_x için V_2 karakteristiğinin $t=t_2$ 'de V_1 eğrisiyle kesişmesini sağlamak için küçük bir miktar sağa ötelenir. Eşitlikte gösterilen α_{r2} ve α_{x2} değerlerine karşılık gelen yeni V değeri elde edilir. (V_3 diyelim). V_3 karakteristiği α_r için Şekil 3.4'te gösterildiği gibi uygun miktarda sağa ötelenir. Bu işlem kalıcı hale ulaşmaya kadar tekrar edilir [1].

Terminal gerilimi, shaft (mil) hızı, magnetik akı, elektrik yükü ve sıcaklık gibi yükün fiziksel durumundaki değişiklikleri içermez. Bu karakteristikler enerji depolama elamanlarını kapsarlar. Bu değerler α eğrisinde kesin olarak gözükmez fakat kırılma noktasından bulunabilir. Bu noktalar yük durumunda belirli değişikliklere karşılık gelir. Bunu takiben zaman α eğrilerinde kesin ölçeklerle verilmiş gibi yorumlanmamalı ama her kırılma noktasında yeniden başlayacak sayılmalıdır. Genellikle her α eğrisi için zaman değişkeni her geçişle ötelenen skalada hareket eder [15].

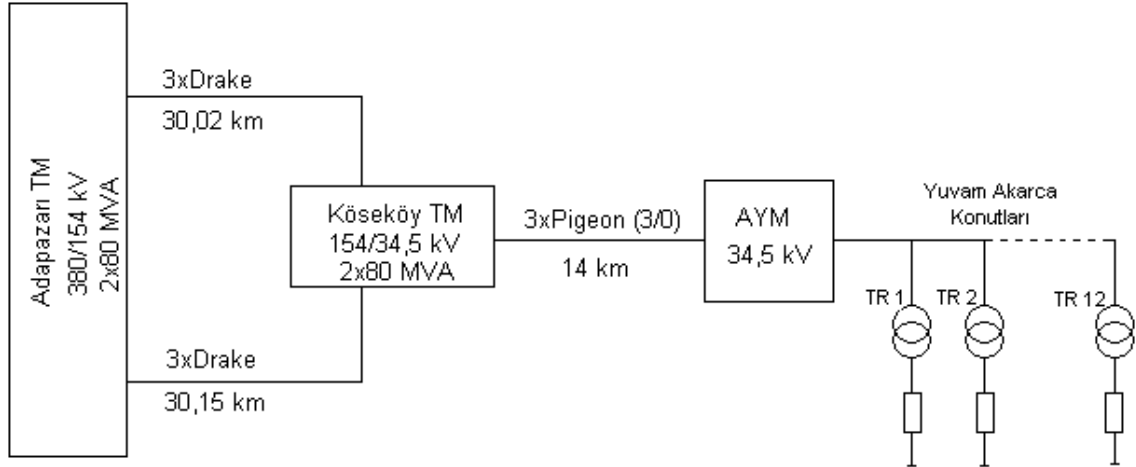
3.4. Yuvam Akarca Konutları Dağıtım Şebekesi

Pilot bölge olarak seçilen İzmit Yuvam Akarca Konutları bölgesinde 12 adet 1000 kVA gücünde trafo mevcuttur, trafolar arası bağlantılar $3(1 \times 95/16)$ mm² XLPE kablo ile yapılmıştır. Bu bölgeye enerji akışı Şekil 3.5'ten görüldüğü üzere Adapazarı'nda bulunan 380/154 kV ana indirici merkezden başlamaktadır. Enerji buradan çift devre Drake iletkenli hatla Kocaeli Köseköy bölgesinde bulunan 154/34,5 kV'luk indirici merkeze iletilmektedir. 34,5 kV gerilim ile Yuvam Akarca Konutları girişinde yer alan beton köşke gelmektedir. Buradan da Yuvam Akarca Konutları içindeki trafo binalarına dağıtılmaktadır. Bu iletim ve dağıtımına ilişkin tek hat şeması Şekil 3.6'da görülmektedir. Ayrıca simülasyon için gerekli hat empedans hesapları yapılmış olup Ek-B'de yer almaktadır.



Şekil 3.5. Adapazarı – Köseköy Enerji İletim Hattı

Bölgede yapılan küçük bir anket ile evlerde kullanılan elektrikli aletlerin neler olduğu tespit edildi. Kesinti sonrası otomatik olarak devreye giren bu cihazların toplam yüke oranları; %18,5 flüoresan lamba, %1,2 bilgisayar ve ekipmanları, %51 klima vb. motorlar, %29,3 ise diğer elektrikli ev aletleridir. Elde edilen bu değerler Tablo 2.2’de verilen değerlerle örtüşmekte olduğundan simülasyonlar yapılırken Tablo 2.2 göz önüne alınmıştır.

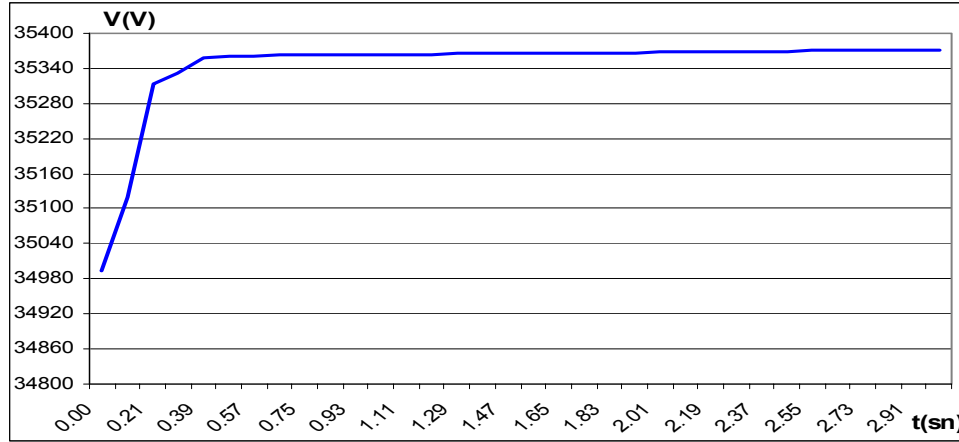


Şekil 3.6. Sistem Tek Hat Şeması

3.5. Yuvam Akarca Konutları Simülasyon Sonuçları

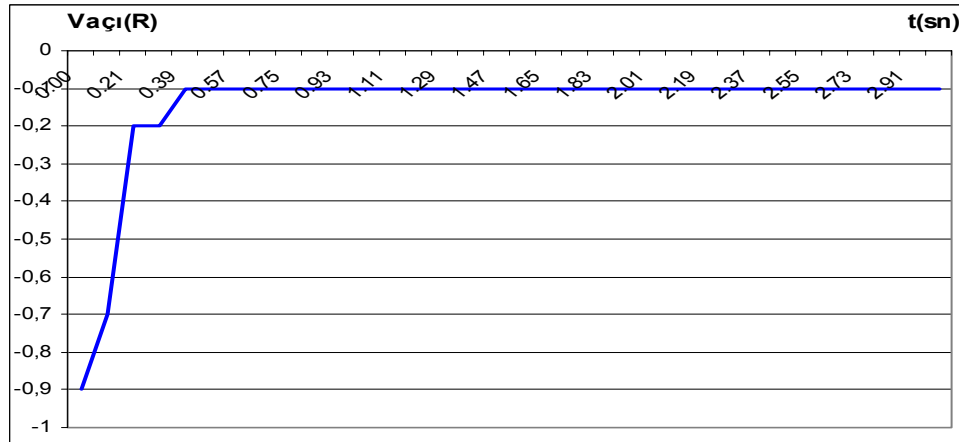
3.5.1. Zaman ve Diğer Değişkenlere Göre Mevcut Sistem Simülasyon Sonuçları

Yuvam Akarca Konutları mevcut sistemi evsel yüküdür. Bu şebekenin toplam gücü 1,02 MVA olup 12 MVA'lık trafo kapasitesine sahiptir. Burada mevcut sistemin gerilim, akım, güç ve diğer değişkenlerinin zamana bağlı grafikleri çizdirilmiştir.



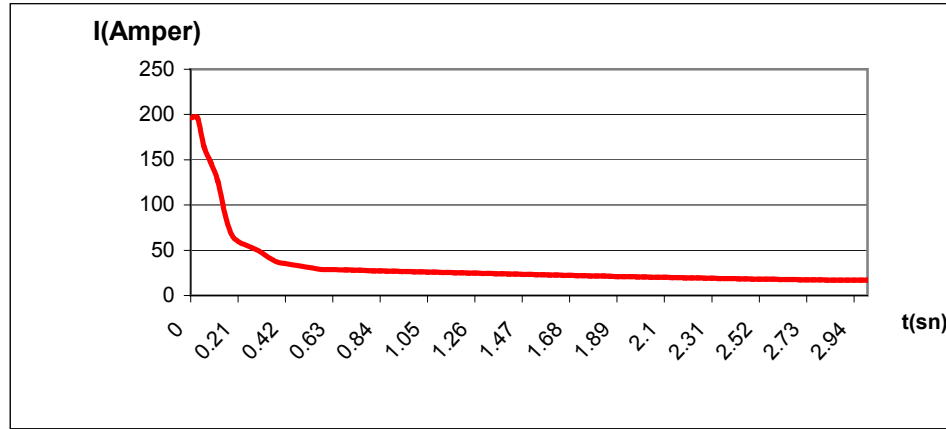
Şekil 3.7. Trafo Merkezi Gerilimi – Zaman Grafiği

Şekil 3.7'deki trafo merkez gerilimi 0,21. sn'ye kadar hızlı bir şekilde yükselmiş bu süreden sonra 0,39. sn'ye kadar daha yavaş yükselip kararlı hale geçmeye başlamıştır. Trafo merkezi gerilimi ile şebeke gerilimi aynı noktalara kadar hızlı artış göstermekte ve 2,82. sn'de kararlı hale geçmektedir.



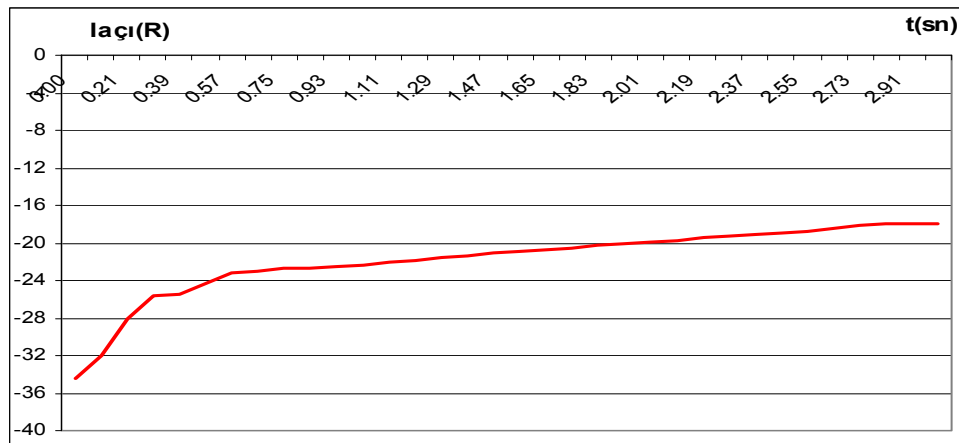
Şekil 3.8. Trafo Merkezi Gerilim Açısı – Zaman Grafiği

Şekil 3.8'de trafo merkezine ait gerilim açısı görülmektedir. Gerilim açısı -0,2 R'a kadar hızlı bir yükseliş göstermekte -0,2 R'da 0,21. sn'den 0,3. sn'ye kadar aynı derecede kalmıştır. Yükselme 0,39. sn'de kararlı hale geçmeye başladığı anda -0,1 R'da sabitlenmiştir.



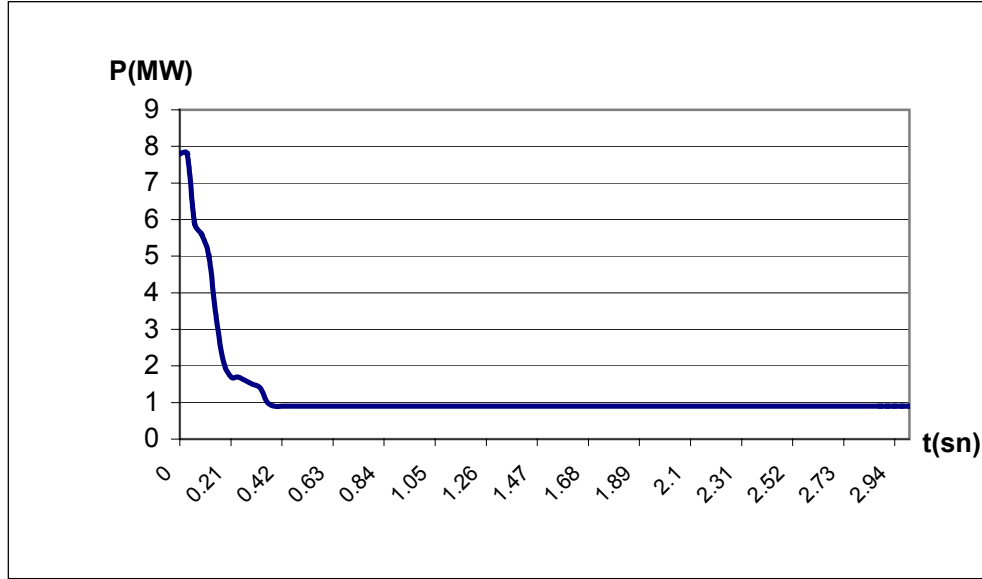
Şekil 3.9. Akım – Zaman Grafiği

Şekil 3.9’da şebekenin akım zaman grafiği görülmektedir. Akım grafiği gerilimin tam tersine 0,21. sn’ye kadar hızlı bir şekilde düşüş göstermekte bu süreden sonra 0,39. sn’ye kadar daha yavaş bir düşüşle kararlı hale geçmeye başlamaktadır. Akım değeri de 2,82. sn.de kararlı hale geçmektedir. Bu grafikten şebekenin kalkınma akımınının 196,2 A olduğu görülmektedir.



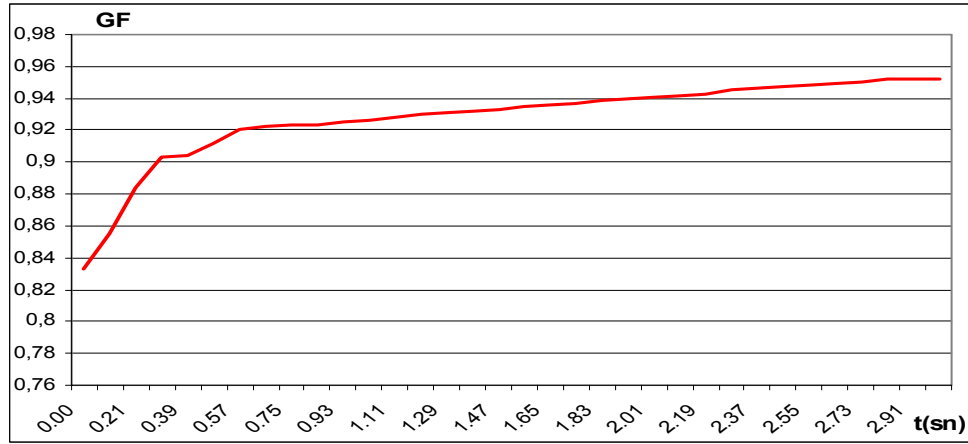
Şekil 3.10. Akım Açısı – Zaman Grafiği

Şekil 3.10’da akım açısı zaman grafiği görülmektedir. Akım açısı 2,82. sn.de kararlı hale geçinceye kadarki süre içerisinde sürekli olarak artış göstermektedir.



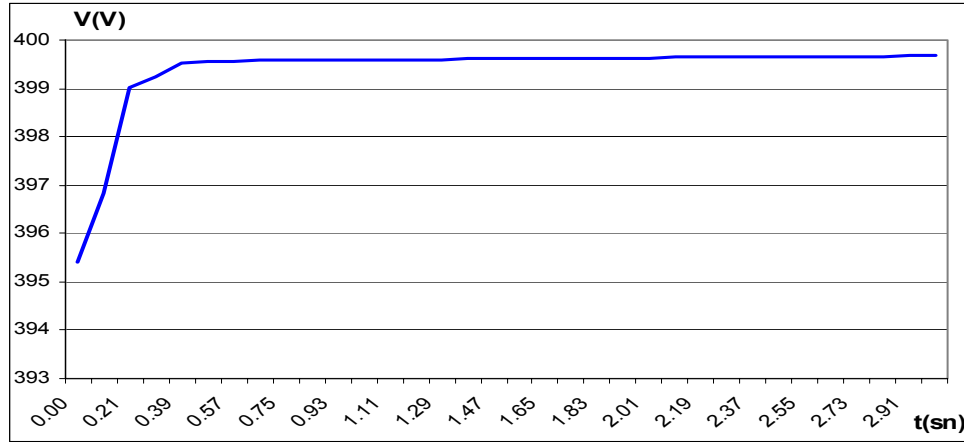
Şekil 3.11. Güç – Zaman Grafiği

Şekil 3.11’de görülen güç grafiği gerilim ile ters, akım ile aynı yönlü bir eğri çizmektedir.



Şekil 3.12. Güç Faktörü – Zaman Grafiği

Şekil 3.12’de güç faktörü zaman grafiği görülmektedir. Güç faktörü de akım açısı ile aynı şekilde bir yükselme göstermekte ve 2,82. sn.de kararlı hale geçiş süresinde sabitlenmektedir.



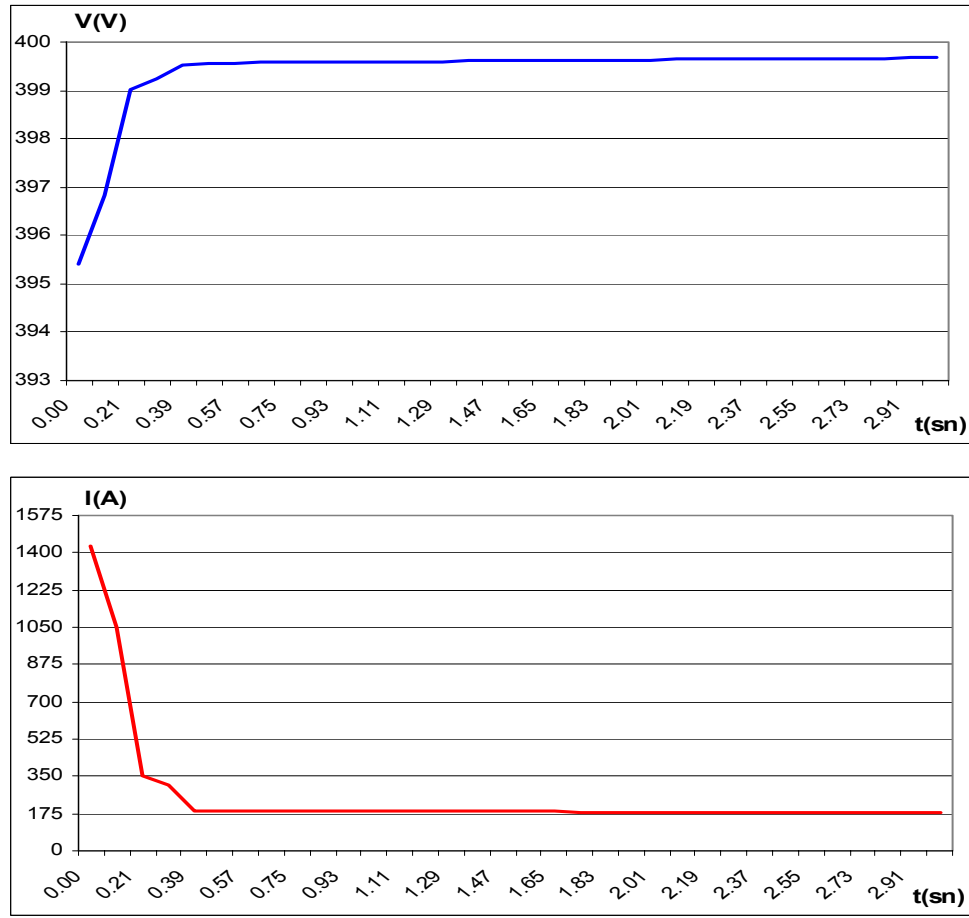
Şekil 3.13. Şebeke Gerilimi – Zaman Grafiği

Şekil 3.13'te sistemin başlangıç geriliminin 395,4 V olduğu görülmektedir. Sistem 0.21. sn.'ye kadar hızlı bir yükseliş göstermekte olup 0,39. sn.'ye kadarda daha yavaş bir eğim sürdürerek kararlı hale geçmeye başlamakta ve 2,82. sn.'de 399,6 V gerilimde tam olarak kararlı hale geçmektedir.

Yukarıdaki grafikler bize restorasyon sırasında milisaniyeler süresince de olsa şebekenin ne kadar zorlandığını göstermektedir. Şebeke akımının kararlı hal süresinceki değeri 180 A olmasına karşılık kalkış anında 1428 A çekmektedir. Akım artışı nedeniyle devrenin açmaması için röle ayarları tahmin edilen bu değerlere göre yapılmalıdır. Akımın bu denli artması gerilim düşümüne ve şebekeye bağlı cihazların hasara uğramasına sebep olacaktır. Bu nedenle trafolarında gerilim kademe ayarları yapılırken görülebilecek olan en düşük gerilimler göz önüne alınmalıdır.

3.5.2. Çeşitli Yük Karakteristiklerine Göre Simülasyon Grafikleri

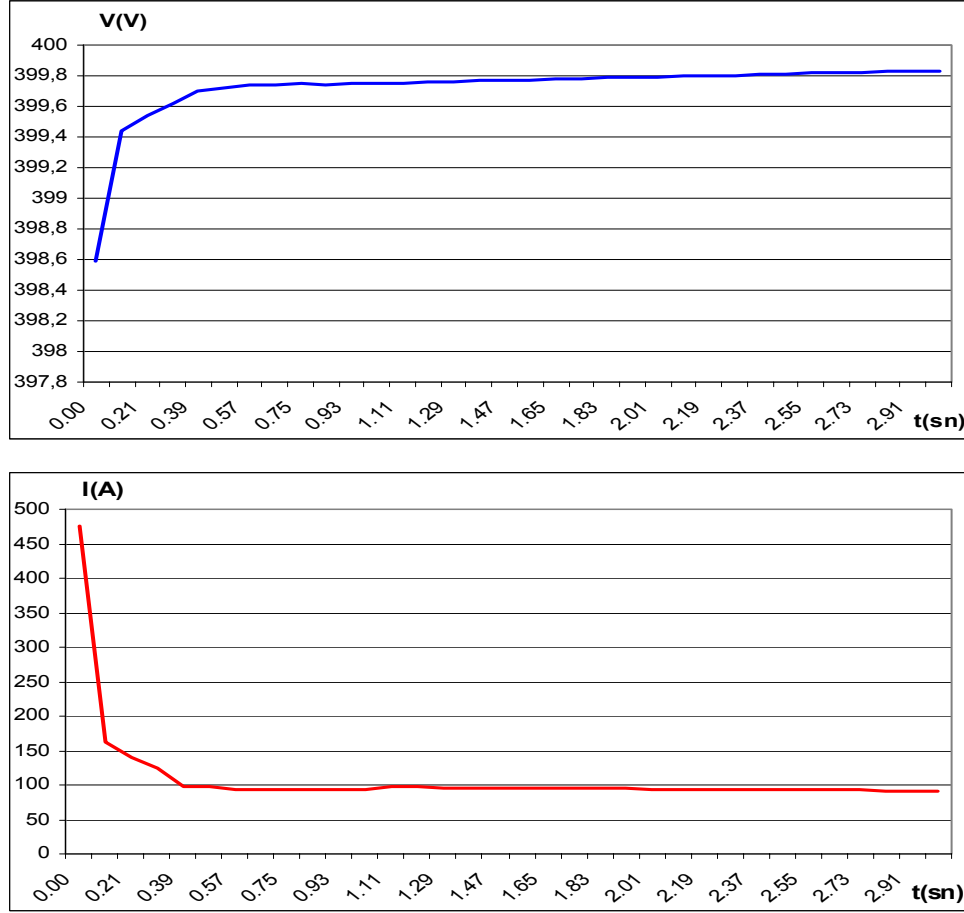
Yuvam Akarca Konutları mevcut sistemi evsel yüküdür. Burada mevcut yükün evsel, ticari, endüstriyel ve karma olduğu varsayılan yük karakteristiklerine sahip olduğu farz edilerek simülasyonlar yapıldı ve sonuçlar karşılaştırıldı.



