

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİR ENDÜSTRİYEL TESİS ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMİNİN GERİLİM
ÇÖKMELERİ BAKIMINDAN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEDAT AKSOY

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik Mühendisliği Programı

OCAK 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİR ENDÜSTRİYEL TESİS ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMİNİN GERİLİM
ÇÖKMELERİ BAKIMINDAN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Sedat AKSOY
(504041046)**

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ömer GÜL

OCAK 2014

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün **504041046** numaralı Yüksek Lisans öğrencisi **Sedat AKSOY**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**BİR ENDÜSTRİYEL TESİS ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMİNİN GERİLİM ÇÖKMELERİ BAKIMINDAN İNCELENMESİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Ömer GÜL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Ramazan ÇAĞLAR**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Ercan İZGİ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **05 Aralık 2013**
Savunma Tarihi : **23 Ocak 2014**

Zeynep'ime ve oğlumuza,

ÖNSÖZ

Elektrik enerjisi üzerinde yaşadığımız dünyada yokluğuna tahammül edemeyeceğimiz bir enerjidir. Bu enerjinin üretiminden tüketimine kadar her aşamasının üzerinde önemle durulmaktadır. Artık bu enerjinin varlığı ile beraber ne kadar kullanılabilir olduğu, hayatımıza olumsuz etkilerinin ne kadar azaltılabileceği hep bir çalışma konusu olmuştur. Bu konu genel anlamda elektrik enerji kalitesinin konusudur. Bu tezde de elektrik için son tüketici sayılan bir endüstriyel tesis için bir enerji kalitesi problemi olan gerilim çökmeleri konusu incelenmiştir. Bu sayede hem bu tesis için hem de başka tesisler için gerilim çökmesinin ortaya çıkma sebeplerinin incelenmesi ve tesislerin kuruluşu esnasında da bu kavramın göz önüne alınması gerektiği hatırlatılmak istenmiştir.

Öncelikle bu tezi yazmam konusunda bana ısrarcı olan ve destek veren değerli eşime teşekkür ediyorum. Şu anda farkında olmasa da varlığıyla beni mutlu eden ve tezi yazma şevki veren oğluma sevgilerimi sunuyorum.

Bu tez için bana danışmanlık yapmayı kabul eden ve tavsiyeleriyle tez konusunun sürekli gelişimini sağlayan, hafta sonları da dahil olmak üzere bana vaktini ayıran ve hocalığıyla beraber dostluğuyla da değerli bir eğitimci olduğunu gösteren tez danışmanım Doç. Dr. Ömer Gül'e teşekkür ve şükran borçluyum.

Ayrıca, hocamın bana yazılımın kullanılması konusunda yardımcı olması için tanıştırdığı doktora öğrencisi Sayın Alptekin Bey'e de faydalı yardımları için teşekkür ediyorum.

Son olarak, eğitim hayatım boyunca bana maddi manevi destek veren babama ve anneme de daima minnettar kalacağım.

Bu tez, ileride gerilim çökmeleri ile ilgili çalışma yapacak genç arkadaşlara faydalı olur diye umuyorum.

Ocak 2014

Sedat Aksoy
(Elektrik Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
SEMBOL LİSTESİ	xix
ÖZET.....	xxi
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
2. ELEKTRİK ENERJİ KALİTESİ	3
2.1 Enerji Kalitesi Problemleri.....	3
2.1.1 Geçici olaylar (Transients).....	6
2.1.2 Kısa süreli değişimler.....	7
2.1.3 Uzun süreli değişimler	8
2.1.4 Gerilim dengesizliği.....	9
2.1.5 Dalga formu bozukluğu	10
2.1.6 Gerilim dalgalanmaları	13
2.1.7 Güç frekansı değişimleri	14
2.2 Enerji Kalitesi Problemlerinin Maliyeti	14
3. DİG SILENT YAZILIMI İLE KISA DEVRE ANALİZİ	17
3.1 Güç Dağıtım Sistemi Analiz Programları	17
3.2 DİG SILENT Yazılımı ile Analiz	17
3.2.1 DİG SILENT programında proje yapısı	18
3.3 Kısa Devre Hesabı.....	19
3.3.1 Kısa devre hesabında yapılan kabuller.....	19
3.3.2 Kısa devre hesaplama yöntemi	20
3.3.3 Maksimum kısa devre akımları.....	21
3.3.4 Minimum kısa devre akımları	22
3.3.5 DİG SILENT yazılımında kısa devre hesapları	22
3.4 DİG SILENT Yazılımı ile Motora Yolverme Analizi	23
4. ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMLERİNDE GERİLİM ÇÖKMESİ	27
4.1 Gerilim Çökmesinin Nedenleri	29
4.2 Gerilim Çökmesinin Büyüklüğü	29
4.2.1 İzleme yöntemi ile hesaplama.....	30
4.2.2 Teorik hesaplama	31
4.3 Gerilim Çökmesinin Süresi	32
4.4 Gerilim Çökmesinin Cihazlar Üzerindeki Etkileri.....	33
4.4.1 Bilgisayarlar	33
4.4.1.1 CBEMA ve ITIC eğrisi	33
4.4.2 AC sürücüler	35