Şekil 3.14. Sistemin Evsel Yüklü Mevcut Kapasiteli Durumu

a) Gerilim – Zaman b) Akım – Zaman

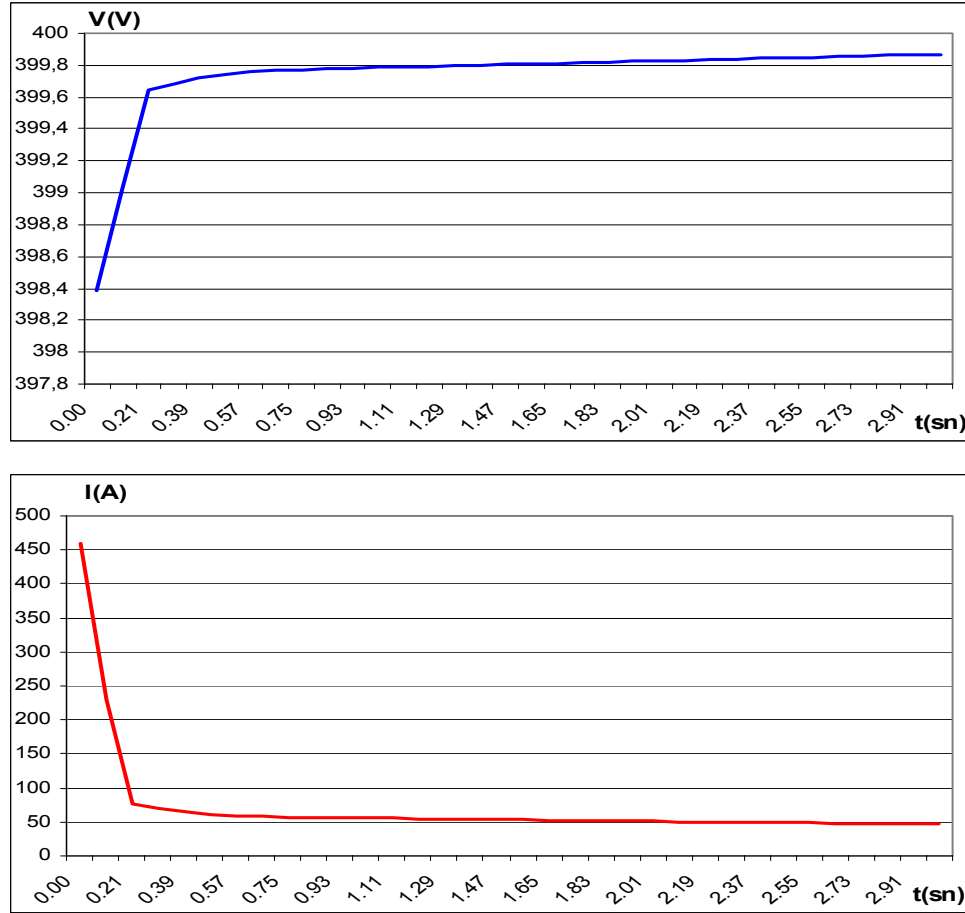
Şekil 3.14. a'daki sistemin başlangıç gerilimi 395,4 V'tur. Sistem 0,21. sn'ye kadar hızlı bir yükseliş göstermekte olup 0,39. sn.'ye kadarda daha yavaş bir eğim sürdürerek kararlı hale geçmeye başlamakta ve 2,82. sn.'de 399,6 V gerilimde tam olarak kararlı hale geçmektedir. Akım grafiği gerilimin tam tersine 0,21. sn'ye kadar hızlı bir şekilde düşüş göstermekte bu süreden sonra 0,39. sn'ye kadar daha yavaş bir düşüşle kararlı hale geçmeye başlamaktadır. Şebekenin kalkınma akımı 1428 A'dır.



Şekil 3.15. Sistemin Ticari Yüklü Mevcut Kapasiteli Durumu

a) Gerilim – Zaman b) Akım - Zaman

Şekil 3.15'te evsel yükün, ticari yük olduğu varsayılp incelendiğinde başlangıç geriliminin 398,6 V olduğu görülmektedir. Bu sistemde de 0,39. sn'de geçici durum sonlanmaya başlamış 2,91. sn'de 399,8 V gerilimde tam olarak kararlı hale geçmiştir. Akım grafiği gerilimin tam tersine 0,12. sn'ye kadar hızlı bir şekilde düşüş göstermekte bu süreden sonra 0,39. sn'ye kadar daha yavaş bir düşüşle kararlı hale geçmeye başlamaktadır. Şebekenin kalkınma akımı 475,4 A' dir.



Şekil 3.16. Sistemin Endüstriyel Yüklü Mevcut Kapasiteli Durumu

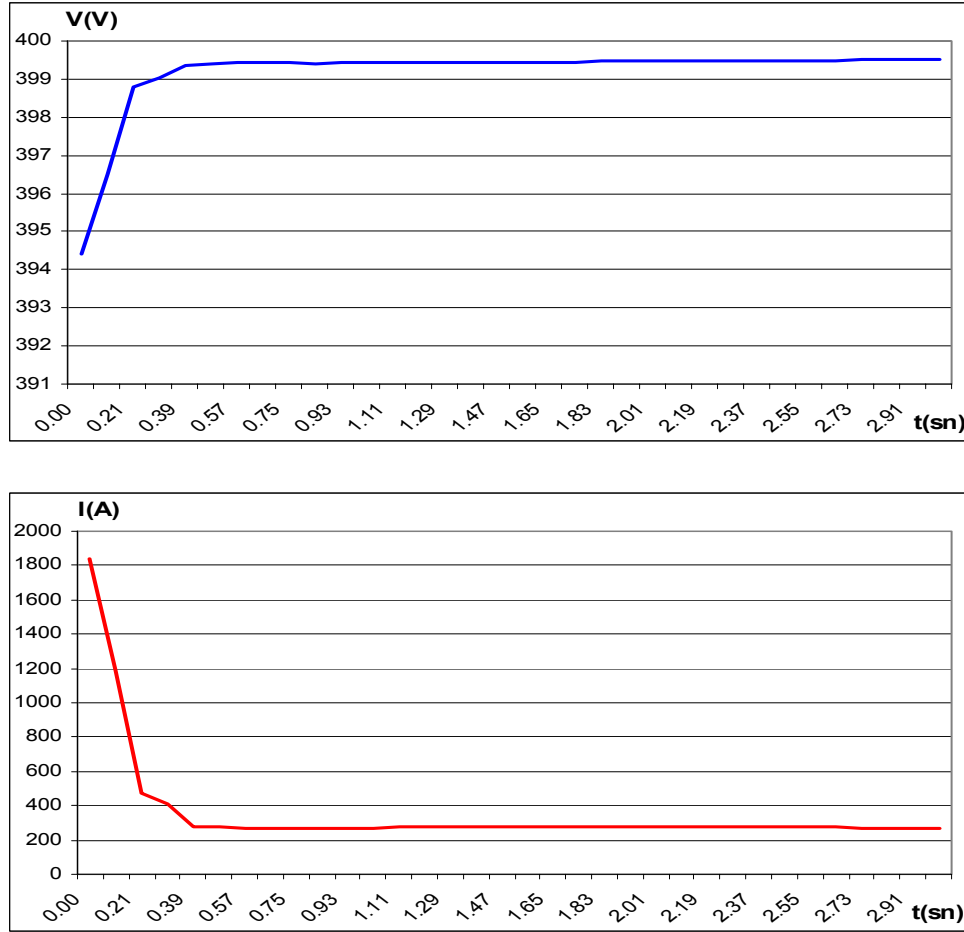
a) Gerilim – Zaman b) Akım - Zaman

Şekil 3.16'da ise aynı sistemin endüstriyel yüklü olduğu varsayılarak inceleme yapılmış, başlangıç geriliminin 398,4 V olduğu görülmüştür. Bu sistemde 0,21. sn'de kararlı hale geçmeye başlamakta ve 2,91. sn'de 399,8 V gerilimde tam olarak kararlı hale geçmektedir. Akım grafiği gerilimin tam tersine 0,21. sn'ye kadar hızlı bir şekilde düşüş göstermekte bu süreden sonra daha yavaş bir düşüşle kararlı hale geçmeye başlamaktadır. Şebekenin kalkınma akımı 460,1 A' dir.

Bu grafiklerden görülen evsel yüklerin ilk kalkışta ticari ve endüstriyel yüklerle göre daha çok akım çekerek daha çok gerilim düşümüne sebep olduğudur. Bunun dışında kararlı hale geçme süreleri eşit olmasına rağmen, evsel yükler daha az gerilim

dalgalanmaları göstermekte, ticari ve endüstriyel yükler ise uzun süre dikkat çekici gerilim dalgalanmalarına sebep olmaktadır. Akım ve gerilim grafikleri birbirinin zıttı yönde aynı noktalarda kırılmalar göstermektedir.

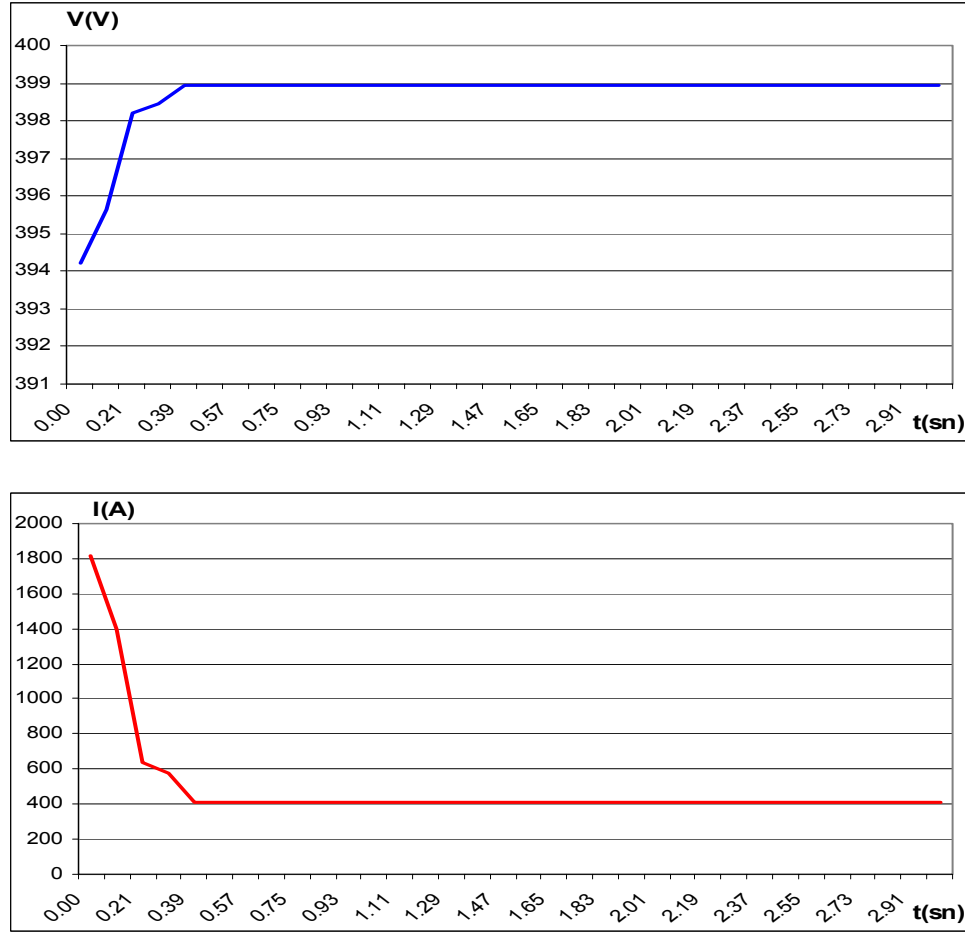
Evsel yükler ticari ve endüstriyel yüklere oranla daha fazla klima ve buzdolabı yüküne sahiptir. Aynı zamanda endüstriyel yüklerde de ticari yüklere oranla daha fazla aydınlatma ve klima yükü vardır. Ticari yükler ise aydınlatma ve rezistif yük oranlarıyla dikkat çekmektedir. Bunların yanı sıra kompresörlerde ticari yükler içinde yer almaktadır. Endüstriyel ve ticari yükleri kıyasladığımızda aydınlatma oranının endüstriyelde daha fazla olduğunu görmekteyiz. Ayrıca endüstriyel yükler arasında yer alan klima oranı da oldukça önemli bir seviyededir. Fakat ticari yükler, endüstriyel yüklerden daha fazla akım çekmektedirler öyleyse ticari yükler arasında yer alan rezistif yükün kalkınma akımına etkisinin diğer sayılan yüklerden daha fazla olduğunu söyleyebiliriz.



Şekil 3.17. Sistemin %50 Evsel, %50 Ticari Yüklü Durumu

a) Gerilim – Zaman b) Akım – Zaman

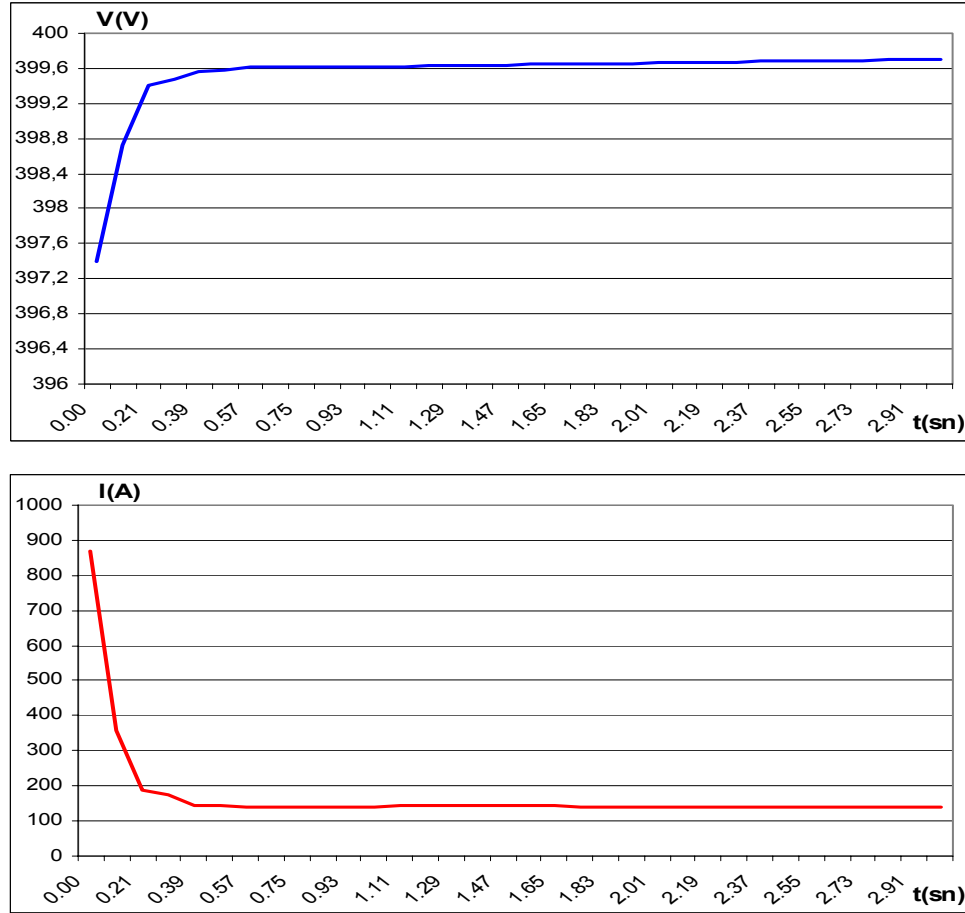
Şekil 3.17’de sistemin %50 evsel, %50 ticari yükten oluştuğu varsayılarak incelenmiş başlangıç geriliminin 394,4 V olduğu görülmüştür. Bu sistem 0,39. sn’de kararlı hale geçmeye başlamakta ve 2,91. sn, 399,5 V gerilimde tam olarak kararlı hale geçmektedir. Akım grafiği gerilimin tam tersine 0,21. sn’ye kadar hızlı bir şekilde düşüş göstermekte bu süreden sonra 0,39. sn’ye kadar daha yavaş bir düşüşle kararlı hale geçmeye başlamaktadır. Şebekenin kalkınma akımı evsel yüklerin varlığı nedeniyle yüksektir, 1835 A’ dir.



Şekil 3.18. Sistemin %50 Evsel, %50 Endüstriyel Yüklü Durumu

a) Gerilim – Zaman b) Akım - Zaman

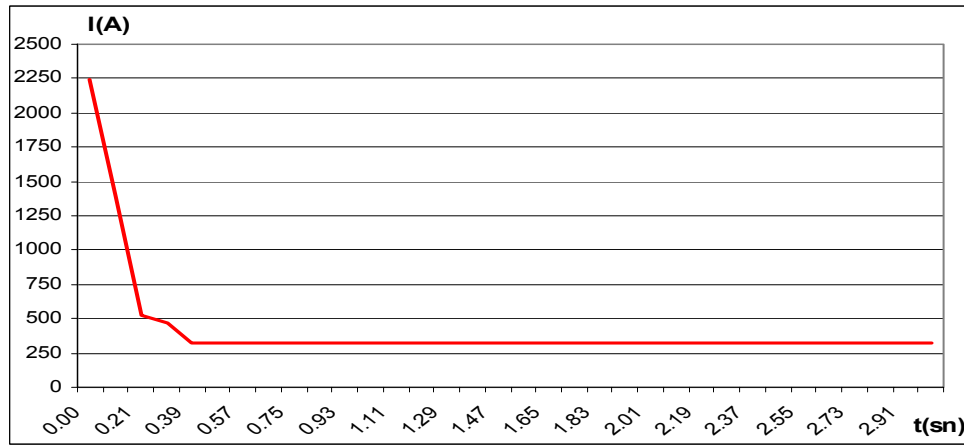
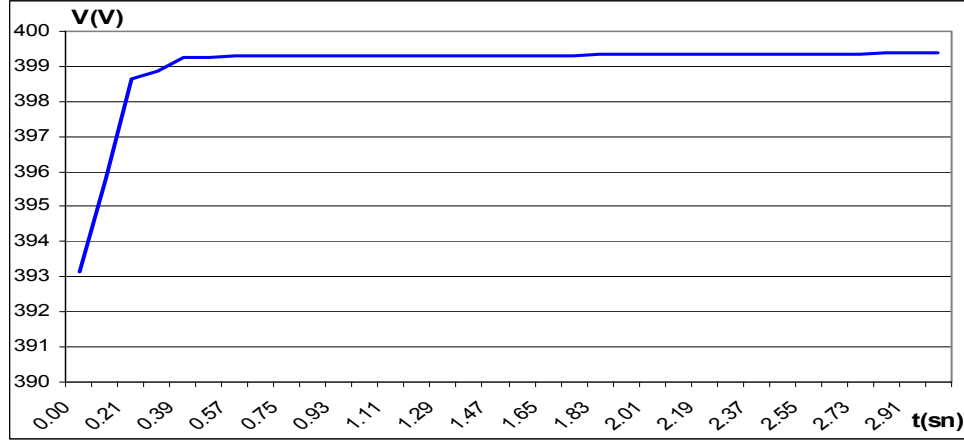
Şekil 3.18’de sistemin %50 evsel, %50 endüstriyel yükten oluştuğu varsayılarak incelenmiş başlangıç geriliminin 394,2 V olduğu görülmüştür. Sistem 0,84. sn, 398,9 V gerilimde tam olarak kararlı hale geçmektedir. Akım grafiği gerilimin tam tersine 0,21. sn’ye kadar hızlı bir şekilde düşüş göstermekte bu süreden sonra 0,39. sn’ye kadar daha yavaş bir düşüşle kararlı hale geçmeye başlamaktadır. Şebekenin kalkınma akımı evsel yüklerin varlığı nedeniyle yüksektir, fakat evsel, ticari yüklerin toplam akımından düşüktür, 1817 A’ dir.



Şekil 3.19. Sistemin %50 Ticari, %50 Endüstriyel Yüklü Durumu

a) Gerilim – Zaman b) Akım - Zaman

Şekil 3.19’da sistemin %50 ticari, %50 endüstriyel yükten oluştuğu varsayılarak incelenmiş başlangıç geriliminin 397,4 V olduğu görülmüştür. Bu sistem 0,21. sn’de kararlı hale geçmeye başlamakta ve 2,91. saniyeye kadar yüksek dalgalanmalar göstererek 399,7 V gerilimde tam olarak kararlı hale geçmektedir. Akım grafiği gerilimin tam tersine 0,21. sn’ye kadar hızlı bir şekilde düşüş göstermekte bu süreden sonra 2,91. sn’ye kadar daha yavaş bir düşüşle kararlı hale geçmeye başlamaktadır. Şebekenin kalkınma akımı evsel yüklerin sistemden çıkması nedeniyle önceki iki grafiğe oranla daha düşüktür, 871 A’ dir.



Şekil 3.20. Sistemin %34 Evsel, %33 Ticari, %33 Endüstriyel Yüklü Durumu

a) Gerilim – Zaman b) Akım – Zaman

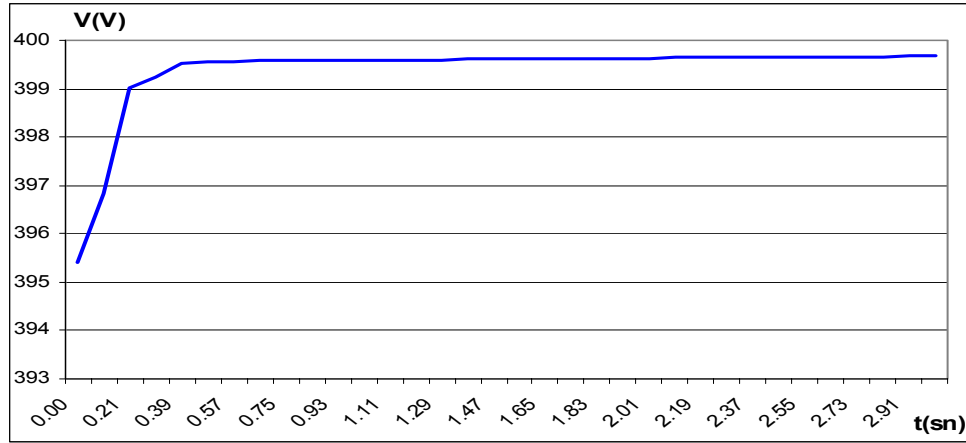
Şekil 3.20’de sistemin %34 evsel, %33 ticari, %33 endüstriyel yükten oluştuğu varsayılarak incelenmiş başlangıç geriliminin 393 V olduğu görülmüştür. Bu sistem 0,39. sn’de kararlı hale geçmeye başlamakta ve 2,91. sn, 399,3 V gerilimde tam olarak kararlı hale geçmektedir. Akım grafiği gerilimin tam tersine 0,21. sn’ye kadar hızlı bir şekilde düşüş göstermekte bu süreden sonra 0,39. sn’ye kadar daha yavaş bir düşüşle kararlı hale geçmeye başlamaktadır. Şebekenin kalkınma akımı evsel yüklerin yanı sıra hem ticari hem de endüstriyel yüklerin varlığıyla oldukça artmıştır, 2241 A’ dir.

Bu grafiklerden görülen evsel yüklerin şebekenin ilk kalkış gerilimini ticari ve endüstriyel yüklerden daha fazla etkilediğidir. Bunun sebeplerinden biri evsel yüklerin

kesintiler sonrasında devreden çıkmaması, bunun yanı sıra ticari ve endüstriyel yüklerin kesintiler sonrası enerji geldiğinde devreye girmemesidir. Ayrıca kararlı hale geçiş sürelerini karşılaştırırsak, evsel yüklerin bulunduğu sistemler daha kısa sürede kararlı hale geçmektedir. Ticari ve endüstriyel yükler kalkış anında fazla akım çekmemesine rağmen şebekede tüm yük tiplerinin bulunması kalkınma akımını önemli ölçüde artırmaktadır.

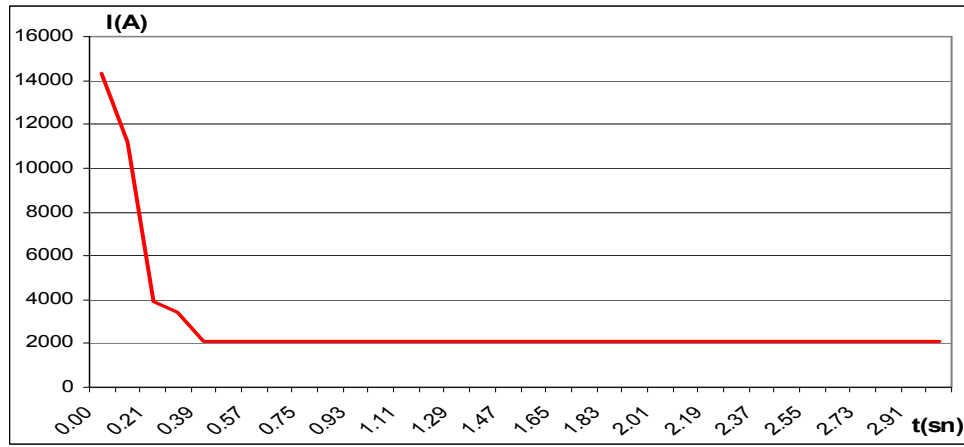
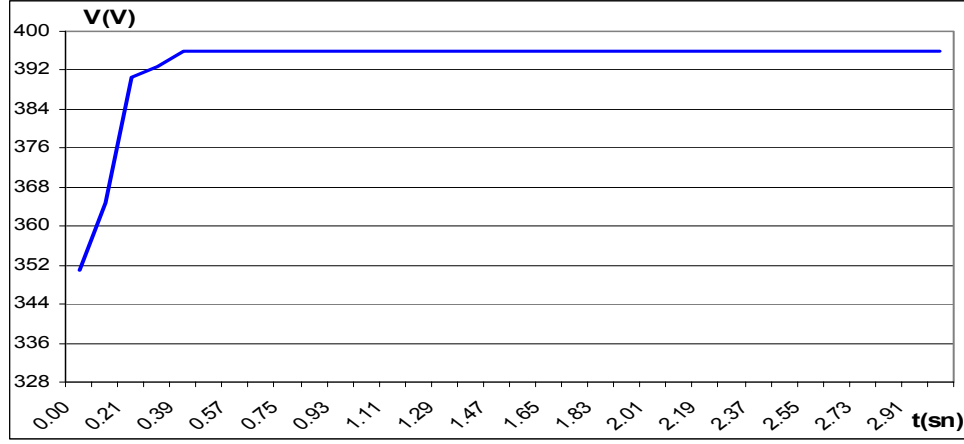
3.5.3. Çeşitli Yük Kapasitelerine Göre Simülasyon Grafikleri

Yuvam Akarca Konutları mevcut sisteminin sahip olduğu 12 MVA'lık şebekenin %100, %150 ve %200 dolu olduğu farz edilerek evsel yük kapasitelerine göre simülasyonlar yapıldı ve sonuçlar karşılaştırıldı.



Şekil 3.21. Sistemin Evsel Yüklü Mevcut Kapasiteli Durumu

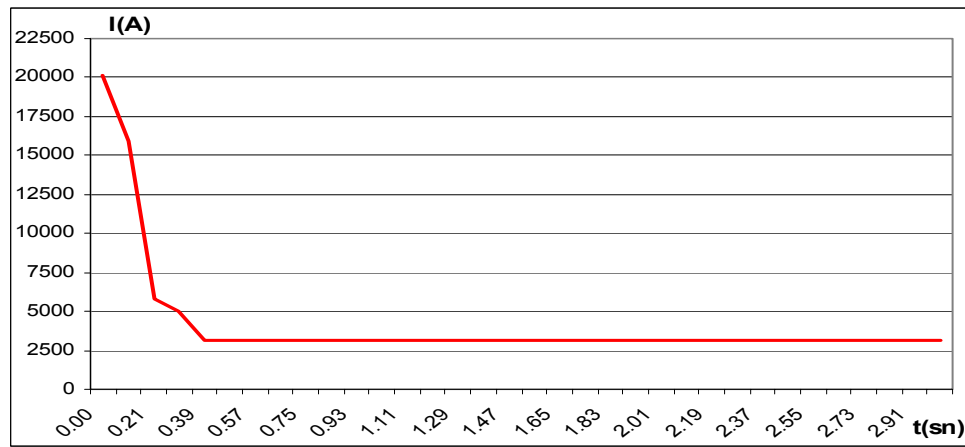
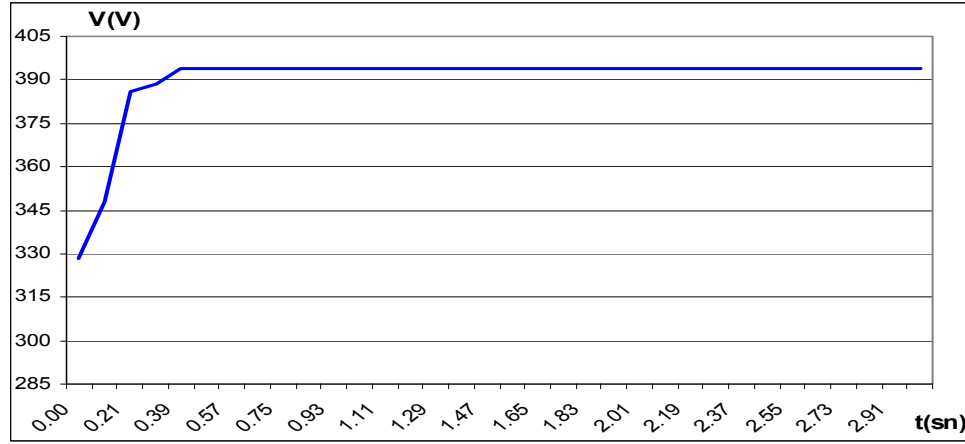
Şekil 3.21'deki sistemin başlangıç gerilimi 395,4 V'tur. Sistem 0.21. sn'ye kadar hızlı bir yükseliş göstermekte olup 0,39. sn.'ye kadarda daha yavaş bir eğim sürdürerek kararlı hale geçmeye başlamakta ve 2,82. sn.'de 399,6 V gerilimde tam olarak kararlı hale geçmektedir.



Şekil 3.22. Sistemin Evsel Yüklü Kapasitenin %100 Dolu Durumu

a) Gerilim – Zaman b) Akım - Zaman

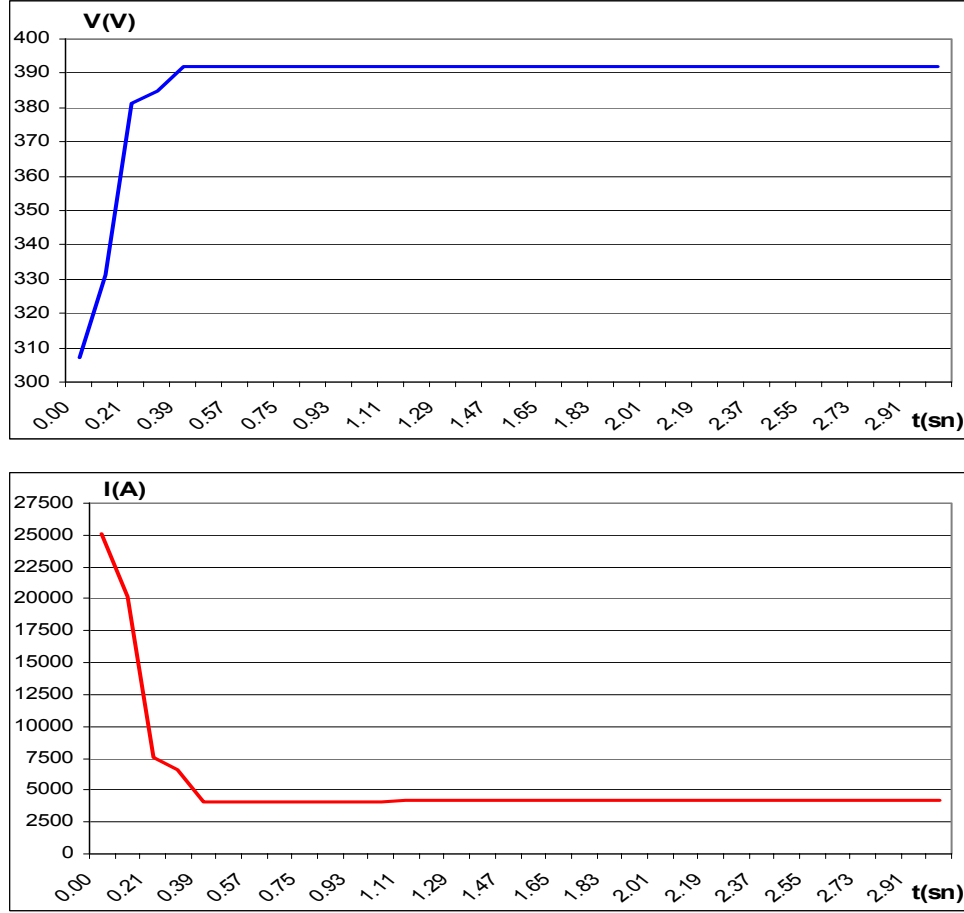
Şekil 3.22’de sistemin %100 yüklü olduğu durum göz önüne alınmış ve başlangıç geriliminin 351 V olduğu görülmüştür. Bu sistem 2,91. sn. ve 396 V gerilimde kararlı hale geçmektedir. Akım grafiği gerilimin tam tersine 0,21. sn’ye kadar hızlı bir şekilde düşüş göstermekte bu süreden sonra 0,39. sn’ye kadar daha yavaş bir düşüşle kararlı hale geçmeye başlamaktadır. Şebekenin kalkınma akımı 14344 A’ dir. Bu yüksek kalkınma akımının nedeni kapasitenin %100 yüklü, bu yükün de evsel olmasıdır.



Şekil 3.23. Sistemin Evsel Yüklü Kapasitenin %150 Dolu Durumu

a) Gerilim – Zaman b) Akım – Zaman

Şekil 3.23'te sistemin %150 yüklü olduğu durum göz önüne alınmış ve başlangıç geriliminin 328,3 V olduğu görülmüştür. Bu sistem 2,91. sn ve 394 V gerilimde kararlı hale geçmektedir. Akım grafiği gerilimin tam tersine 0,21. sn'ye kadar hızlı bir şekilde düşüş göstermekte bu süreden sonra 0,39. sn'ye kadar daha yavaş bir düşüşle kararlı hale geçmeye başlamaktadır. Şebekenin kalkınma akımı 20098 A' dir. Yüklenme arttıkça kalkınma akımı artmaktadır.



Şekil 3.24. Sistemin Evsel Yüklü Kapasitenin %200 Dolu Durumu

a) Gerilim – Zaman b) Akım - Zaman

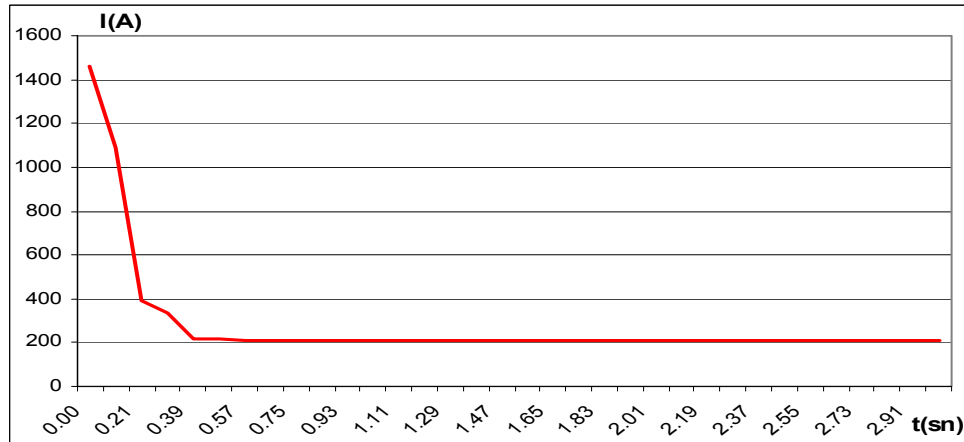
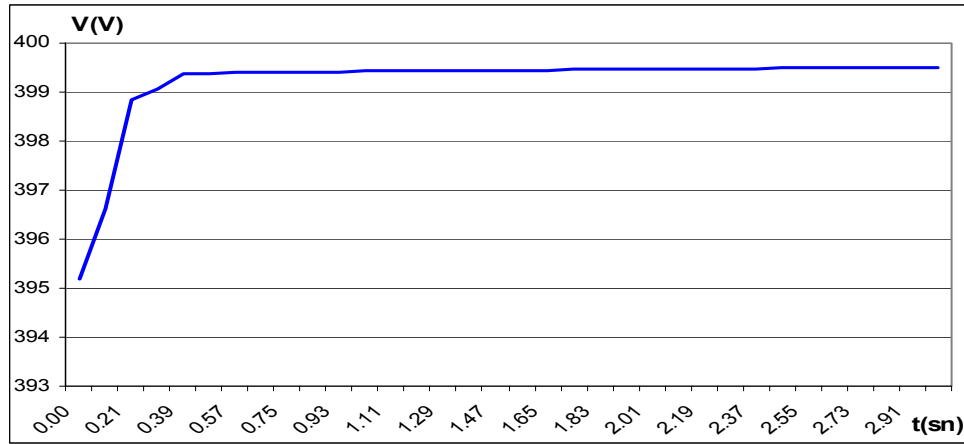
Şekil 3.24'te sistemin %200 yüklü olduğu düşünüldüğünde başlangıç geriliminin 307,2 V olduğu görülmüştür. Bu sistemde 2,91. sn ve 391,9 V gerilimde kararlı hale geçmektedir. Akım grafiği gerilimin tam tersine 0,21. sn'ye kadar hızlı bir şekilde düşüş göstermekte bu süreden sonra 0,39. sn'ye kadar da farklı hızlarda bir düşüşle kararlı hale geçmeye başlamaktadır. Şebekenin kalkınma akımı 25056 A' dir.

Bu grafiklerden de yüklenme artışının inrush akımını artırdığı ve başlangıç geriliminde düşüş meydana getirdiği görülmektedir. Başlangıç geriliminde meydana gelen gerilim düşümü o kadar yüksektir ki devrede olan cihazların hasar görmesine neden olabilir. Kararlı hale geçiş süreleri kısalmış ve kararlı hal geriliminde düşüş gözlenmektedir.

3.5.4. Çeşitli Alıcı Oranlarına Göre Simülasyon Grafikleri

Kompakt Flüoresan – Enkandesan Lamba Oranlarına Göre:

Yuvam Akarca Konutları mevcut sisteminde enkandesan lamba oranı kompakt tip flüoresan lamba oranından daha fazladır. Fakat artan kompakt flüoresan lamba kullanımı nedeniyle oran değerleri birbiri ile değiştirilerek simülasyon yapıldı ve sonuç mevcut sistem sonucu ile karşılaştırıldı. Bu simülasyonda kullanılan kompakt flüoresan oranı %15,7, enkandesan lamba oranı % 0,3'tür.



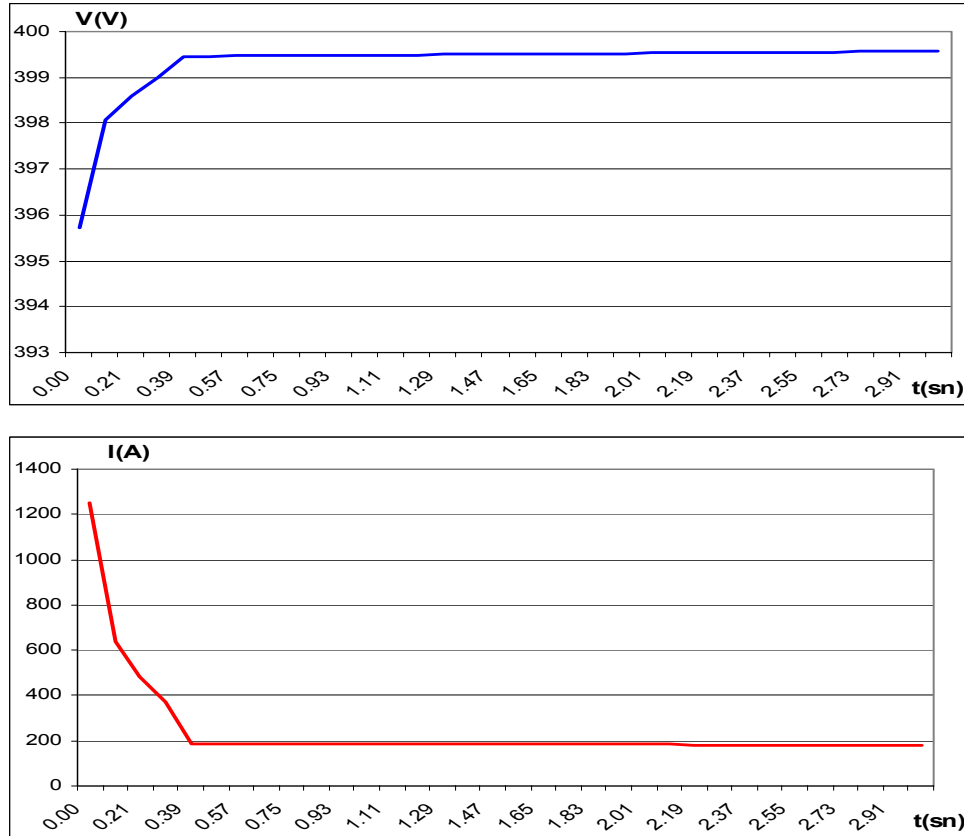
Şekil 3.25. Sistemdeki Kompakt Fluoresan ile Enkandesan Lamba Oranlarının Birbiri Yerine Kullanılmış Eysel Yüklü Kapasitenin Normal Durumu

a) Gerilim – Zaman b) Akım - Zaman

Şekil 3.25'te sistemdeki mevcut enkandesan lamba oranının azaltılarak kompakt flüoresan lamba oranının artırıldığı durum incelenmiş ve başlangıç geriliminde herhangi bir değişiklik oluşmadığı gözlenmiştir. Bununla birlikte kararlı hale geçiş aynı zamanda fakat daha düşük gerilim seviyesinde meydana gelmiştir. Kalkınma akımı 1428 A' den 1458,5 A' e yükselmiştir. Bu da bize kompakt flüoresan lambaların kalkışta enkandesan lambaya oranla daha fazla akım çektiğini göstermektedir.

Klima Oranına Göre:

Yuvam Akarca Konutları mevcut sisteminde klima oranı oldukça etkilidir. Bu miktarın %10 azaltıldığı düşünülerek simülasyon yapıldı ve sonuç mevcut sistem sonucu ile karşılaştırıldı.



Şekil 3.26. Sistemdeki Klima Oranının %10 Azaltıldığı Evsel Yüklü

Kapasitenin Normal Durumu

a) Gerilim - Zaman b) Akım - Zaman

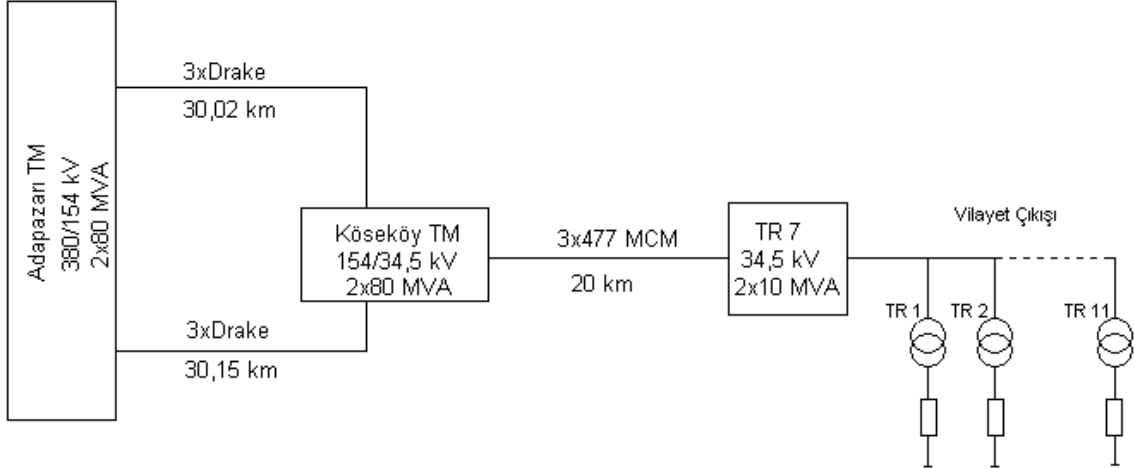
Şekil 3.26’da klima oranının %10 azaltılmış durumu incelenmiş bu azalmanın başlangıç gerilimindeki düşüşü olumlu yönde 395,7 V seviyesine yükselttiği gözlenmektedir. Kararlı hale geçiş süresi aynı kalmaktadır. Kalkınma akımı 1428 A’ den 1249,5 A’ e düşmüştür.

Tablo 3.1. Yuvam Akarca Konutları Yük Durumuna Göre Kalkış Anındaki Değerler

Yük Durumu	Max. Akım	Min. Gerilim	Kararlı Hale Geçiş Süresi
Mevcut Sistem (%100Evsel Yüklü)	1427,9	395,407	2,91
Mevcut Sistem (%100Ticari Yüklü)	475,4	398,586	2,91
Mevcut Sistem (%100Endüstriyel Yüklü)	460,1	398,383	2,91
Mevcut Sistem (%50Ev+%50Tic Yüklü)	1835,1	394,414	2,91
Mevcut Sistem (%50Ev+%50End Yüklü)	1817,2	394,22	0,84
Mevcut Sistem (%50Tic+%50End Yüklü)	871,1	397,399	2,91
Mevcut Sistem (%34Ev+%33Tic+%33End Yüklü)	2241,3	393,162	2,91
Kapasitenin %100 Dolu Durumu (12 MVA)	14344,2	351,094	2,91
Kapasitenin %150 Dolu Durumu (18 MVA)	20098,3	328,355	2,91
Kapasitenin %200 Dolu Durumu (24 MVA)	25056,1	307,202	2,91
Kompakt Flü.-Enkandesan Lamba Oranlı	1458,5	395,199	2,91
Klima Oranlı	1249,5	395,707	2,91

3.6. İzmit Vilayet Çıkışı Dağıtım Şebekesi

Pilot bölge olarak seçilen İzmit Vilayet Çıkışı bölgesinde 1 adet 400 kVA, 1 adet 630 kVA, 6 adet 1000 kVA ve 3 adet 1600 kVA gücünde trafo mevcuttur, trafolar arası bağlantılar 3(1x95/16) mm² XLPE kablo ile yapılmıştır. Enerji akışı Adapazarı’nda bulunan 380/154 kV ana indirici merkezden başlamaktadır. Enerji buradan çift devre Drake iletkenli hatla Kocaeli Köseköy bölgesinde bulunan 154/34,5 kV’luk indirici merkeze iletilmektedir. 34,5 kV gerilim 3x477 MCM Hawk iletken ile İzmit Dağıtım Merkezi TR 7’ye gelmektedir. Buradan da Vilayet ve çevresindeki trafo binalarına dağıtılmaktadır. Bu iletim ve dağıtıma ilişkin tek hat şeması Şekil 3.27’de görülmektedir. Ayrıca simülasyon için gerekli hat empedans hesapları yapılmış olup Ek-C’de yer almaktadır.

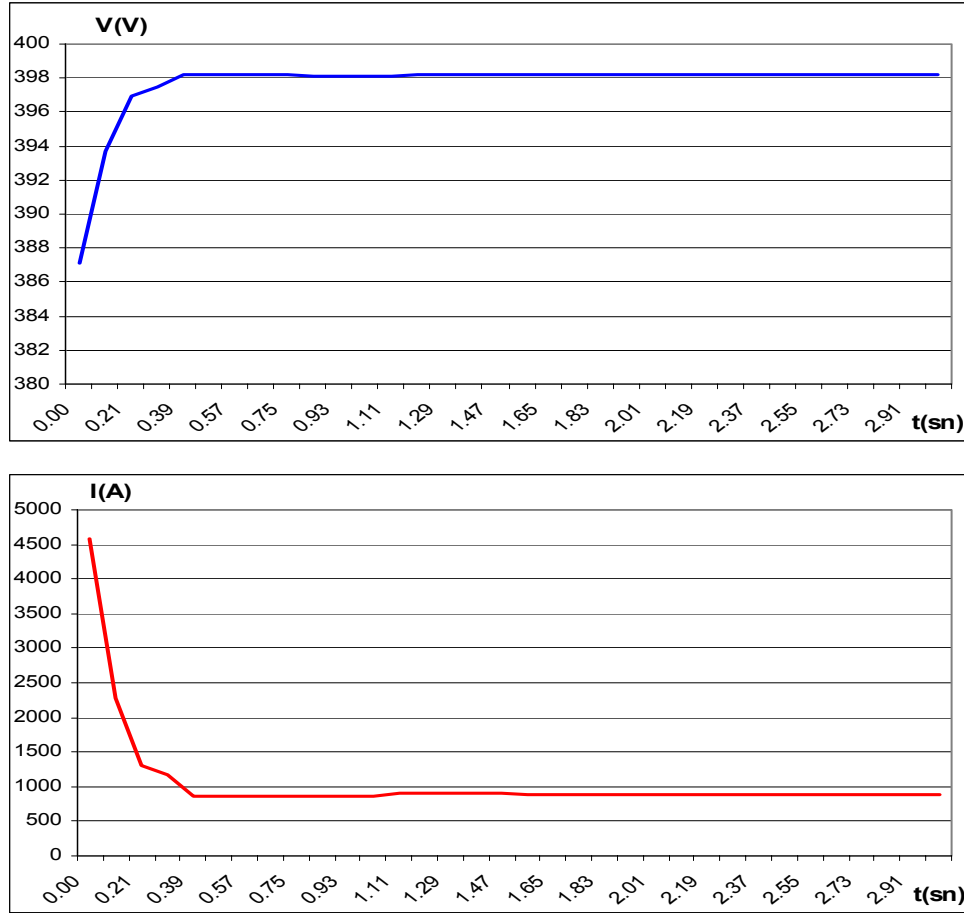


Şekil 3.27. Sistem Tek Hat Şeması

3.7. İzmit Vilayet Çıkışı Simülasyon Sonuçları

3.7.1. Çeşitli Yük Karakteristiklerine Göre Simülasyon Grafikleri

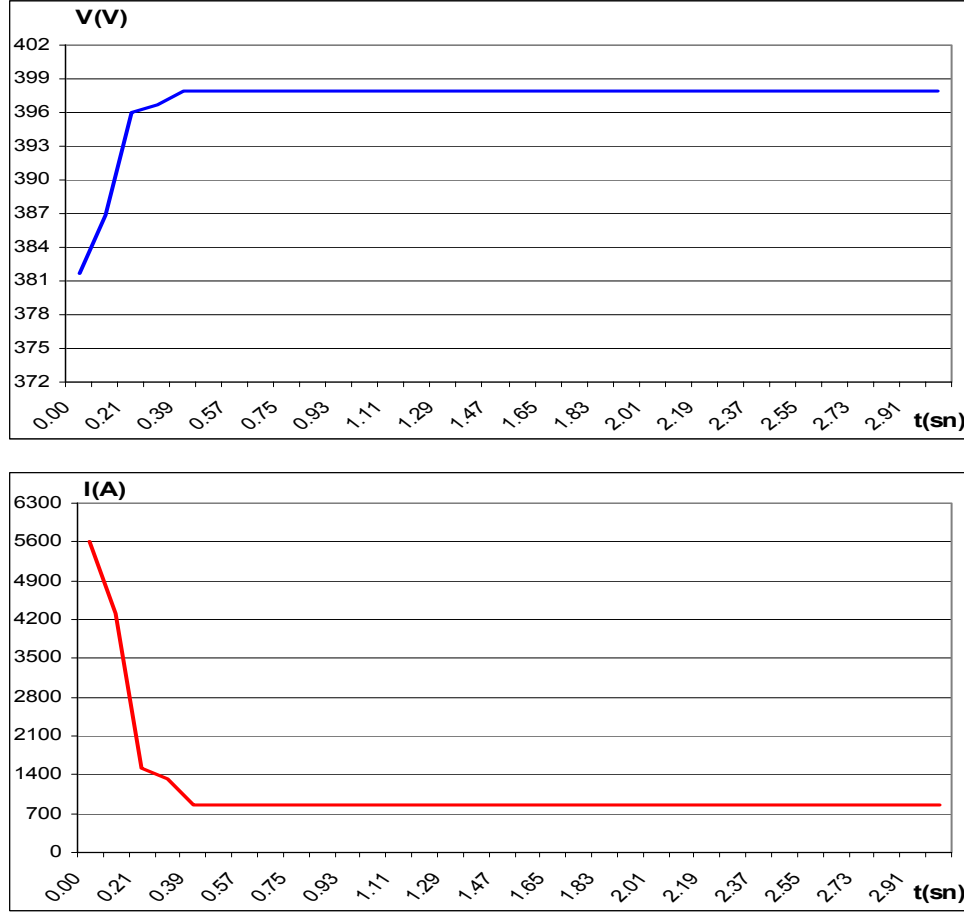
İzmit Vilayet çıkışı mevcut sistemi %85 ticari, %15 evsel yüküdür. Bu şebekenin toplam gücü 4,2 MVA olup 12 MVA'lık trafo kapasitesine sahiptir. Burada mevcut yükün evsel, ticari, endüstriyel ve karma olduğu varsayılan yük karakteristiklerine sahip olduğu farz edilerek simülasyonlar yapıldı ve sonuçlar karşılaştırıldı.



Şekil 3.28. Sistemin %15 Evsel- %85 Ticari Yüklü Mevcut Kapasiteli Durumu

a) Gerilim – Zaman b) Akım - Zaman

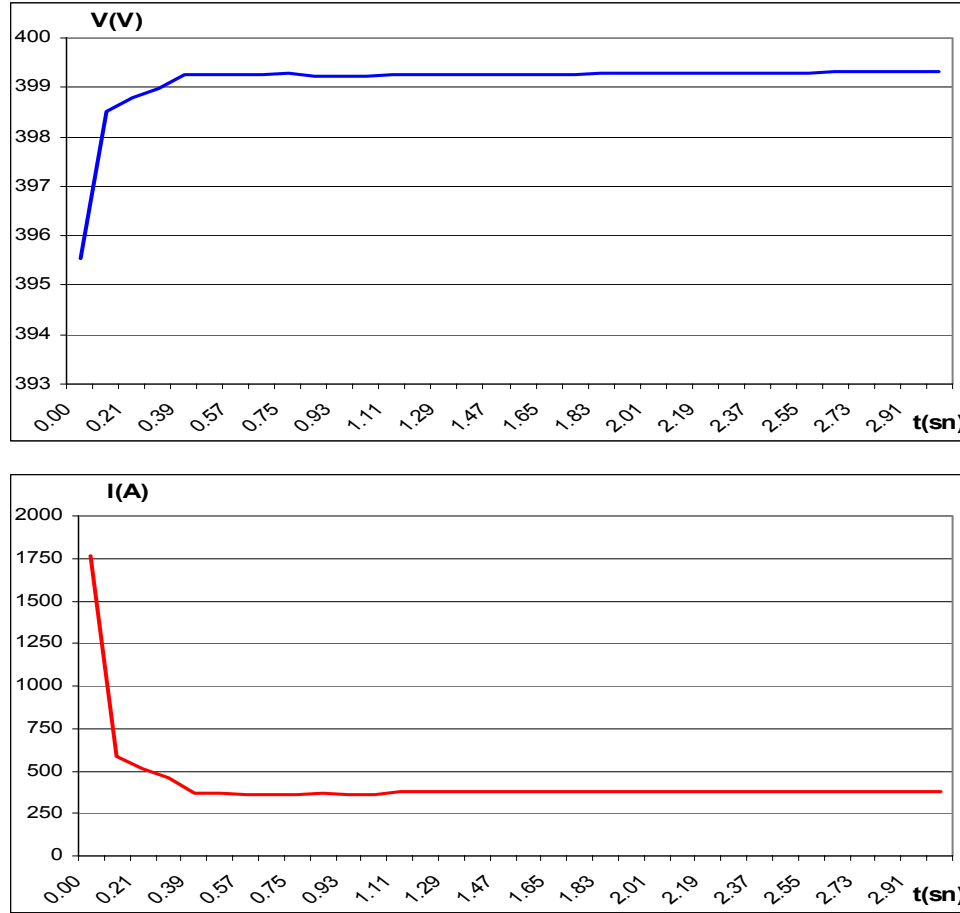
Şekil 3.28’de sistemin %15 evsel, %85 ticari yükten oluşan mevcut durumu incelenmiş başlangıç geriliminin 387,1 V olduğu görülmüştür. Bu sistem 0,39. sn’de kararlı hale geçmeye başlamakta ve 2,91. sn, 398,2 V gerilimde tam olarak kararlı hale geçmektedir. Akım grafiği gerilimin tam tersine 0,21. sn’ye kadar hızlı bir şekilde düşüş göstermekte bu süreden sonra 0,39. sn’ye kadar daha yavaş bir düşüşle kararlı hale geçmeye başlamaktadır. Şebekenin kalkınma akımı 4584,9 A’ dir.



Şekil 3.29. Sistemin %100 Evsel Yüklü Mevcut Kapasiteli Durumu

a) Gerilim – Zaman b) Akım - Zaman

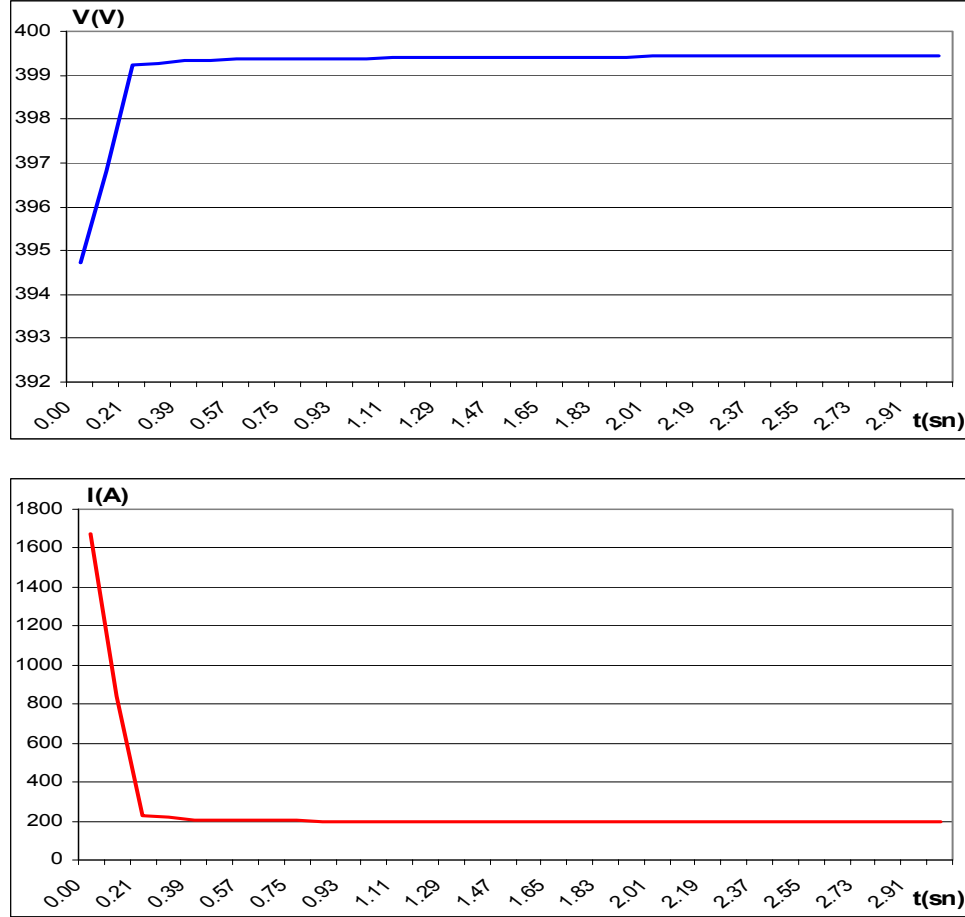
Şekil 3.29’da sistemin %100 evsel yükten oluştuğu varsayılarak incelenmiş başlangıç geriliminin 381,6 V olduğu görülmüştür. . Bu sistem 2,91. sn’de kararlı hale geçmektedir. Akım grafiği gerilimin tam tersine 0,21. sn’ye kadar hızlı bir şekilde düşüş göstermekte bu süreden sonra 0,39. sn’ye kadar daha yavaş bir düşüşle kararlı hale geçmeye başlamaktadır. Şebekenin kalkınma akımı 5611 A’ dir. Mevcut sistemden daha fazla kalkınma akımı çekmesinin sebebi şebekede var olan ticari yüklerin evsel yük olarak düşünülerek simülasyon yapılmasından ileri gelmektedir.



Şekil 3.30. Sistemin %100 Ticari Yüklü Mevcut Kapasiteli Durumu

a) Gerilim – Zaman b) Akım - Zaman

Şekil 3.30'da sistemin %100 ticari yükten oluştuğu varsayılarak incelenmiş başlangıç geriliminin 395,5 V olduğu görülmüştür. Bu sistem 0,39. sn'de kararlı hale geçmeye başlamakta ve 2,91. sn, 399,3 V gerilimde tam olarak kararlı hale geçmektedir. Akım grafiği gerilimin tam tersine 0,12. sn'ye kadar hızlı bir şekilde düşüş göstermekte bu süreden sonra 0,39. sn'ye kadar daha yavaş bir düşüşle kararlı hale geçmeye başlamaktadır. Şebekenin kalkınma akımı 1764,9 A' dir. Mevcut sistemdeki %15'lik evsel yük dahi kalkınma akımını önemli ölçüde artırmaya yetmektedir.



Şekil 3.31. Sistemin %100 Endüstriyel Yüklü Mevcut Kapasiteli Durumu

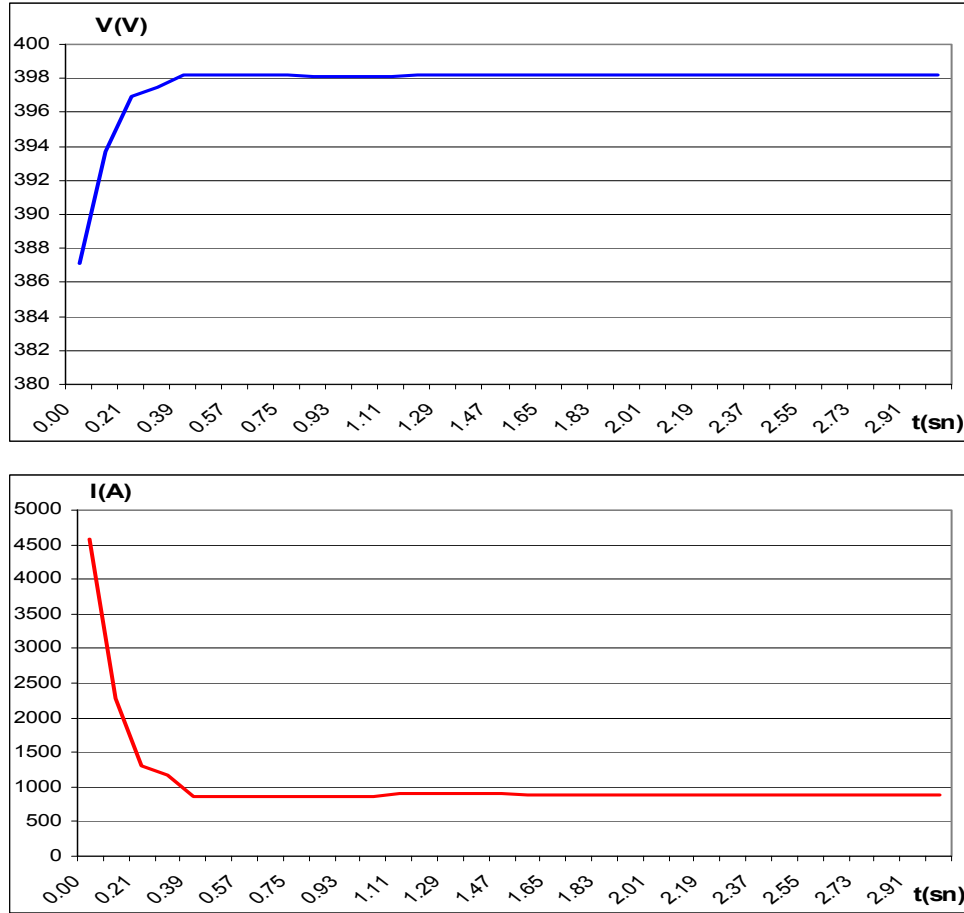
a) Gerilim – Zaman b) Akım - Zaman

Şekil 3.31’de sistemin %100 endüstriyel yükten oluştuğu varsayılarak incelenmiş başlangıç geriliminin 394,7 V olduğu görülmüştür. Bu sistem 0,21. sn’de kararlı hale geçmeye başlamakta ve 2,91. sn, 399,4 V gerilimde tam olarak kararlı hale geçmektedir. Akım grafiği gerilimin tam tersine 0,21. sn’ye kadar hızlı bir şekilde düşüş göstermekte bu süreden sonra kararlı hale geçmeye başlamaktadır. Şebekenin kalkınma akımı 1678 A’ dir.

Bu grafiklerden görülen evsel yüklerin şebekenin ilk kalkış anında büyük gerilim düşümlerine sebep olduğu, fakat kararlı hale geçiş süresini değiştirmediğidir. Endüstriyel yükler ticari yüklerden daha az gerilim düşümü problemi yaratmaktadır. Sistemdeki %15 ‘lik evsel yük dahi gerilim düşümünün artmasına sebep olmaktadır.

3.7.2. Çeşitli Yük Kapasitelerine Göre Simülasyon Grafikleri

İzmit Vilayet çıkışı mevcut sisteminin sahip olduğu 12 MVA'lık şebekenin %100, %150 ve %200 dolu olduğu farz edilerek mevcut yük kapasitesine göre simülasyonlar yapıldı ve sonuçlar karşılaştırıldı.

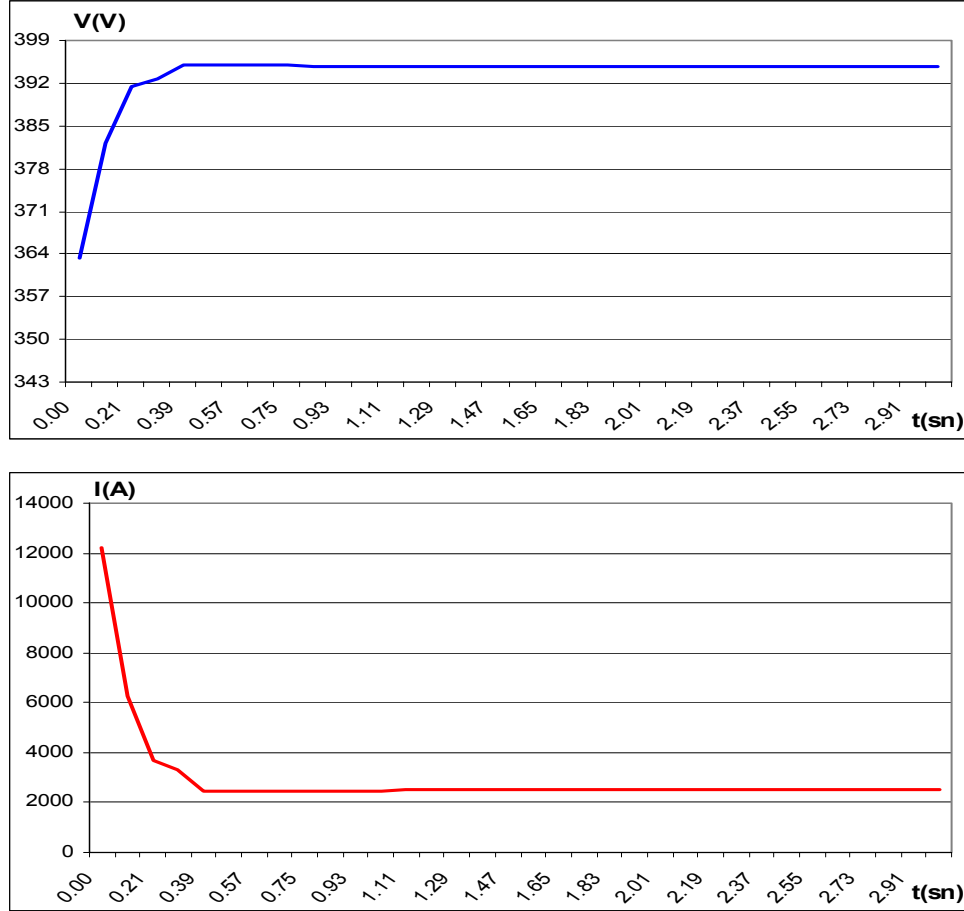


Şekil 3.32. Sistemin %15 Evsel- %85 Ticari Yükü Mevcut Kapasiteli Durumu

a) Gerilim – Zaman b) Akım - Zaman

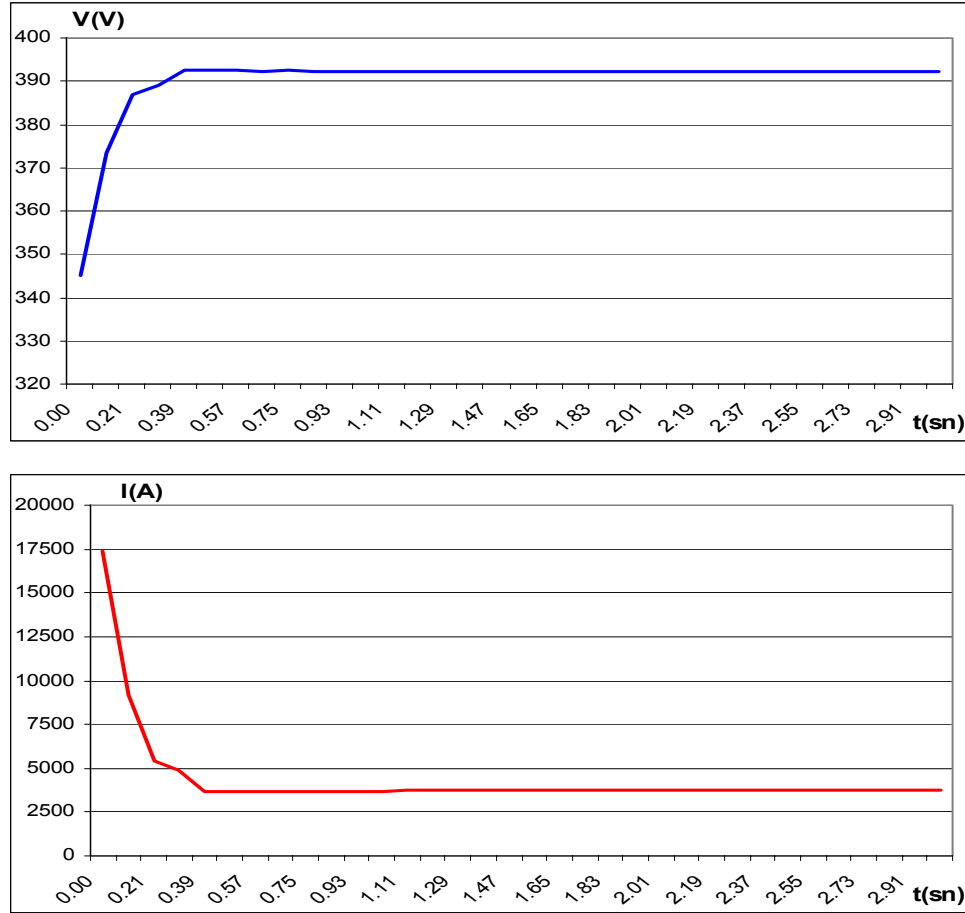
Şekil 3.32'de sistemin %15 evsel, %85 ticari yükten oluşan mevcut durumu incelenmiş başlangıç geriliminin 387,1 V olduğu görülmüştür. Bu sistem 0,39. sn'de kararlı hale geçmeye başlamakta ve 2,91. sn, 398,2 V gerilimde tam olarak kararlı hale geçmektedir. Akım grafiği gerilimin tam tersine 0,21. sn'ye kadar hızlı bir şekilde düşüş

göstermekte bu süreden sonra 0,39. sn'ye kadar daha yavaş bir düşüşle kararlı hale geçmeye başlamaktadır. Şebekenin kalkınma akımı 4584,9 A' dir.



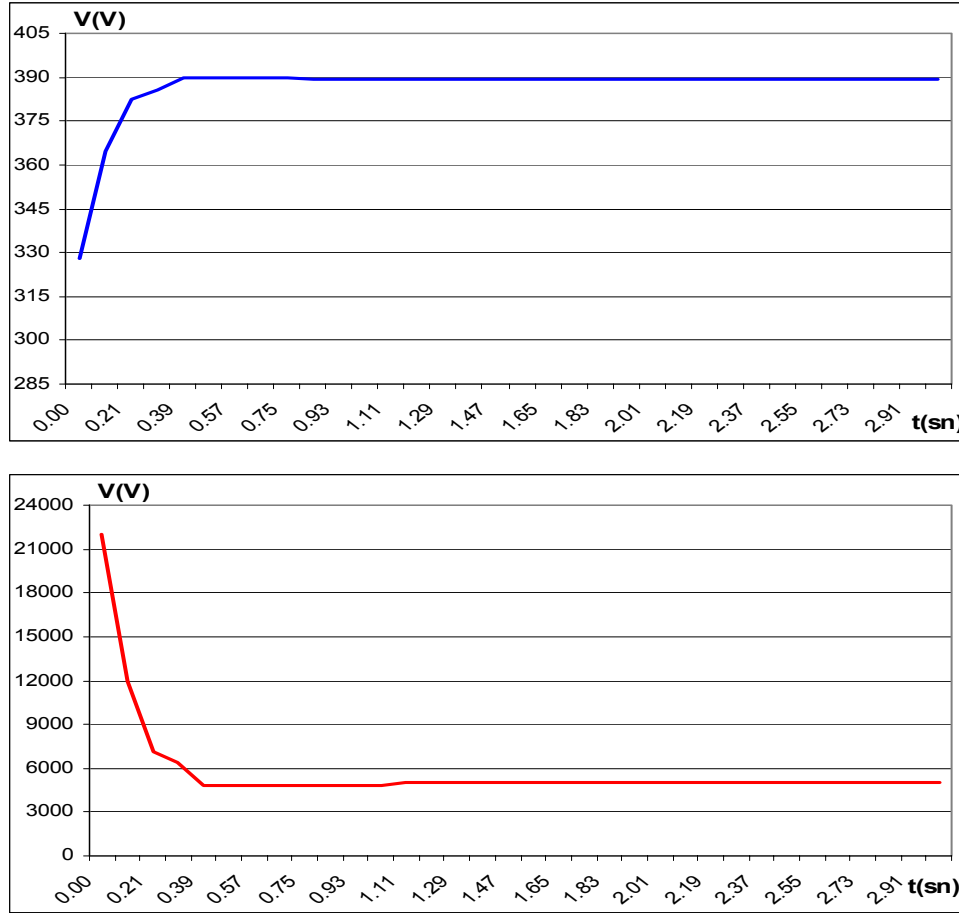
Şekil 3.33. Sistemin %15 Evsel-%85 Ticari Yüklü Kapasitenin %100 Dolu Durumu
a) Gerilim – Zaman b) Akım - Zaman

Şekil 3.33'te sistemin %15 evsel, %85 ticari yükten oluşan mevcut durumunun %100 yüklü olduğu farz edilerek simülasyon yapılmış ve başlangıç geriliminin 363,4 V olduğu görülmüştür. Bu sistem 0,39. sn'de kararlı hale geçmeye başlamakta ve 2,91. sn, 394,8 V gerilimde tam olarak kararlı hale geçmektedir. Akım grafiği gerilimin tam tersine 0,21. sn'ye kadar hızlı bir şekilde düşüş göstermekte bu süreden sonra 0,39. sn'ye kadar daha yavaş bir düşüşle kararlı hale geçmeye başlamaktadır. Şebekenin kalkınma akımı 12211 A' dir.



Şekil 3.34. Sistemin %15 Evsel-%85 Ticari Yüklü Kapasitenin %150 Dolu Durumu
a) Gerilim – Zaman b) Akım - Zaman

Şekil 3.34'te sistemin %15 evsel, %85 ticari yükten oluşan mevcut durumunun %150 yüklü olduğu farz edilerek simülasyon yapılmış ve başlangıç geriliminin 345,2 V olduğu görülmüştür. Bu sistem 0,39. sn'de kararlı hale geçmeye başlamakta ve 2,91. sn, 392,1 V gerilimde tam olarak kararlı hale geçmektedir. Akım grafiği gerilimin tam tersine 0,21. sn'ye kadar hızlı bir şekilde düşüş göstermekte bu süreden sonra 0,39. sn'ye kadar daha yavaş bir düşüşle kararlı hale geçmeye başlamaktadır. Şebekenin kalkınma akımı 17381,6 A' dir.



Şekil 3.35. Sistemin %15 Evsel-%85 Ticari Yüklü Kapasitenin %200 Dolu Durumu

a) Gerilim – Zaman b) Akım - Zaman

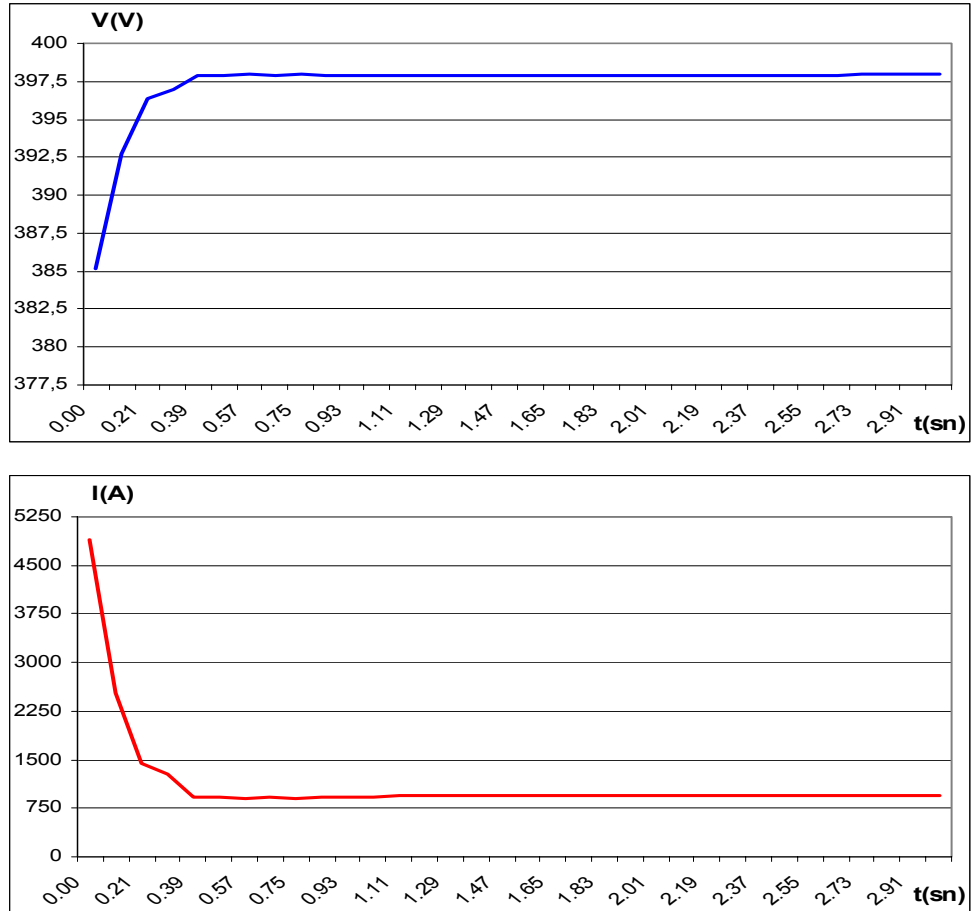
Şekil 3.35'te sistemin %15 evsel, %85 ticari yükten oluşan mevcut durumunun %200 yüklü olduğu farz edilerek simülasyon yapılmış ve başlangıç geriliminin 327,7 V olduğu görülmüştür. Bu sistem 0,39. sn'de kararlı hale geçmeye başlamakta ve 2,91. sn, 389,3 V gerilimde tam olarak kararlı hale geçmektedir. Akım grafiği gerilimin tam tersine 0,21. sn'ye kadar hızlı bir şekilde düşüş göstermekte bu süreden sonra 0,39. sn'ye kadar daha yavaş bir düşüşle kararlı hale geçmeye başlamaktadır. Şebekenin kalkınma akımı 21982,9 A' dir.

Bu grafiklerden de görüldüğü üzere yüklenme artışı inrush akımını artırmakta ve başlangıç geriliminde düşüş meydana getirmektedir. Kararlı hale geçiş süresi aynı kalırken kararlı hal geriliminde düşüş gözlenmektedir.

3.7.3. Çeşitli Alıcı Oranlarına Göre Simülasyon Grafikleri

Kompresör Oranına Göre:

İzmit Vilayet çıkışı mevcut sisteminde kompresör kullanımı şebekenin durumunda oldukça önemli rol oynamaktadır. Buzdolabı, soğutucu kullanımının iş yerlerinde daha fazla olması nedeniyle kompresör miktarının artırılması durumuna karşılık şebekenin vereceği cevabı incelemek için simülasyon yapıldı ve sonuç mevcut sistem sonucu ile karşılaştırıldı. Bu simülasyonda kompresör oranı %5 artırılmıştır.



Şekil 3.36. Sistemdeki Kompresör Oranının Artırılmış Durumu

a) Gerilim – Zaman b) Akım - Zaman

Şekil 3.36, Şekil 3.28 ile karşılaştırıldığında kompresör oranındaki artışın kalkışta daha fazla gerilim düşümü meydana getirdiği görülmektedir. Başlangıç gerilimi 385 V'a inmiştir. Kalkınma akımı kompresör oranının artması ile 4584,9 A' den 4884,2 A'e yükselmiştir. Ayrıca kararlı hale geçişte daha düşük gerilimde meydana gelmektedir.

Tablo 3.2. İzmit Vilayet Çıkışı Yük Durumuna Göre Kalkış Anındaki Değerler

Yük Durumu	Max. Akım	Min. Gerilim	Kararlı Hale Geçiş Süresi
Mevcut Sistem (%15 Eysel+%85 Ticari Yüklü)	4584,9	387,145	2,91
Mevcut Sistem (%100 Eysel Yüklü)	5611,0	381,632	2,91
Mevcut Sistem (%100 Ticari Yüklü)	1764,9	395,529	2,91
Mevcut Sistem (%100 Endüstriyel Yüklü)	1678,1	394,724	2,91
Kapasitenin %100 Dolu Durumu (12 MVA)	12211,2	363,410	2,91
Kapasitenin %150 Dolu Durumu (18 MVA)	17381,6	345,286	2,91
Kapasitenin %200 Dolu Durumu (24 MVA)	21982,9	327,724	2,91
Kompresör Oranının %5 Artırılmış Durumu	4884,2	385,147	2,91

3.8. Sonuçlar

Bu bölümde yapılan simülasyonlar sonucunda evsel yüklerin daha fazla inrush akımı çektiği görülmektedir. Eysel yüklerin çoğunluğunu da klima, buzdolabı ve aydınlatma yüklerinin oluşturduğunu varsayarsak şebekeyi hangi cihazların daha fazla zorladığını tahmin edebiliriz. Ticari yükler endüstriyel yüklere göre bir miktar daha fazla akım çekmektedirler. Her iki yük sisteminde de yüksek miktarda aydınlatma yükü bulunmakla birlikte ticari yük endüstriyel yük sistemine oranla daha fazla buzdolabı, bilgisayar, rezistif ve kompresör yükü içermektedir. Bu üç tipi birbiriyle kıyaslarsak buzdolabı, kompresör ve rezistif yükün kalkınma akımına etki ettiğini söyleyebiliriz.

Bunların dışında yaptığımız simülasyonlar trafo kapasitesi ölçüsünde ve daha fazlasında dolu olduğu durumlarda kalkınma akımının da yükseldiğini göstermektedir.

Bu durum trafo kapasitesinin yetersiz olduğu bölgelerde Şebeke ve elemanlarını zorlayacaktır.

Bu nedenlerden dolayı Şebekedeki yük tiplerinin, anahtarlama durumlarının (açık/kapalı) ve yük miktarının tahmin edilerek Şebekenin tasarlanması enerji restorasyonu açısından önemli bir konudur.

4. BİRLEŞİK α EĞRİ KARAKTERİSTİKLERİ

4.1. Giriş

Tam simülasyon programı, tekrar enerjilendirme süresince kalkınma akımının üzerinde belirli etkilere sahip olduğu düşünülen tüm evsel, ticari ve endüstriyel cihaz tiplerinin verilerini içerir. Bu bölümde yük tiplerine ait modellemeleri yapabilmek için birleşik dinamik empedans eğrileri hazırlandı. Bunu yaparken yük bloklarının her üç tipi (evsel, ticari ve endüstriyel) bir cihaz gibi tek bir α eğrisi ile ifade edildi ve polinom ifadeleri belirlendi.

4.2. Birleşik α Eğrilerinin Yapılandırılma Prosedürü

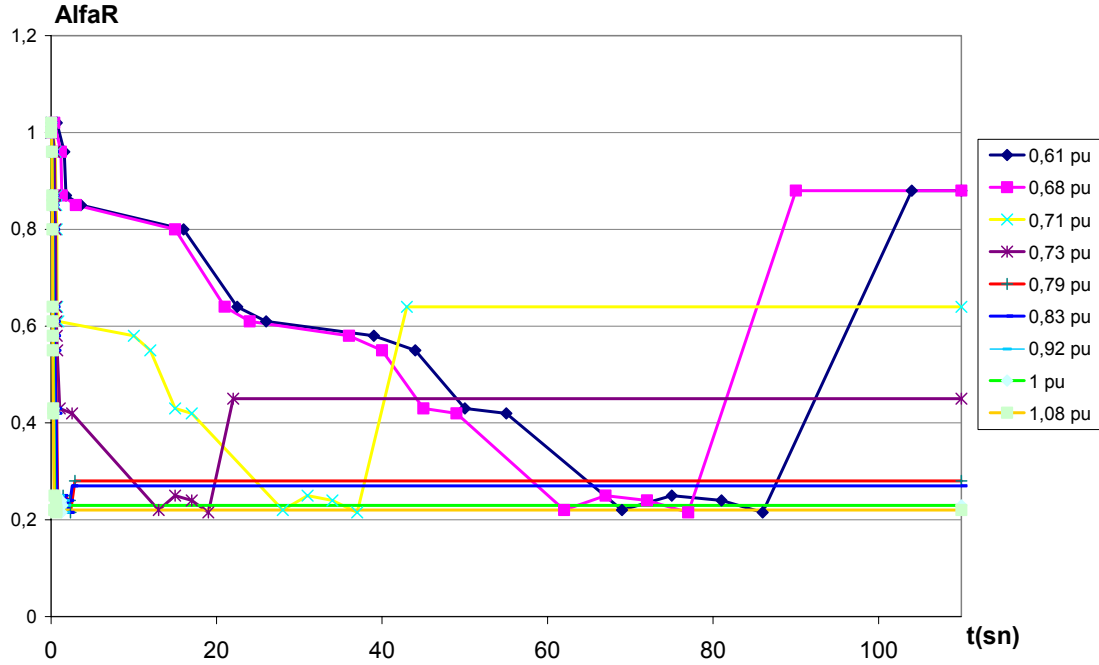
Birleşik α eğrileri yapılandırılırken yük bloklarının üç tipinin her biri, bir cihaz gibi gösterildi. Bu durum, yük bloğunu yapılandıracak cihazlara ait α eğri setlerinin, her bir cihaz için geçerli olan α eğrilerinin uygun şekilde birleştirilmesiyle yapıldı. Yük blokları şekillendirilirken Tablo 2.2’de belirtilen yüzdelik değerler kullanıldı. Gerilim seviyesi değiştiğinden eğri karakteristikleri de birbirinden farklı biçimler göstermektedir. Her bir eğriye kaydırma işlemi uygulanabilmekle beraber, kaydırma işlemi elimine etmek için polinom ifadelerini tespit etme yoluna gidildi.

Birleşik α eğrilerinin bir setinin yapılandırılması için metot, temel olarak sabit gerilim kaynağına bağlı bir grup paralel bağlı cihazın kalkış simülasyonuna benzerdir.

V_s ’nin sabit değeri için, toplam kalkınma akımı I , her Δt zaman aralığından sonra belirlendi. Yük bloğunun dinamik empedansına $Z_c = R_c + jX_c$ karşılık gelen değerler tüm zaman aralıklarında belirlendi. Sonra birleşik α değerleri α_{cr} ve α_{cx} , R_{CO}/R_C ve X_{CO}/X_C ile hesaplandı. Bu prosedüre tam bir birleşik α eğri seti elde edilene kadar V_s ’nin sabit değerinde tekrar edildi.

4.3. Birleşik α Eğrilerinin Polinomlarının Belirlenmesi

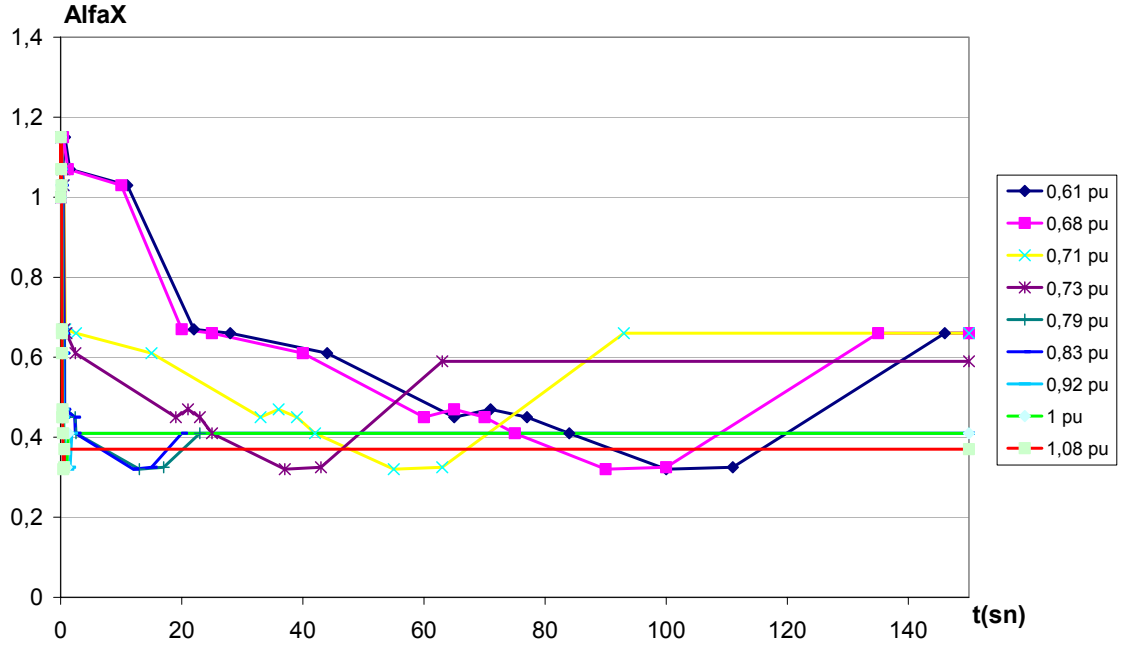
Birleşik α eğrilerinin polinomları Matlab bilgisayar programı ile belirlendi.



Şekil 4.1. Eysel Yüklere Ait Birleşik α_R Eğri Karakteristiği

Tablo 4.1. Eysel Yüklere Ait Birleşik α_R Eğrilerinin Polinom İfadeleri

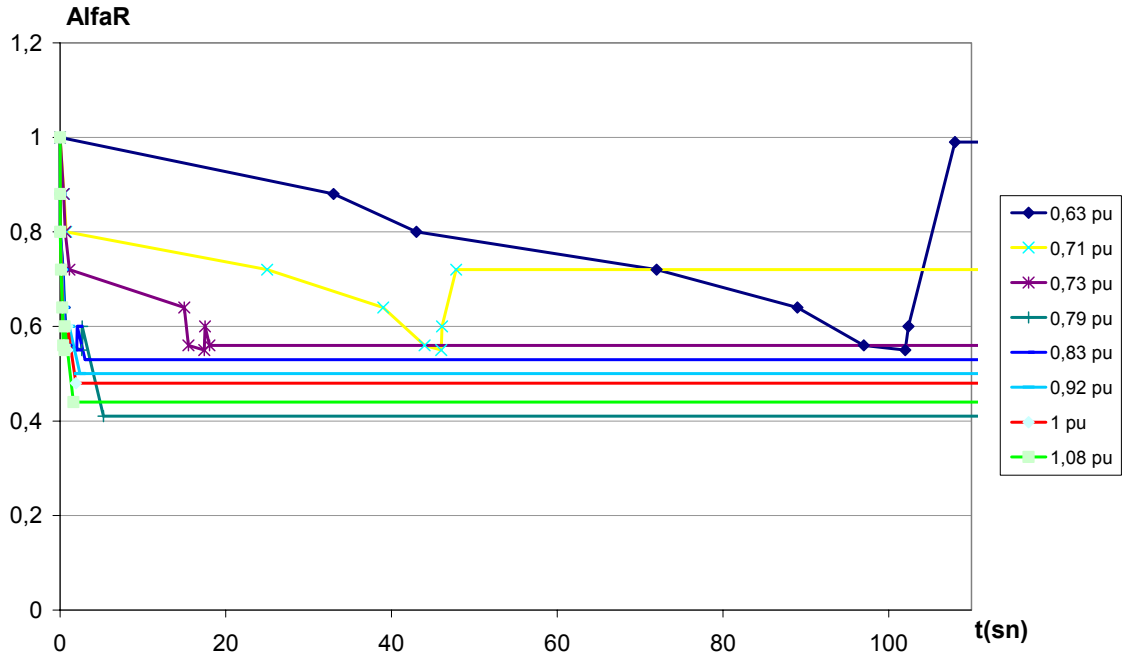
Gerilim (pu)	Polinomlar
0,61	$R(t) = -4 \cdot 10^{-11} t^6 + 10^{-8} t^5 - 10^{-6} t^4 + 3 \cdot 10^{-5} t^3 + 2 \cdot 10^{-4} t^2 - 0,0251t + 1$
0,68	$R(t) = -6 \cdot 10^{-9} t^5 + 10^{-6} t^4 - 10^{-4} t^3 + 41 \cdot 10^{-4} t^2 - 0,0601t + 1$
0,71	$R(t) = 9 \cdot 10^{-9} t^6 - 2 \cdot 10^{-6} t^5 + 10^{-4} t^4 - 33 \cdot 10^{-4} t^3 + 0,0488t^2 - 0,3t + 1$
0,73	$R(t) = -7 \cdot 10^{-6} t^5 + 5 \cdot 10^{-4} t^4 - 12 \cdot 10^{-3} t^3 + 0,12t^2 - 0,53t + 1$
0,79	$R(t) = -0,1t^6 + 1,36t^5 - 5,23t^4 + 9,25t^3 - 6,96t^2 + 0,91t + 1$
0,83	$R(t) = -0,06t^3 + 0,46t^2 - 1,1t + 1$
0,92	$R(t) = -10^{-1} t^3 + 0,7t^2 - 1,4t + 1$
1	$R(t) = -0,35t^3 + 1,5t^2 - 1,9t + 1$
1,08	$R(t) = -0,38t^3 + 1,7t^2 - 2,2t + 1$



Şekil 4.2. Eysel Yüklere Ait Birleşik α_X Eğri Karakteristiği

Tablo 4.2. Eysel Yüklere Ait Birleşik α_X Eğrilerinin Polinom İfadeleri

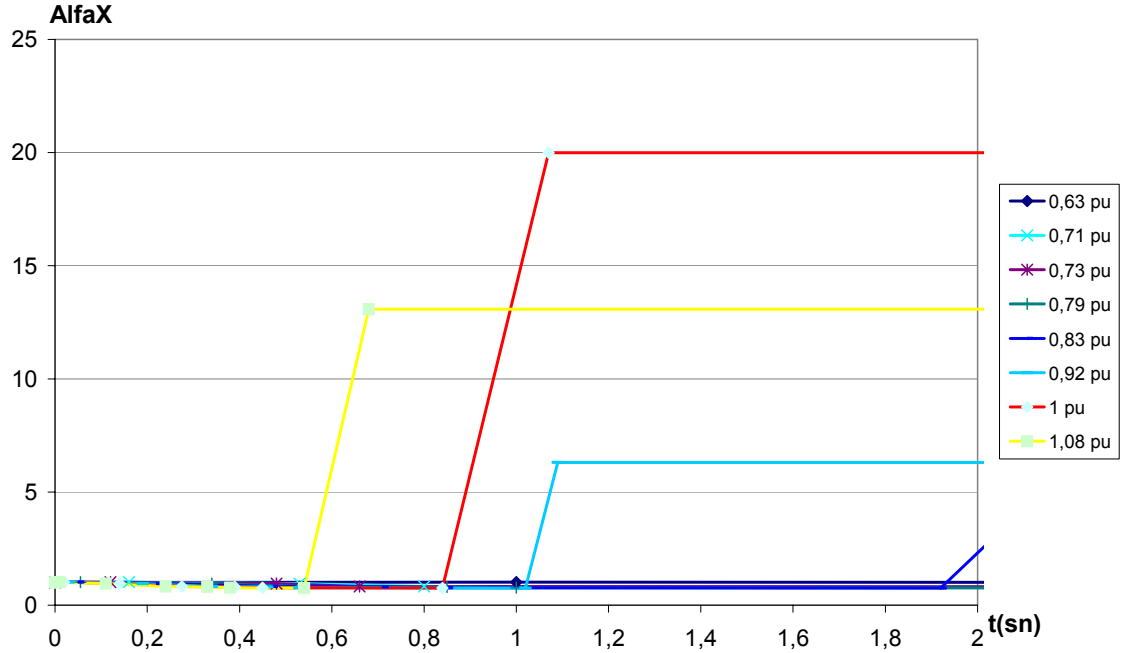
Gerilim (pu)	Polinomlar
0,61	$X(t) = -10^{-11}t^6 + 5 \cdot 10^{-9}t^5 - 9 \cdot 10^{-7}t^4 + 7 \cdot 10^{-5}t^3 + 2 \cdot 10^{-3}t^2 + 0,015t + 1$
0,68	$X(t) = -2 \cdot 10^{-11}t^6 + 7 \cdot 10^{-9}t^5 - 10^{-6}t^4 + 8 \cdot 10^{-5}t^3 - 2 \cdot 10^{-3}t^2 + 0,012t + 1$
0,71	$X(t) = -4 \cdot 10^{-9}t^5 + 10^{-6}t^4 - 10^{-4}t^3 + 4 \cdot 10^{-3}t^2 - 0,07t + 1$
0,73	$X(t) = -6 \cdot 10^{-6}t^3 + 10^{-3}t^2 - 0,047t + 1$
0,79	$X(t) = 2 \cdot 10^{-3}t^2 - 0,094t + 1$
0,83	$X(t) = 4 \cdot 10^{-5}t^4 - 2 \cdot 10^{-3}t^3 + 5 \cdot 10^{-2}t^2 - 0,4t + 1$
0,92	$X(t) = -7 \cdot 10^{-2}t^3 + 0,63t^2 - 1,25t + 1$
1	$X(t) = -0,37t^3 + 1,5t^2 - 1,8t + 1$
1,08	$X(t) = 1,3t^2 - 1,93t + 1$



Şekil 4.3. Ticari Yüklere Ait Birleşik α_R Eğri Karakteristiği

Tablo 4.3. Ticari Yüklere Ait Birleşik α_R Eğrilerinin Polinom İfadeleri

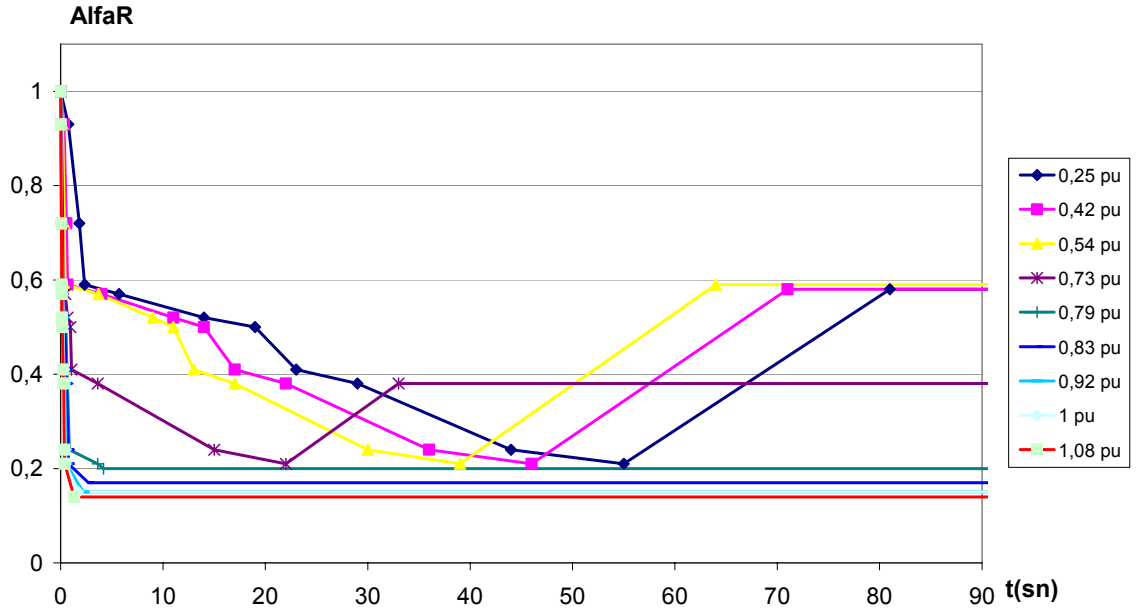
Gerilim (pu)	Polinomlar
0,63	$R(t) = 8 \cdot 10^{-11} t^6 - 2 \cdot 10^{-8} t^5 + 3 \cdot 10^{-6} t^4 - 2 \cdot 10^{-4} t^3 + 3 \cdot 10^{-3} t^2 - 0,037t + 1$
0,71	$R(t) = 3 \cdot 10^{-4} t^2 - 0,02t + 1$
0,73	$R(t) = 2 \cdot 10^{-3} t^2 - 0,06t + 1$
0,79	$R(t) = 8 \cdot 10^{-3} t^4 - 0,12t^3 + 0,53t^2 - 0,91t + 1$
0,83	$R(t) = 3 \cdot 10^{-2} t^4 - 0,3t^3 + 0,93t^2 - 1,1t + 1$
0,92	$R(t) = 0,12t^4 - 0,8t^3 + 1,88t^2 - 1,6t + 1$
1	$R(t) = 0,17t^2 - 0,68t + 1$
1,08	$R(t) = -0,32t^3 + 1,23t^2 - 1,47t + 1$



Şekil 4.4. Ticari Yüklere Ait Birleşik α_X Eğri Karakteristiği

Tablo 4.4. Ticari Yüklere Ait Birleşik α_X Eğrilerinin Polinom İfadeleri

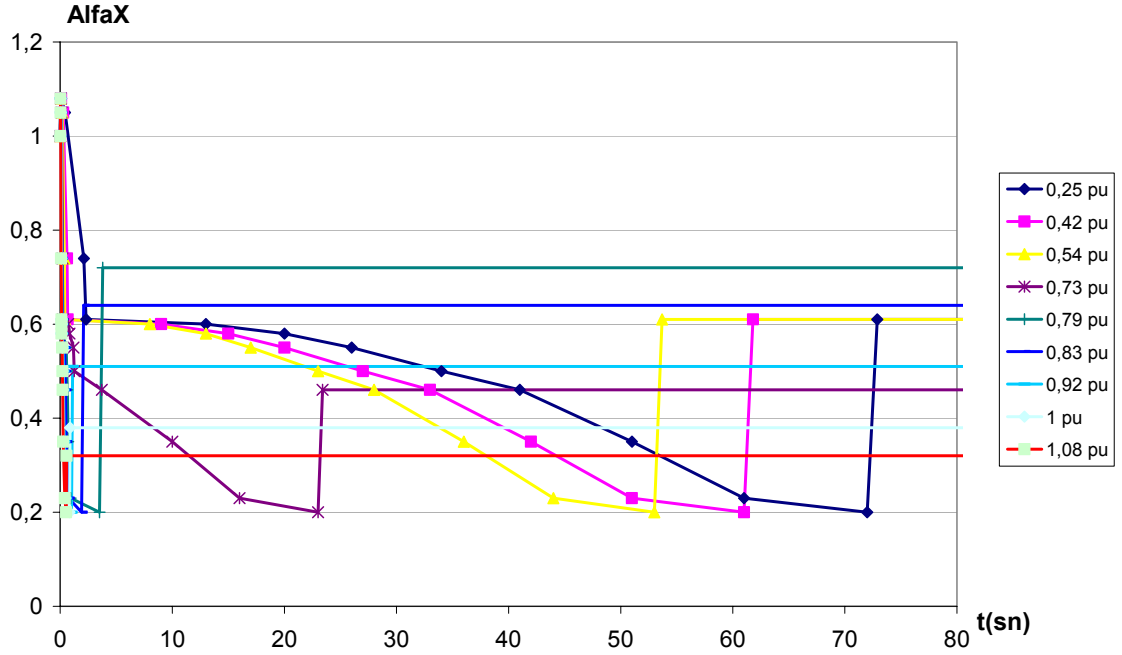
Gerilim (pu)	Polinomlar
0,63	$X(t) = -3 \cdot 10^{-9} t^6 + 5 \cdot 10^{-7} t^5 - 3 \cdot 10^{-5} t^4 + 9 \cdot 10^{-4} t^3 - 10^{-2} t^2 + 0,04t + 1$
0,71	$X(t) = -3 \cdot 10^{-5} t^5 + 10^{-3} t^4 - 10^{-2} t^3 + 0,07t^2 - 0,2t + 1$
0,73	$X(t) = -7 \cdot 10^{-6} t^5 + 8 \cdot 10^{-4} t^4 - 10^{-2} t^3 + 0,09t^2 - 0,2t + 1$
0,79	$X(t) = 0,2t^4 + 2,5t^3 - 5,8t^2 + 2,8t + 1$
0,83	$X(t) = -t^4 + 5,9t^3 - 8,6t^2 + 3t + 1$
0,92	$X(t) = -3t^3 + 9,6t^2 - 4,2t + 1$
1	$X(t) = -16,6t^3 + 47,8t^2 - 19,3t + 1$
1,08	$X(t) = -50,9t^3 + 88,2t^2 - 24,6t + 1$



Şekil 4.5. Endüstriyel Yüklere Ait Birleşik α_R Eğri Karakteristiği

Tablo 4.5. Endüstriyel Yüklere Ait Birleşik α_R Eğrilerinin Polinom İfadeleri

Gerilim (pu)	Polinomlar
0,25	$R(t) = -10^{-8}t^5 + 3 \cdot 10^{-6}t^4 - 2 \cdot 10^{-4}t^3 + 7 \cdot 10^{-3}t^2 - 0,1t + 1$
0,42	$R(t) = 8 \cdot 10^{-8}t^4 - 2 \cdot 10^{-5}t^3 + 10^{-3}t^2 - 0,05t + 1$
0,54	$R(t) = 2 \cdot 10^{-7}t^4 - 3 \cdot 10^{-5}t^3 + 2 \cdot 10^{-3}t^2 - 0,07t + 1$
0,73	$R(t) = 10^{-3}t^2 - 0,07t + 1$
0,79	$R(t) = -0,05t^3 + 0,5t^2 - 1,3t + 1$
0,83	$R(t) = -0,2t^3 + t^2 - 1,7t + 1$
0,92	$R(t) = -0,2t^3 + 1,3t^2 - 2,2t + 1$
1	$R(t) = -0,6t^3 + 2,4t^2 - 2,8t + 1$
1,08	$R(t) = -0,8t^3 + 3t^2 - 3t + 1$



Şekil 4.6. Endüstriyel Yüklere Ait Birleşik α_X Eğri Karakteristiği

Tablo 4.6. Endüstriyel Yüklere Ait Birleşik α_X Eğrilerinin Polinom İfadeleri

Gerilim (pu)	Polinomlar
0,25	$X(t) = -4 \cdot 10^{-7} t^4 - 6 \cdot 10^{-5} t^3 + 3 \cdot 10^{-3} t^2 - 0,062t + 1$
0,42	$X(t) = -2 \cdot 10^{-8} t^5 + 5 \cdot 10^{-6} t^4 - 3 \cdot 10^{-4} t^3 + 9 \cdot 10^{-3} t^2 - 0,11t + 1$
0,54	$X(t) = 8 \cdot 10^{-7} t^4 - 10^{-4} t^3 + 3 \cdot 10^{-3} t^2 - 0,07t + 1$
0,73	$X(t) = -2 \cdot 10^{-4} t^3 + 10^{-2} t^2 - 0,18t + 1$
0,79	$X(t) = -4 \cdot 10^{-2} t^3 + 0,45t^2 - 1,22t + 1$
0,83	$X(t) = -6 \cdot 10^{-2} t^4 + 0,16t^3 + 0,55t^2 - 1,54t + 1$
0,92	$X(t) = -0,73t^3 + 2,65t^2 - 2,59t + 1$
1	$X(t) = -1,1t^3 + 3,62t^2 - 3,12t + 1$
1,08	$X(t) = -2,56t^3 + 5,5t^2 - 3,62t + 1$

4.4. Sonuçlar

Birleşik α eğri karakteristik grafiklerinden görölen, gerilim değeri­nin yükseldikçe kararlı hale geçiş süresinin kısaldığı ve evsel yüklere ait dinamik empedansların aktif ve reaktif kısımlarının daha düşük değere karşılık geldiğidir.

Her bir yük tipine ait dinamik empedans eğri grafiklerini çizdirerek yük tiplerinin modellenmesi sağlandı. Çizdirilen bu grafiklere ait polinom ifadeleri yazdırıldı. Bunu yapmamızdaki amaç ise bu grafikleri sayısallaştırarak EMTP gibi iteratif çözüm yöntemleri sunan programlarda kullanabilir duruma getirmektir.

5. SONUÇLAR

Kalkış anında şebekeyi zorlayan yük tiplerini sıralarsak birinci sırada evsel yükler yer alır. Bunu, sırasıyla ticari ve endüstriyel yükler izler. Klima ve flüoresan aydınlatma oranının en yüksek olduğu yük tipinin endüstriyel yük tipi olduğu göz önüne alındığında kalkınma akımını diğer yüklerin daha fazla etkilediği fark edilir. Bunların dışında evsel ve ticari yüklerin yoğun yükleri enkandesan aydınlatma, buzdolabı ve rezistif yüklerdir. Enkandesan lambaların ise yapılan simülasyon sonucunda flüoresan lambalardan daha az kalkınma akımı çektiği görülmüştür. Buzdolabı ve rezistif yüklerin kalkıştaki kalkınma akımını önemli ölçüde etkilediğini söyleyebiliriz. Ayrıca evsel yüklerin kesintilerden sonra otomatik olarak devreye girmesi, ticari ve özellikle endüstriyel yüklerin ise kesintiler sonrasında otomatik olarak devreye girmiyor olmaları kalkınma akımı üzerinde etkilidir. Trafo merkezlerindeki yüklenme oranındaki artışta kalkınma akımını artırmaktadır.

Kararlı hale geçiş süreleri aynı olmakla beraber gerilim dalgalanmaları evsel yüklerde fazla değildir. Ticari ve endüstriyel yüklerde ise daha belirgin dalgalanmalar olduğu gözlenmektedir. Bu da bize evsel yüklerde görülen yüksek kalkınma akımlarının şebekeyi daha az zorladığını, daha düşük kalkınma akımına sahip ticari ve endüstriyel yüklü şebekelerin bu akımdan daha fazla etkilendiğini göstermektedir.

Birleşik α eğri karakteristik grafiklerinden görülen, gerilim değerinin yükseldikçe kararlı hale geçiş süresinin kısaldığı ve evsel yüklere ait dinamik empedansların aktif ve reaktif kısımlarının düşük gerilimden yüksek gerilime geçtikçe daha düşük değerlere karşılık geldiğidir.

Şebekeler tasarlanırken yük tiplerinin neler olduğu, çalışacak cihazların özellikleri, yüklenme oranları iyi bir şekilde etüt edilmeli ve sonuçlar doğrultusunda planlamalar yapılmalıdır. Ayrıca kalkınma akımının süresi ve genliği bilinmelidir ki

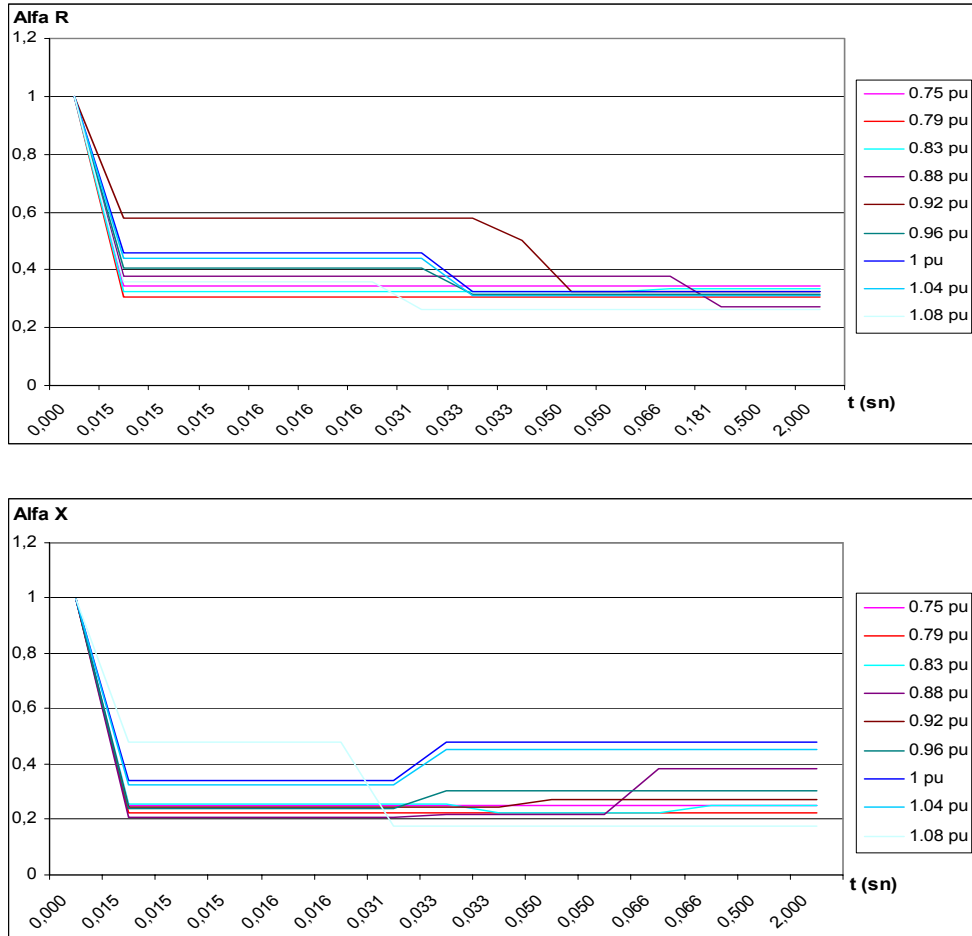
Őebeke kalkiŐ periyoduna dayanabilsin. Aksi takdirde yūksek kalkınma akımları būyūk gerilim dūŐūmleri meydana getirecek, bu da devrede olan cihazların zarar gūrmesine neden olacaktır.

EKLER

Ek-A Dinamik Empedans Modelleri

A.1. Flüoresan Lambalar

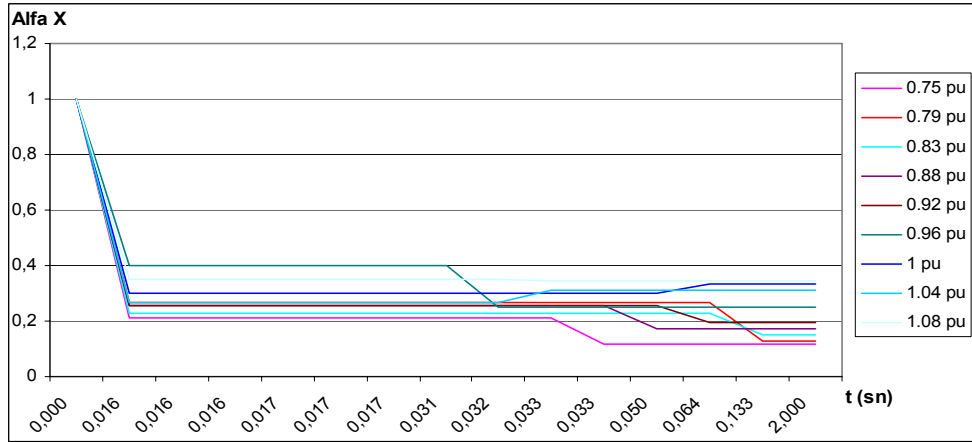
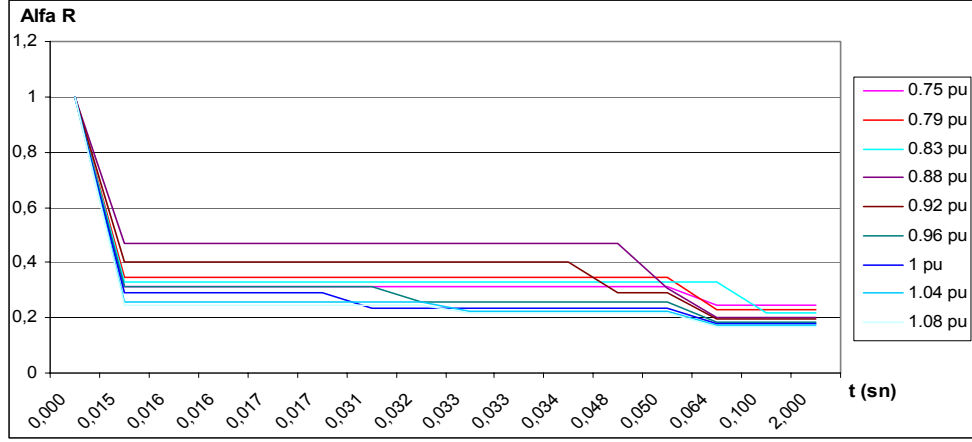
- **Elektronik Flüoresan Lambalar:** Testleri 0.75-1.08 pu ($U_T=230$ volt) gerilim seviyeleri arasında 0.0416 pu gerilim aralıkları ile yapılmıştır.



Şekil A.1. a) Elektronik Flüoresan Lamba için α_r Eğrileri

b) Elektronik Flüoresan Lamba için α_x Eğrileri

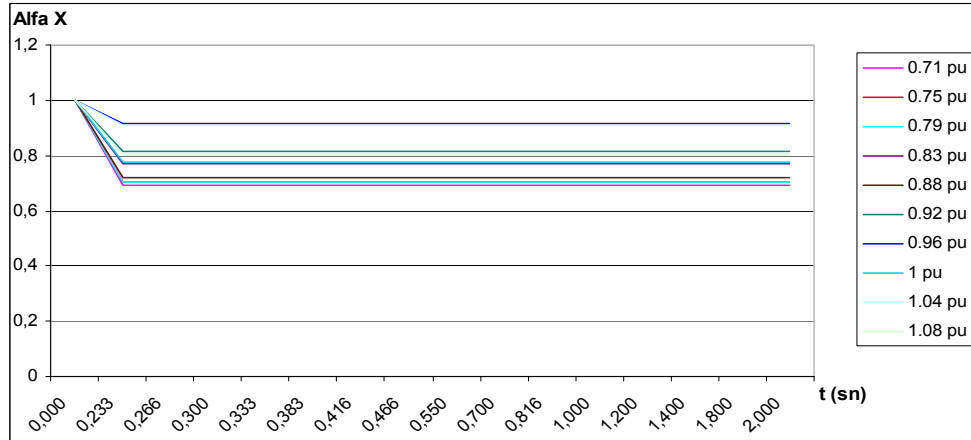
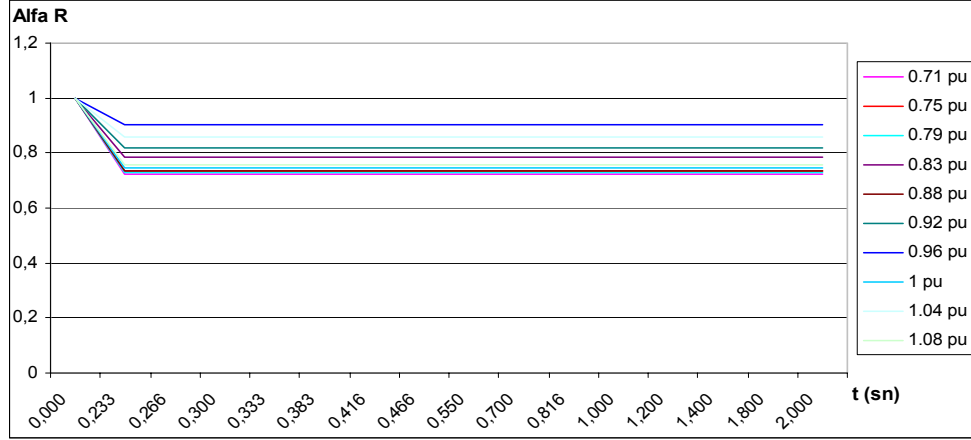
- **Magnetik Flüoresan Lambalar:** Testleri 0.75-1.08 pu ($U_T= 230$ volt) gerilim seviyeleri arasında 0.0416 pu gerilim aralıkları ile yapılmıştır.



Şekil A.2. a) Magnetik Flüoresan Lamba için α_r Eğrileri

b) Magnetik Flüoresan Lamba için α_x Eğrileri

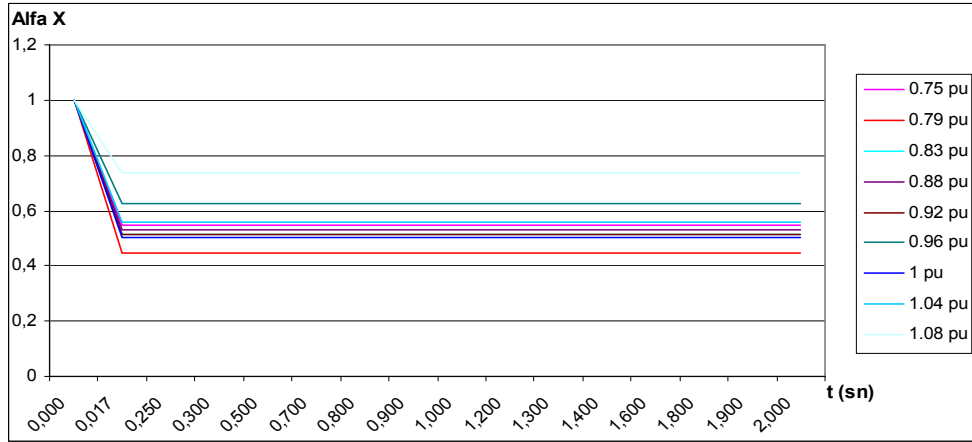
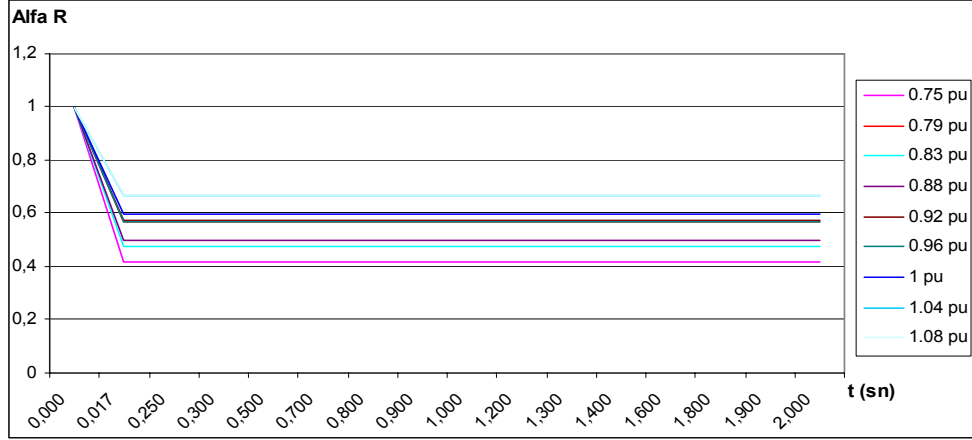
- **Kompakt Tip Flüoresan Lambalar:** Testler 0.71-1.08 pu ($U_T = 230$ volt) gerilim seviyeleri arasında 0.0416 pu gerilim aralıkları ile yapılmıştır.



Şekil.A.3. a) Kompakt Tip Flüoresan Lamba için α_r Eğrileri

b) Kompakt Tip Flüoresan Lamba için α_x Eğrileri

- **Enkandesan / Halojen Lambalar:** Testleri 0.75-1.08 pu ($U_T = 230$ volt) gerilim seviyeleri arasında 0.0416 pu gerilim aralıkları ile yapılmıştır.

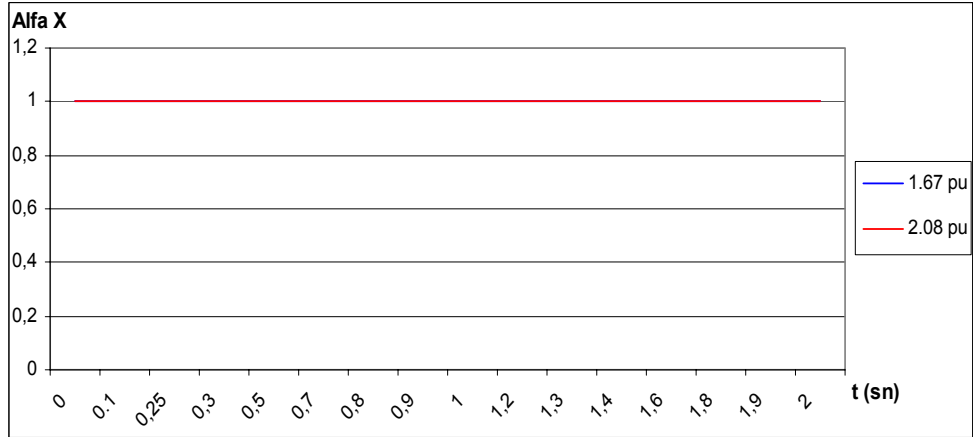
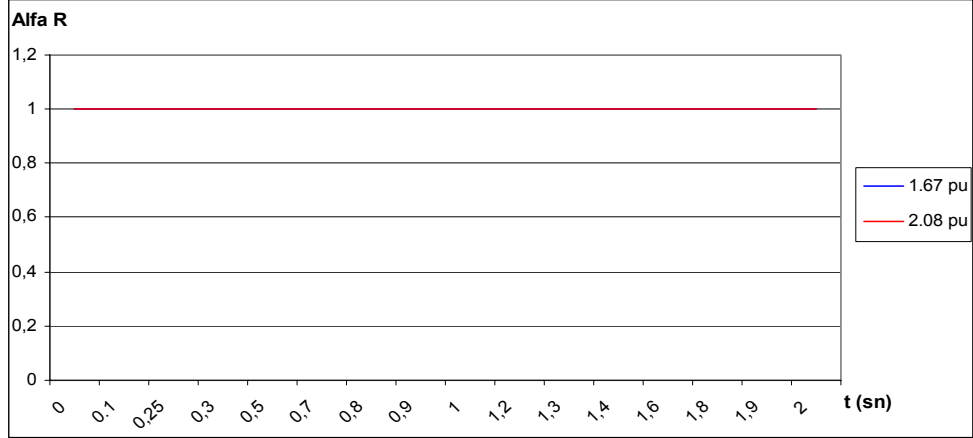


Şekil A.4. a) Enkandesan / Halojen Lambalar için α_r Eğrileri

b) Enkandesan / Halojen Lambalar için α_x Eğrileri

A .2. Rezistif Yük

Testleri 1.67 ve 2.08 pu ($U_T = 230$ volt) gerilim değerleri için yapılmıştır.

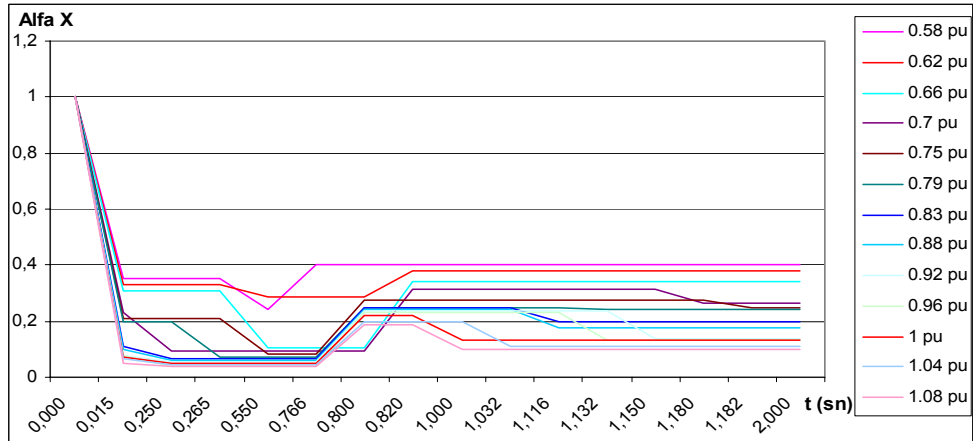
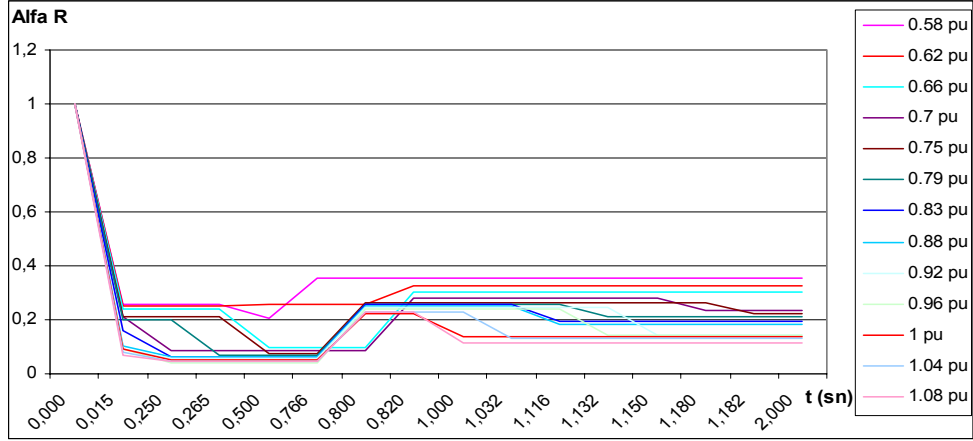


şekil A.5. a) Rezistif Yük için α_r Eğrileri

b) Rezistif Yük için α_x Eğrileri

A .3. Bilgisayar / Monitör

Testleri 0.58-1.08 pu ($U_T= 230$ volt) gerilim seviyeleri arasında 0.0416 pu gerilim aralıkları ile yapılmıştır.

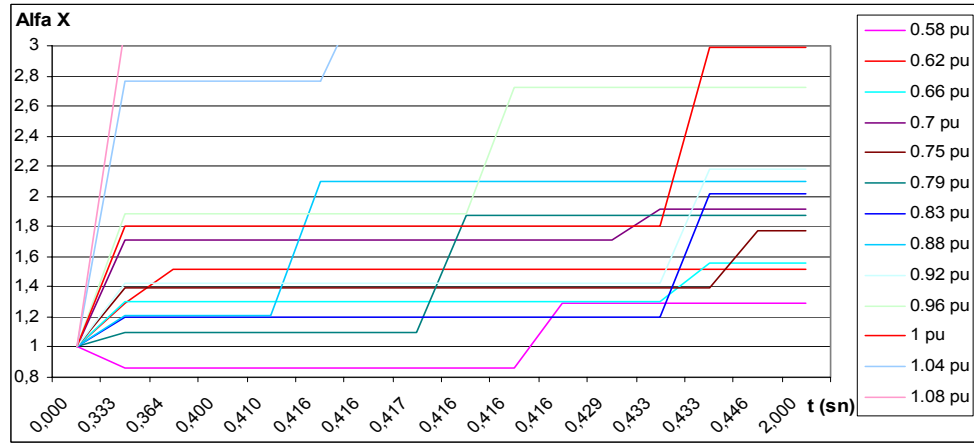
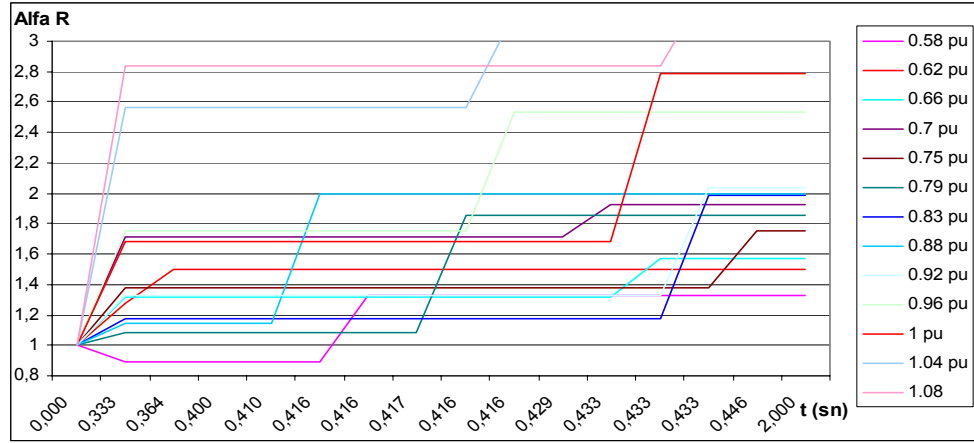


Şekil A.6. a) Bilgisayar /Monitör için α_r Eğrileri

b) Bilgisayar /Monitör için α_x Eğrileri

A.4. Laptop

Testleri 0.58-1.08 pu ($U_T = 230$ volt) gerilim seviyeleri arasında 0.0416 pu gerilim aralıkları ile yapılmıştır.

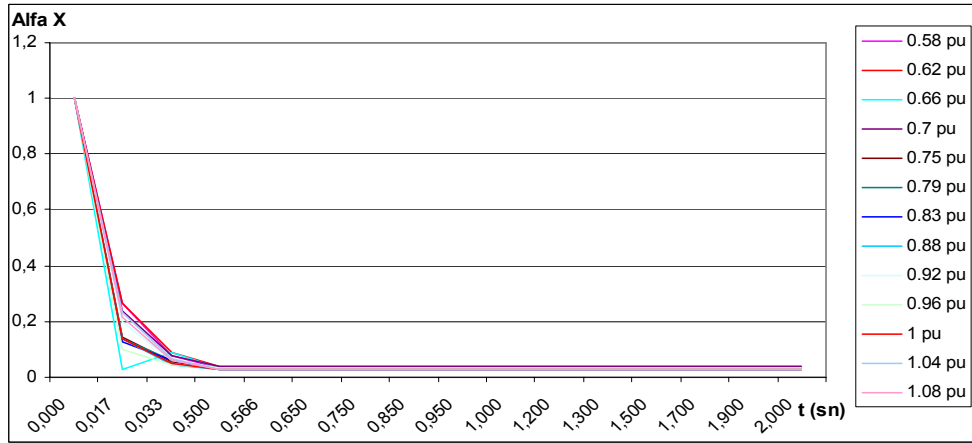
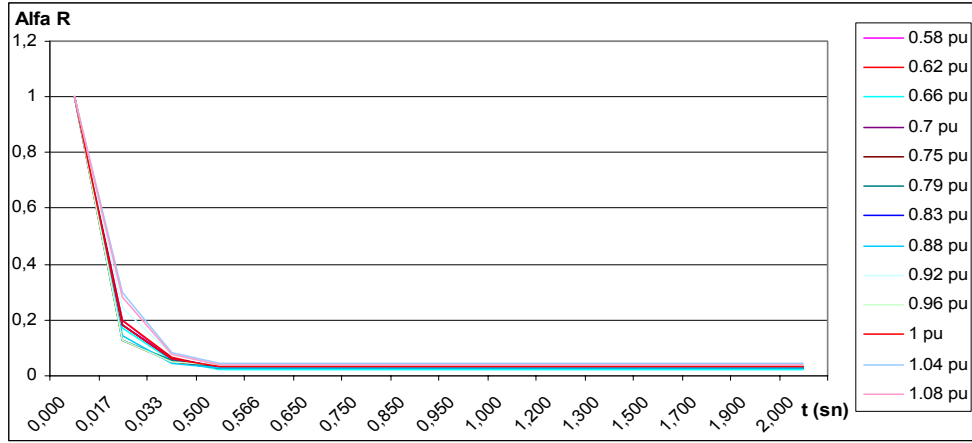


Şekil A.7. a) Laptop için α_r Eğrileri

b) Laptop için α_x Eğrileri

A.5. Printer / Fax

Testleri 0.58-1.08 pu ($U_T = 230$ volt) gerilim seviyeleri arasında 0.0416 pu gerilim aralıkları ile yapılmıştır.

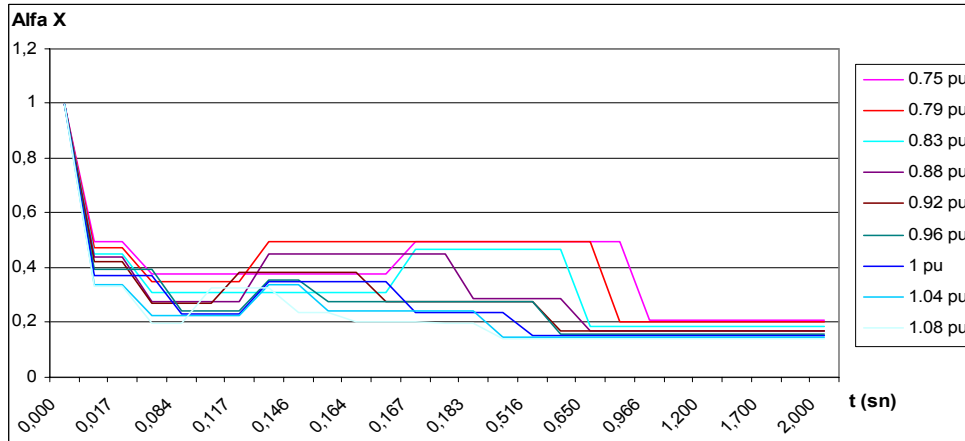
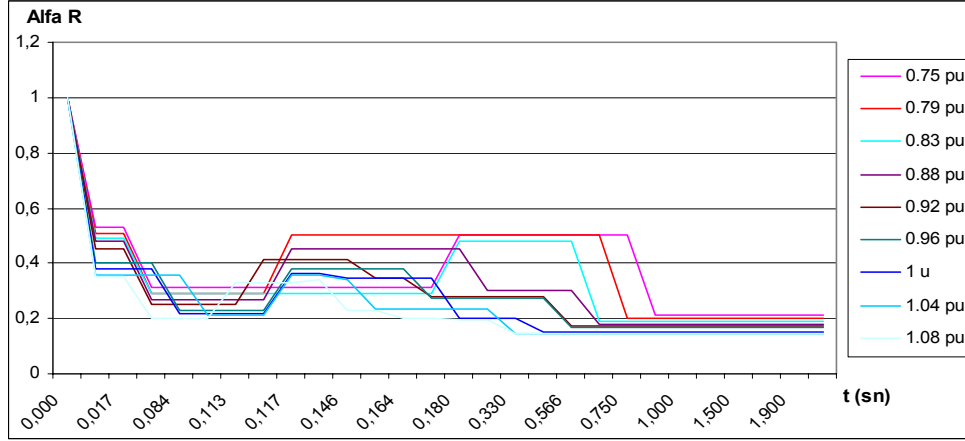


Şekil A.8. a) Printer / Fax için α_r Eğrileri

b) Printer / Fax için α_x Eğrileri

A.6. Televizyon

Testleri 0.75-1.08 pu ($U_T = 230$ volt) gerilim seviyeleri arasında 0.0416 pu gerilim aralıkları ile yapılmıştır.

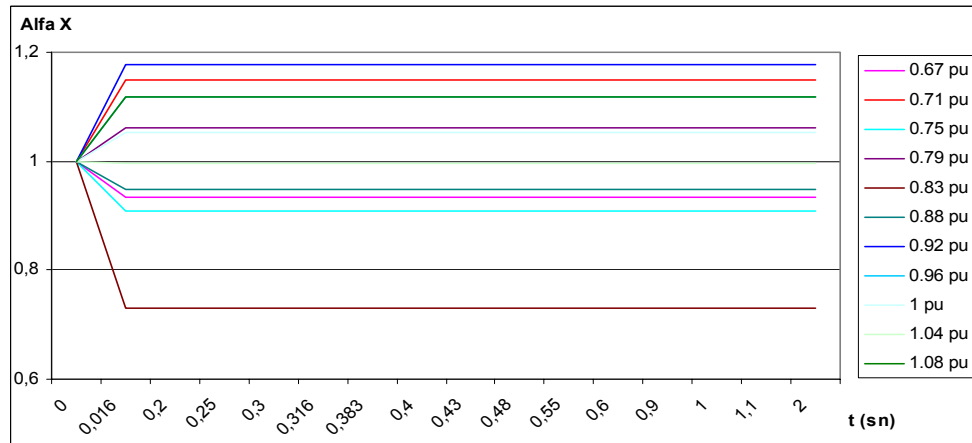
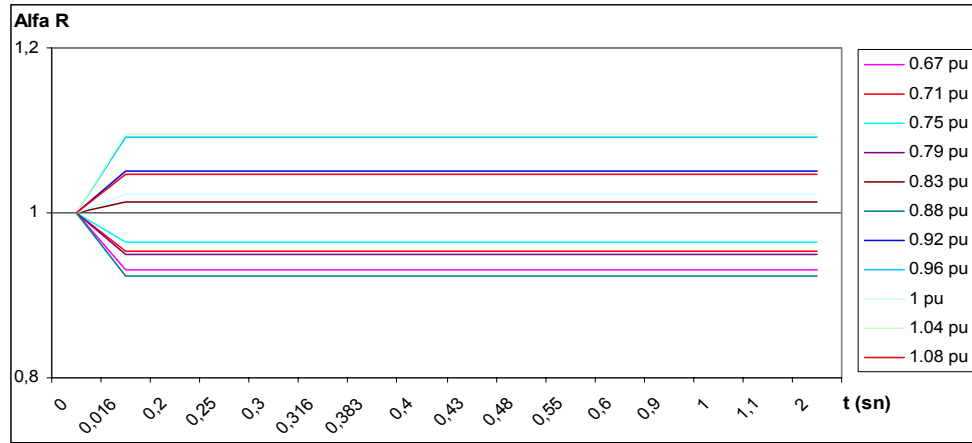


Şekil A.9. a) Televizyon için α_r Eğrileri

b) Televizyon için α_x Eğrileri

A.7. Fan

Testleri 0.67-1.08 pu ($U_T = 230$ volt) gerilim seviyeleri arasında 0.0416 pu gerilim aralıkları ile yapılmıştır.

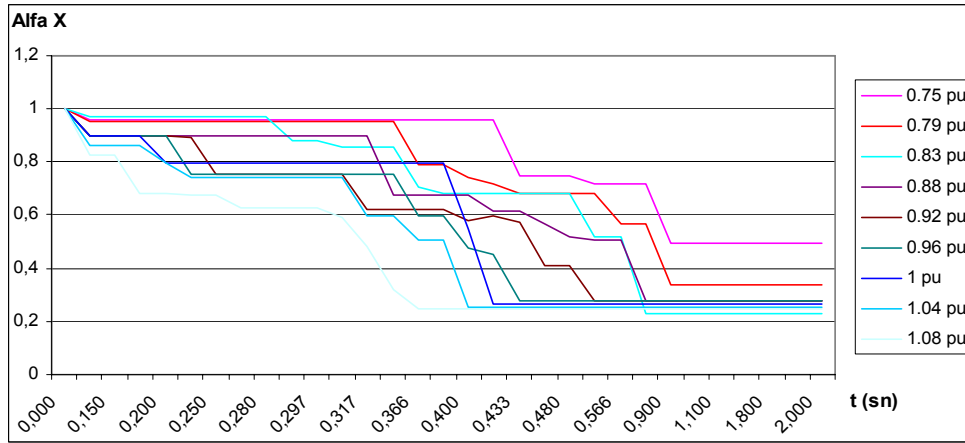
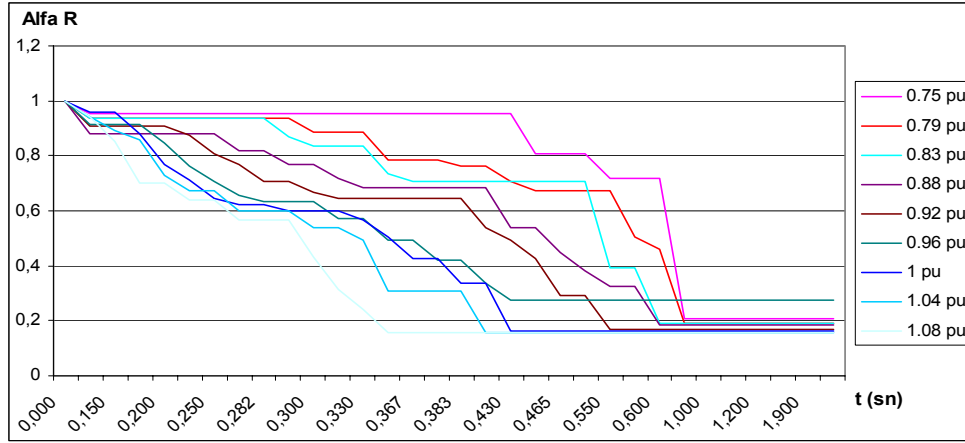


Şekil A.10. a) Fan için α_r Eğrileri

b) Fan için α_x Eğrileri

A.8. Buzdolabı / Derin Dondurucu

Testleri 0.75-1.08 pu ($U_T = 230$ volt) gerilim seviyeleri arasında 0.0416 pu gerilim aralıkları ile yapılmıştır.

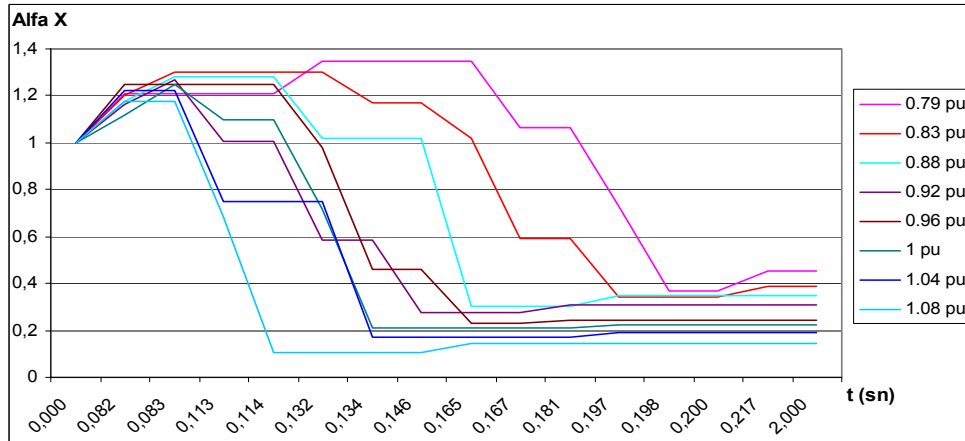
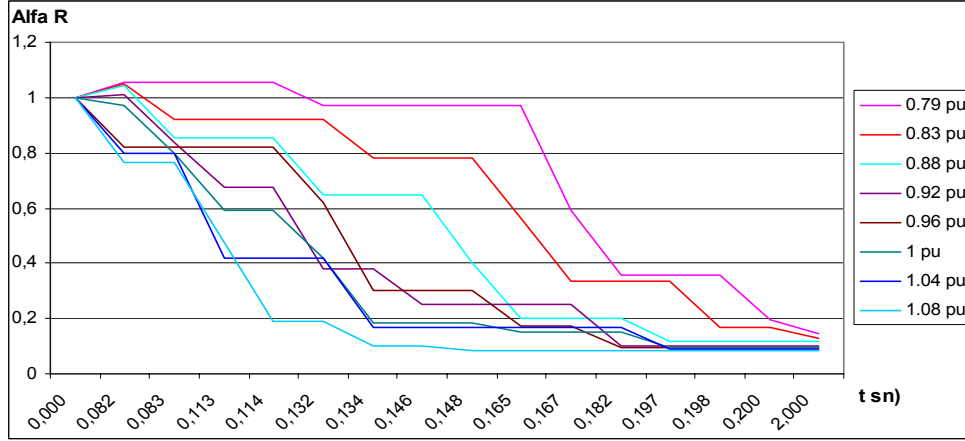


Şekil A.11. a) Buzdolabı için α_r Eğrileri

b) Buzdolabı için α_x Eğrileri

A.9. Klima (Pencere, Küçük)

Testleri 0.79-1.08 pu ($U_T = 230$ volt) gerilim seviyeleri arasında 0.0416 pu gerilim aralıkları ile yapılmıştır.

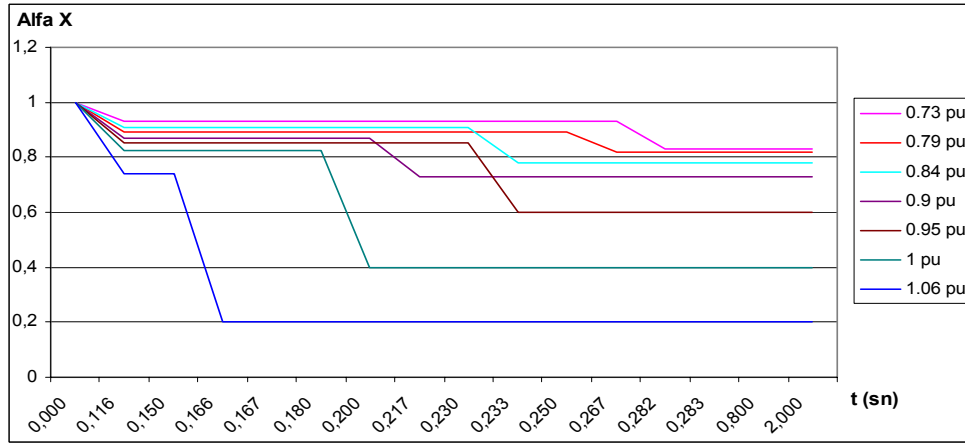
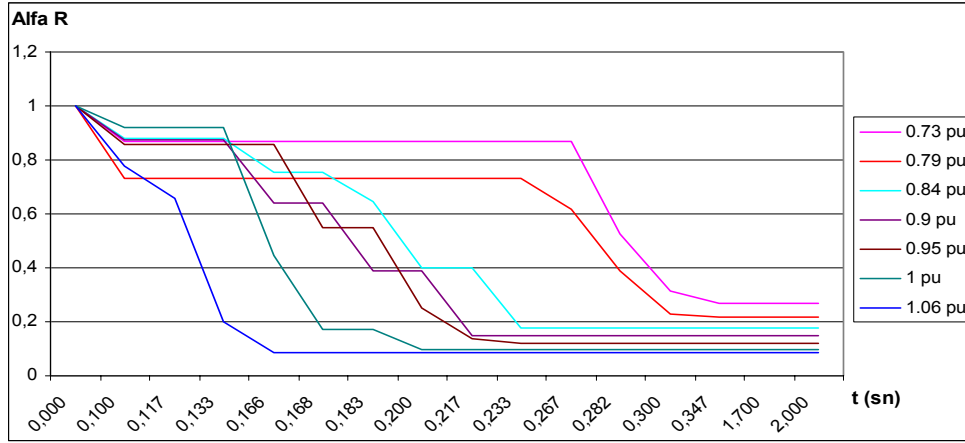


Şekil A.12. a) Klima (Pencere,Küçük) için α_r Eğrileri

b) Klima (Pencere,Küçük) için α_x Eğrileri

A.10. Klima (Pencere, Büyük)

Testleri 0.73-1.06 pu ($U_T=230$ volt) gerilim seviyeleri arasında 0.055 pu gerilim aralıkları ile yapılmıştır.

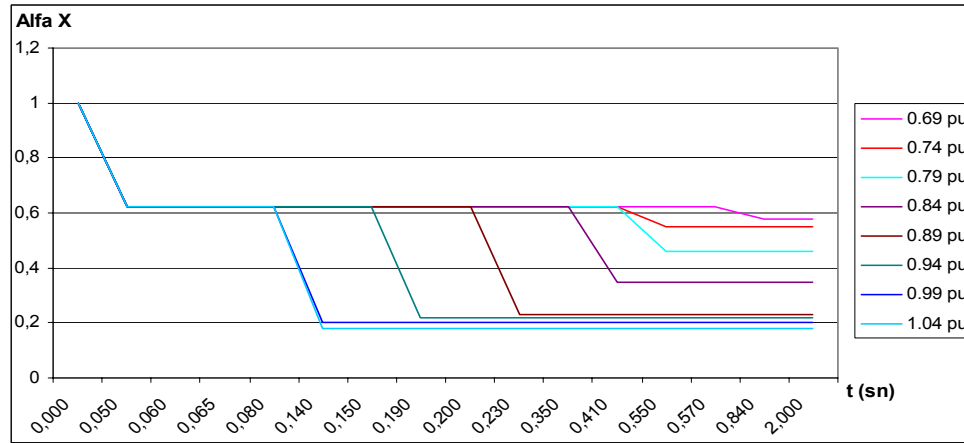
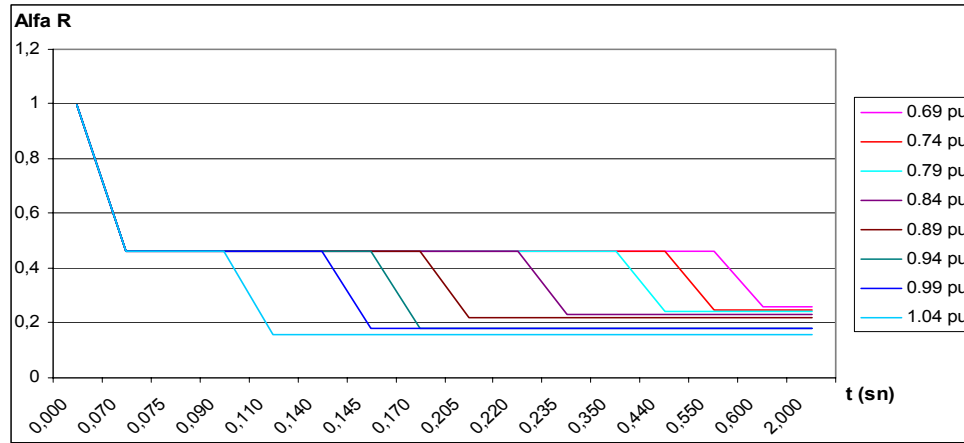


Şekil A.13. a) Klima (Pencere,Büyük) için α_r Eğrileri

b) Klima (Pencere,Büyük) için α_x Eğrileri

A.11. Kompresör / Pompa

Testleri 0.69-1.04 pu ($U_T=230$ volt) gerilim seviyeleri arasında 0.05 pu gerilim aralıkları ile yapılmıştır.

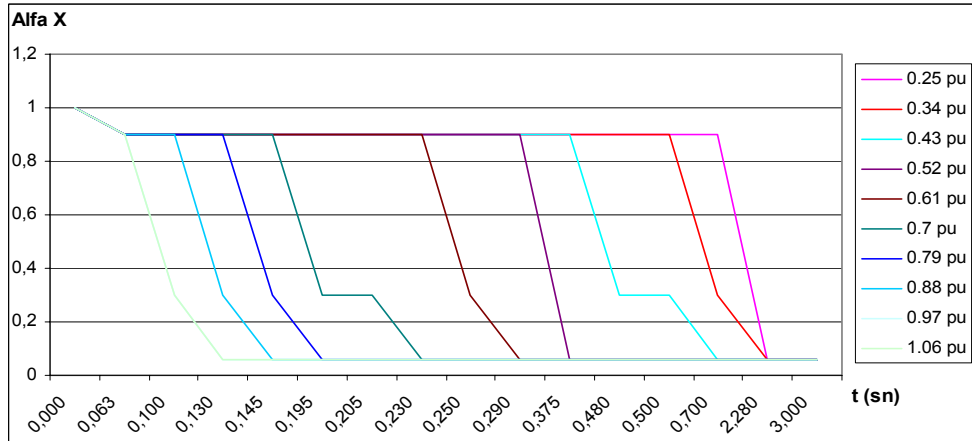
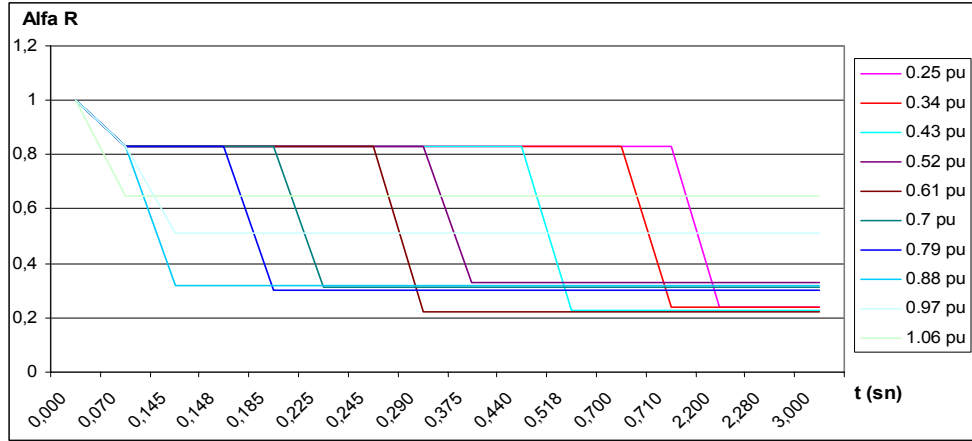


Şekil A.14. a) Kompresör / Pompa için α_r Eğrileri

b) Kompresör / Pompa için α_x Eğrileri

A.12. Küçük Motor (3 fazlı)

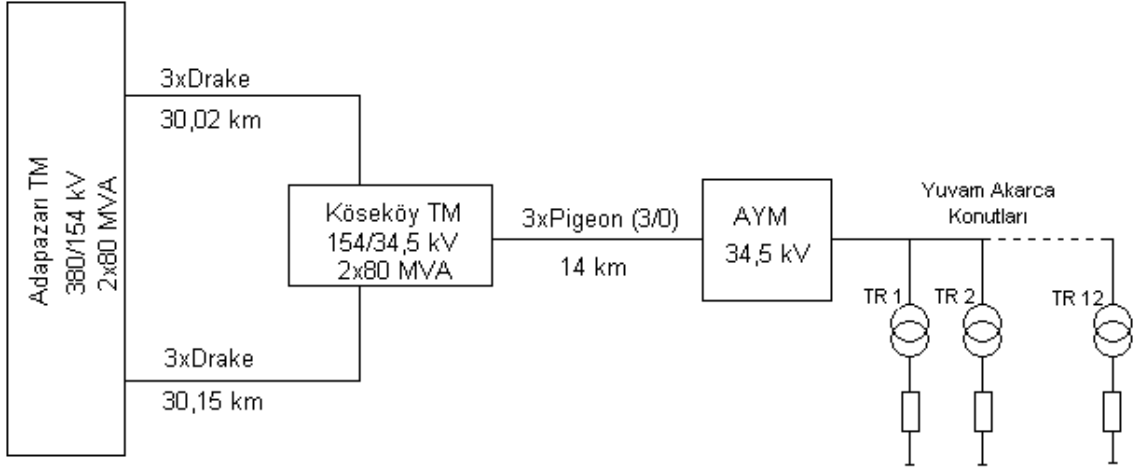
Testleri 0.25-1.06 pu ($U_T=230$ volt) gerilim seviyeleri arasında 0.09 pu gerilim aralıkları ile yapılmıştır.



Şekil A.15. a) Küçük Motor (3 fazlı) için α_r Eğrileri

b) Küçük Motor (3 fazlı) için α_x Eğrileri

Ek-B Yuvam Akarca Konutları Simülasyon Verilerinin Hesaplanması



Şekil B.1. Yuvam Akarca Konutları Sistem Tek Hat Şeması

Enerji iletimi ve dağıtımının başladığı noktadan sonlandığı noktaya kadar hesaplanan rezistans ve endüktans değerlerinin per unit olarak hesaplanmasında temel güç 150 MVA olarak alınmıştır.

- 380/158 kV oto transformatörü için;

$$U_B = 380 \text{ kV}$$

150 MVA Transformatör için % $U_k = 10,96$ [TEİAŞ 5. İletim Sistem Müdürlüğü]

150 MVA Transformatör için % $P_k = 298 \text{ kW}$ [TEİAŞ 5. İletim Sistem Müdürlüğü]

Bu durumda;

$$Z_B = U_B^2 / S_B$$

$$Z_B = 380^2 / 150 = 962,66 \Omega$$

$$\% U_R = (P_k / S_N) \cdot 100$$

$$\% U_R = (298 \text{ kW} / 150\,000 \text{ kVA}) \cdot 100 = \% 0,198$$

Bu durumda;

$$U_k^2 = U_R^2 + U_X^2$$

$$\%U_X^2 = \%U_k^2 - \%U_R^2 = 10,96^2 - 0,198^2 = \%10,95 \text{ olarak hesaplanır.}$$

Oto Trafo Rezistansı (R);

$$R = (\%U_R / 100) . (U_N^2 / S_N) = (0,198 / 100) . (380^2 / 150) = \mathbf{1,9060 \Omega}$$

$$R = 1,9060 \Omega / 962,66 \Omega = \mathbf{0,00198 \text{ pu}}$$

Oto Trafo Reaktansı (X);

$$X = (\%U_X / 100) . (U_N^2 / S_N) = (10,95 / 100) . (380^2 / 150) = \mathbf{105,4505 \Omega}$$

$$X = 105,4505 \Omega / 962,66 \Omega = \mathbf{0,1095 \text{ pu}}$$

- 34,5 km Drake iletken için;

$$U_B = 158 \text{ kV}$$

$R = 2,8 \Omega$, $X = 13,3 \Omega$ [TEİAŞ 5. İletim Sistem Müdürlüğü, çift devre galvaniz direkli Drake iletkenli hattın 34,5 km'si için alınan değerleridir.]

Bu durumda;

$$Z_B = U_B^2 / S_B$$

$$Z_B = 158^2 / 150 = 166,42 \Omega$$

Drake İletken Rezistansı (R);

$$R = 2,8 \Omega / 166,42 \Omega = \mathbf{0,0168 \text{ pu}}$$

Drake İletken Reaktansı (X);

$$X = 13,3 \Omega / 166,42 \Omega = \mathbf{0,0799 \text{ pu}}$$

- 154 / 34,5 kV alan transformatörü için;

$$U_B = 158 \text{ kV}$$

80 MVA Transformatör için $\% U_k = 12$ [TEİAŞ 5. İletim Sistem Müdürlüğü]

80 MVA Transformatör için $\% P_k = 360 \text{ kW}$ [TEİAŞ 5. İletim Sistem Müdürlüğü]

Bu durumda;

$$Z_B = U_B^2 / S_B$$

$$Z_B = 158^2 / 150 = 166,42 \Omega$$

$$\% U_R = (P_k / S_N) \cdot 100$$

$$\% U_R = (360 \text{ kW} / 150 \text{ 000 kVA}) \cdot 100 = \% 0,24$$

Bu durumda;

$$U_k^2 = U_R^2 + U_X^2$$

$$\% U_X^2 = \% U_k^2 - \% U_R^2 = 12^2 - 0,24^2 = \% 11,99 \text{ olarak hesaplanır.}$$

Alan Trafo Rezistansı (R);

$$R = (\% U_R / 100) \cdot (U_N^2 / S_N) = (0,24/100) \cdot (158^2 / 150) = \mathbf{0,3994 \Omega}$$

$$R = 0,3994 \Omega / 166,42 \Omega = \mathbf{0,0024 \text{ pu}}$$

Alan Trafo Reaktansı (X);

$$X = (\% U_X / 100) \cdot (U_N^2 / S_N) = (11,99/100) \cdot (158^2 / 150) = \mathbf{19,9545 \Omega}$$

$$X = 19,9545 \Omega / 166,42 \Omega = \mathbf{0,1199 \text{ pu}}$$

- 14 km Pigeon (3/0) iletken için;

$$U_B = (34,5/154) \cdot 158 = 35,4 \text{ kV}$$

$$R = 0,3653 \Omega/\text{km}, X = 0,403 \Omega/\text{km} [\text{Tablo D.2.}]$$

Bu durumda;

$$Z_B = U_B^2 / S_B$$

$$Z_B = 35,4^2 / 150 = 8,35 \Omega$$

Pigeon İletken Rezistansı (R);

$$R = 0,3653 \Omega/\text{km} \cdot 14 \text{ km} = \mathbf{5,1142 \Omega}$$

$$R = 5,1142 \Omega / 8,35 \Omega = \mathbf{0,6121 \text{ pu}}$$

Pigeon İletken Reaktansı (X);

$$X = 0,403 \Omega/\text{km} \cdot 14 \text{ km} = \mathbf{5.6420 \Omega}$$

$$X = 5,6420 \Omega / 8,35 \Omega = \mathbf{0,6753 \text{ pu}}$$

- 34,5 / 0,4 kV şebeke transformatörü için;

$$U_B = 35,4 \text{ kV}$$

1000 kVA Transformator için % $U_k = 6$ [SEDAŞ Proje Tesis Başmüh.]

1000 kVA Transformator için % $P_k = 13 \text{ kW}$ [SEDAŞ Proje Tesis Başmüh.]

Bu durumda;

$$Z_B = U_B^2 / S_B$$

$$Z_B = 35,4^2 / 150 = 8,35 \Omega$$

$$\%U_R = (13 \text{ kW} / 1000 \text{ kVA}) \cdot 100 = \% 1,3$$

$$\%U_X^2 = \%U_k^2 - \%U_R^2 = 6^2 - 1,3^2 = \% 5,85$$

Şebeke Trafo Rezistansı (R);

$$R = (\%U_R / 100) \cdot (U_N^2 / S_N) = (1,3 / 100) \cdot (35,4^2 / 150) = \mathbf{0,1086 \Omega}$$

$$R = 0,1086 \Omega / 8,35 \Omega = \mathbf{0,0130 \text{ pu}}$$

Şebeke Trafo Reaktansı (X);

$$X = (\%U_X / 100) \cdot (U_N^2 / S_N) = (5,85 / 100) \cdot (35,4^2 / 150) = \mathbf{0,4887 \Omega}$$

$$X = 0,4887 \Omega / 8,35 \Omega = \mathbf{0,0585 \text{ pu}}$$

- 17,034 km 1x95/16 mm² XLPE kablo için;

$$U_B = 35,4 \text{ kV}$$

$$R = 0,259 \Omega/\text{km}, X = 0,213 \Omega/\text{km} [\text{Tablo D.1.}]$$

Bu durumda;

$$Z_B = U_B^2 / S_B$$

$$Z_B = 35,4^2 / 150 = 8,35 \Omega$$

Kablo Rezistansı (R);

$$R = 0,259 \Omega/\text{km} \cdot 17,034 \text{ km} = \mathbf{4.4118 \Omega}$$

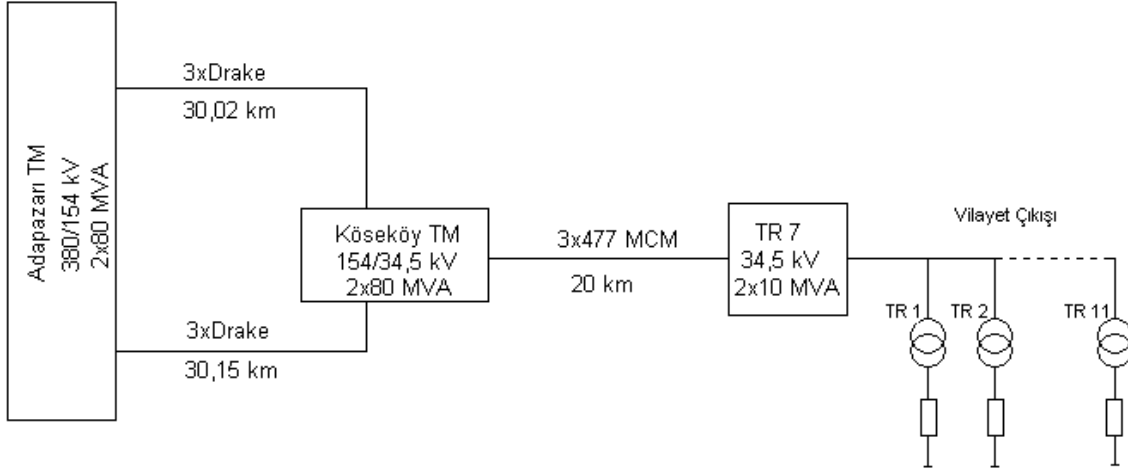
$$R = 4,4118 \Omega / 8,35 \Omega = \mathbf{0,5280 \text{ pu}}$$

Kablo Reaktansı (X);

$$X = 0,213 \Omega/\text{km} \cdot 17,034 \text{ km} = \mathbf{3.6282 \Omega}$$

$$X = 3,6282 \Omega / 8,35 \Omega = \mathbf{0,4342 \text{ pu}}$$

Ek-C İzmit Vilayet Çıkışı Simülasyon Verilerinin Hesaplanması



Şekil C.1. İzmit Vilayet Çıkışı Sistem Tek Hat Şeması

Enerji iletimi ve dağıtımının başladığı noktadan sonlandığı noktaya kadar hesaplanan rezistans ve endüktans değerlerinin per unit olarak hesaplanmasında temel güç 150 MVA olarak alınmıştır.

- 380/158 kV oto transformatörü için;

$$U_B = 380 \text{ kV}$$

150 MVA Transformatör için $\% U_k = 10,96$ [TEİAŞ 5. İletim Sistem Müdürlüğü]

150 MVA Transformatör için $\% P_k = 298 \text{ kW}$ [TEİAŞ 5. İletim Sistem Müdürlüğü]

Bu durumda;

$$Z_B = U_B^2 / S_B$$

$$Z_B = 380^2 / 150 = 962,66 \Omega$$

$$\% U_R = (P_k / S_N) \cdot 100$$

$$\% U_R = (298 \text{ kW} / 150 \text{ 000 kVA}) \cdot 100 = \% 0,198$$

Bu durumda;

$$U_k^2 = U_R^2 + U_X^2$$

$$\%U_X^2 = \%U_k^2 - \%U_R^2 = 10,96^2 - 0,198^2 = \%10,95 \text{ olarak hesaplanır.}$$

Oto Trafo Rezistansı (R);

$$R = (\%U_R / 100) \cdot (U_N^2 / S_N) = (0,198 / 100) \cdot (380^2 / 150) = \mathbf{1,9060 \Omega}$$

$$R = 1,9060 \Omega / 962,66 \Omega = \mathbf{0,00198 \text{ pu}}$$

Oto Trafo Reaktansı (X);

$$X = (\%U_X / 100) \cdot (U_N^2 / S_N) = (10,95 / 100) \cdot (380^2 / 150) = \mathbf{105,4505 \Omega}$$

$$X = 105,4505 \Omega / 962,66 \Omega = \mathbf{0,1095 \text{ pu}}$$

- 34,5 km Drake iletken için;

$$U_B = 158 \text{ kV}$$

$R = 2,8 \Omega$, $X = 13,3 \Omega$ [TEİAŞ 5. İletim Sistem Müdürlüğü, çift devre galvaniz direkli Drake iletkenli hattın 34,5 km'si için alınan değerleridir.]

Bu durumda;

$$Z_B = U_B^2 / S_B$$

$$Z_B = 158^2 / 150 = 166,42 \Omega$$

Drake İletken Rezistansı (R);

$$R = 2,8 \Omega / 166,42 \Omega = \mathbf{0,0168 \text{ pu}}$$

Drake İletken Reaktansı (X);

$$X = 13,3 \Omega / 166,42 \Omega = \mathbf{0,0799 \text{ pu}}$$

- 154 / 34,5 kV alan transformatörü için;

$$U_B = 158 \text{ kV}$$

80 MVA Transformatör için $\% U_k = 12$ [TEİAŞ 5. İletim Sistem Müdürlüğü]

80 MVA Transformatör için $\% P_k = 360 \text{ kW}$ [TEİAŞ 5. İletim Sistem Müdürlüğü]

Bu durumda;

$$Z_B = U_B^2 / S_B$$

$$Z_B = 158^2 / 150 = 166,42 \Omega$$

$$\% U_R = (P_k / S_N) \cdot 100$$

$$\% U_R = (360 \text{ kW} / 150 \text{ 000 kVA}) \cdot 100 = \% 0,24$$

Bu durumda;

$$U_k^2 = U_R^2 + U_X^2$$

$$\% U_X^2 = \% U_k^2 - \% U_R^2 = 12^2 - 0,24^2 = \% 11,99 \text{ olarak hesaplanır.}$$

Alan Trafo Rezistansı (R);

$$R = (\% U_R / 100) \cdot (U_N^2 / S_N) = (0,24/100) \cdot (158^2 / 150) = \mathbf{0,3994 \Omega}$$

$$R = 0,3994 \Omega / 166,42 \Omega = \mathbf{0,0024 \text{ pu}}$$

Alan Trafo Reaktansı (X);

$$X = (\% U_X / 100) \cdot (U_N^2 / S_N) = (11,99/100) \cdot (158^2 / 150) = \mathbf{19,9545 \Omega}$$

$$X = 19,9545 \Omega / 166,42 \Omega = \mathbf{0,1199 \text{ pu}}$$

- 20 km Hawk (3x477 MCM) iletken için;

$$U_B = 34,5 \text{ kV}$$

$$R = 0,129 \Omega/\text{km}, X = 0,355 \Omega/\text{km} [\text{Tablo D.2.}]$$

Bu durumda;

$$Z_B = U_B^2 / S_B$$

$$Z_B = 35,4^2 / 150 = 8,35 \Omega$$

Hawk İletken Rezistansı (R);

$$R = 0,129 \Omega/\text{km} \cdot 20 \text{ km} = \mathbf{2,58 \Omega}$$

$$R = 2,58 \Omega / 8,35 \Omega = \mathbf{0,3088 \text{ pu}}$$

Hawk İletken Reaktansı (X);

$$X = 0,355 \Omega/\text{km} \cdot 20 \text{ km} = 7,1 \Omega$$

$$X = 7,1 \Omega / 8,35 \Omega = \mathbf{0,8498 \text{ pu}}$$

- 34,5 / 0,4 kV şebeke transformatörü için;

$$U_B = 35,4 \text{ kV}$$

1000 kVA Transformator için % $U_k = 6$ [SEDAŞ Proje Tesis Başmüh.]

1000 kVA Transformator için % $P_k = 13 \text{ kW}$ [SEDAŞ Proje Tesis Başmüh.]

Bu durumda;

$$Z_B = U_B^2 / S_B$$

$$Z_B = 35,4^2 / 150 = 8,35 \Omega$$

$$\%U_R = (13 \text{ kW} / 1000 \text{ kVA}) \cdot 100 = \% 1,3$$

$$\%U_X^2 = \%U_k^2 - \%U_R^2 = 6^2 - 1,3^2 = \% 5,85$$

Şebeke Trafo Rezistansı (R);

$$R = (\%U_R / 100) \cdot (U_N^2 / S_N) = (1,3 / 100) \cdot (35,4^2 / 150) = \mathbf{0,1086 \Omega}$$

$$R = 0,1086 \Omega / 8,35 \Omega = \mathbf{0,0130 \text{ pu}}$$

Şebeke Trafo Reaktansı (X);

$$X = (\%U_X / 100) \cdot (U_N^2 / S_N) = (5,85 / 100) \cdot (35,4^2 / 150) = \mathbf{0,4887 \Omega}$$

$$X = 0,4887 \Omega / 8,35 \Omega = \mathbf{0,0585 \text{ pu}}$$

- 4,61 km 1x95/16 mm² XLPE kablo için;

$$U_B = 35,4 \text{ kV}$$

$$R = 0,259 \Omega/\text{km}, X = 0,213 \Omega/\text{km} [\text{Tablo D.1.}]$$

Bu durumda;

$$Z_B = U_B^2 / S_B$$

$$Z_B = 35,4^2 / 150 = 8,35 \Omega$$

Kablo Rezistansı (R);

$$\mathbf{R = 0,259 \Omega/km \cdot 4,61 km = 1,1939 \Omega}$$

$$\mathbf{R = 1,1939 \Omega / 8,35 \Omega = 0,1429 pu}$$

Kablo Reaktansı (X);

$$\mathbf{X = 0,213 \Omega/km \cdot 4,61 km = 0,9819 \Omega}$$

$$\mathbf{X = 0,9819 \Omega / 8,35 \Omega = 0,1175 pu}$$

Ek-D İletken ve Kablolara Ait Direnç ve Endüktif Direnç Değerleri

Tablo D.1. Üç fazlı dizge oluşturan bir damarlı 20,3/35kV YE3SV (N2XSY) kablunun direnci ve $f=50\text{Hz}$ için endüktif direnci [18].

Damar Sayısı X Anma Kesiti [mm ²]	20°C de DADirenci [Ω/km-faz]	DA Direnci [Ω/km-faz]	İletkenin En Büyük Sıcaklığı Olan 90°C de AA Direnci			Endüktif Direnç		
			Yeraltında	Havada	.	Yeraltında	Havada	.
			• • •	• • •	• •	• • •	• • •	• •
			[Ω/km-faz]	[Ω/km-faz]	[Ω/km-faz]	[Ω/km-faz]	[Ω/km-faz]	[Ω/km-faz]
1x25ç	0,727	0,927	0,942	0,94	0,93	0,251	0,223	0,172
1x35ç	0,524	0,668	0,683	0,681	0,671	0,241	0,214	0,164
1x50ç	0,387	0,493	0,508	0,506	0,497	0,232	0,206	0,156
1x70ç	0,268	0,342	0,355	0,355	0,345	0,221	0,198	0,147
1x95ç	0,193	0,246	0,259	0,259	0,249	0,213	0,191	0,14
1x120ç	0,153	0,195	0,208	0,208	0,198	0,206	0,186	0,135
1x150ç	0,124	0,158	0,177	0,178	0,163	0,199	0,18	0,13
1x185ç	0,0991	0,126	0,145	0,146	0,131	0,193	0,176	0,126
1x240ç	0,0754	0,0961	0,114	0,116	0,102	0,186	0,171	0,121

Tablo D.2. Gerilimi 35kV'a kadar olan mesnet ve zincir izolatörlü, çelik-alüminyum iletkenli bir devre OG Hava hatlarının direnci ve $f=50\text{Hz}$ için endüktif direnci [18].

Anma Adı	AWG	Gerçek Kesit [mm ²]	20°C'de DA Direnci [Ω/km-faz]	AA Direnci		Endüktif Direnç						
				40°C de [Ω/km-faz]	80°C de [Ω/km-faz]	Mesnet İzolatörlü				Zincir İzolatörlü		Ortalama [Ω/km-faz]
						Betonarme Direkli		Kaynaklı Demir Direkli		Betonarme Direkli [Ω/km-faz]	Demir Direkli [Ω/km-faz]	
				Düz Sıralama [Ω/km-faz]	Üçgen Sıralama [Ω/km-faz]	Düz Sıralama [Ω/km-faz]	Üçgen Sıralama [Ω/km-faz]					
Swallow	3	31,14	1,0742	1,1601	1,332	0,396	0,446	0,397	0,437	0,428	0,443	0,425
Raven	1/0	62,44	0,5362	0,5803	0,6662	0,363	0,424	0,361	0,421	0,406	0,421	0,399
Pigeon	3/0	99,3	0,3366	0,3653	0,4195	-	-	-	-	0,388	0,403	0,396
Hawk	477	280,84	0,1194	0,129	0,1481	-	-	-	-	0,355	-	0,355

KAYNAKLAR

- [1] Akgün, C.; “Cold Load Pickup of Large Secondary Network Distribution Systems”, (Doktora Tezi), Polytechnic Institute of New York, 1983.
- [2] Lawhead, L. and Horak, J. Basler Electric, Madani, V. and Vaziri, M. Pasific Gas and Electric; “Cold Load Pick-Up – Theory and Industry Practices”, 60th Annual Georgia Tech Protective Relay Conference, Atlanta GA, May 3-5, 2006.
- [3] McDonald, J. E., Bruning A.M. and Mahieu, W.R.; “Cold Load Pick-Up”, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol.PAS-98, pp.1384-1386, July/August 1979.
- [4] Ramsaur, O.; “A New Approach to Cold Load Restoration”, Electrical World, pp.101-103, October 6, 1952.
- [5] EPRI; “Research Project 849”, Distribution System Aggregation Program, EPRI Prospective, 1979.
- [6] IEEE Power System Relay Committee, Distribution Line Protection Practices Industry Survey Results, Published Paper on IEEE-PSRC website: <http://www.pes-psrc.org/index.html>, 2002.
- [7] Hasançebi, G.; “Orta Gerilim Şebekelerinde Maliyet”, (Yüksek Lisans Tezi), Kocaeli Üniversitesi, 2002.
- [8] Ihara, S. and Schweppe, F.C.; “Physically Based Modelling of Cold Load Pick-Up”, IEEE Power Engineering Society, Winter Meeting, February 1-6, 1981.

- [9] “Load Analysis and Network Cold Load Pick-Up Response”, 1979 project, Electrical Engineering Department, Consolidated Edison Company of New York Inc., August 31, 1979.
- [10] Simburger, E.J. and Hubert, F.J.; “Low Voltage Bulk Power System Restoration Simulation”, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-100, No:11, pp.4479-84, November, 1981.
- [11] Wilde, R.L.; “The Effects of Cold Load Pick-Up on Distribution Transformers”, IEEE Power Engineering Society, Winter Meeting, February 1-6, 1981.
- [12] Ihara, S. And Baheti, R.; “A Dynamic Model of Aggregate Induction Motor Load for Large Dips”, Proceeding of the 1980 Joint Automatic Control Conference, Vol.II, August 13-15, 1980, San Francisco, California.
- [13] Uçak, C.; “Distribution System Restoration After Prolonged Outages”, Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, Haziran 14, 2005.
- [14] Gupta, V. and Pahwa, A.; “A Voltage Drop-Based Approach to Include Cold Load Pick-Up in Design of Distribution Systems”, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 19, No:2, pp.957-963, May, 2004.
- [15] Balıkçı, A., Wang, D., Huang, H., Zabar, Z., Czarkowski, D.; “Restoration of Power to Large Secondary Network Distribution Systems After a Blackout”, pp.153-157, December 10-12, 2003.
- [16] Styvaktakis, E., Bollen, M.H.J.; “Transformer Saturation After a Voltage Dip” IEEE Power Engineering Rev., Vol. 20, pp.62-64, April, 2000.

- [17] “Gerilim Düşmesi Süresinin Transformör Mıknatıslanma Akımı Üzerindeki Etkileri”, 1.Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu, sayfa 102-105, Kocaeli, 17-18 Mayıs, 2005.
- [18] Saner, Y.; “Güç Dağıtımı (Enerji Dağıtımı) 3”, Birsen Yayınevi, sayfa 769-777, İstanbul, 1998.

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Safranbolu'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Safranbolu'da tamamladı. 2003 yılında Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü'nü bitirdi. 2003 yılında Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde Yüksek Lisans eğitimine başladı. 2004 yılından itibaren SEDAŞ Kocaeli İl Müdürlüğü'nde çalışmaktadır.