4.4.3 Direk yol verilen asenkron motorlar	37
4.4.4 Kontaktörler	38
4.4.5 Aydınlatma	39
4.5 Gerilim Çökmesi Olaylarının Maliyeti.....	39
5. BİR ENDÜSTRİYEL TESİSTE GERİLİM ÇÖKMESİ İNCELEMESİ	43
5.1 Farklı Çalışma Durumları.....	46
5.1.1 Şebeke ile paralel çalışma durumu.....	47
5.1.2 Kojenerasyonun ada çalışma durumu	48
5.1.3 Dizel generatörden çalışma durumu.....	49
5.1.4 Yalnızca şebekeden çalışma durumu	53
5.2 Kısa Devre Hataları Sonucu Gerilim Çökmeleri.....	53
5.2.1 Şebeke ile paralel çalışma durumu için yapılan hesaplar.....	55
5.2.2 Kojenerasyon ada çalışma durumu için yapılan hesaplar	79
5.2.3 Dizel generatörden çalışma durumu için yapılan hesaplar.....	106
5.3 Büyük Güçlü Motorun Yol Alması Sırasındaki Gerilim Çökmeleri.....	129
5.3.1 Şebeke ile paralel çalışma durumu için yapılan hesaplar.....	131
5.3.2 Kojenerasyon ada çalışma durumu için yapılan hesaplar	135
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	139
6.1 Kısa Devre Arızalarında Gerilim Çökmeleri.....	139
6.2 Büyük Güçlü Motorun Devreye Girmesi Durumunda Gerilim Çökmeleri....	141
KAYNAKLAR.....	143
EKLER.....	145
ÖZGEÇMİŞ.....	175

KISALTMALAR

kV	: KiloVolt
MVA	: Mega Volt Amper
AA	: Alternatif Akım
IEC	: International Electrotechnical Commission
IEEE	: Institute of Electrical and Electronics Engineers
EN	: European Norm
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
ANSI	: American National Standards Institute
DA	: Doğru Akım
DC	: Direct Current
THD	: Total Harmonic Distortion
TDD	: Total Demand Distortion
PLC	: Programmable Logic Controller
VDE	: Verband der Elektrotechnik
TDD	: Total Demand Distortion
PLC	: Programmable Logic Controller
KGK	: Kesintisiz Güç Kaynağı
CBEMA	: Computer Business Equipment Manufacturer's Association
ITIC	: Information Technology Industry Council
DCS	: Distributed Control System
AC	: Alternating Current
İTM	: İndirici Transformatör Merkezi
MDP	: Main Distribution Panel
O.G.	: Orta Gerilim
TR	: Transformatör
IT	: Information Technology
ŞP	: Şebeke ile Paralel
STE	: Sürücü Tolerans Eğrisi
DG	: Dizel Generatör

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1	: IEEE 1159:1995 standardına göre enerji kalitesi problemleri ve.....	5
Çizelge 3.1	: c gerilim katsayısı.....	22
Çizelge 4.1	: Bazı Koruma elemanlarının arıza temizleme süreleri	32
Çizelge A.1	: MDP1 barası kojenerasyon şebeke ile paralel durumunda çalışma.	146
Çizelge A.2	: MDP1 barası ada durumunda çalışma.	147
Çizelge A.3	: MDP1 barası dizel generatörden çalışma durumu.	148
Çizelge A.4	: MDP2 barası şebeke ile paralel çalışma durumu.	149
Çizelge A.5	: MDP2 barası ada durumunda çalışma.	150
Çizelge A.6	: MDP2 barası dizel generatörden çalışma durumu.	151
Çizelge A.7	: MDP3 barası şebeke ile paralel çalışma durumu.	152
Çizelge A.8	: MDP3 barası ada durumunda çalışma.	153
Çizelge A.9	: MDP3 barası dizel generatörden çalışma durumu.	154
Çizelge A.10	: MDP4 barası – kojenerasyon ile şebeke paralel çalışma durumu. ..	155
Çizelge A.11	: MDP4 barası kojenerasyonun ada çalışma durumu.	156
Çizelge A.12	: MDP4 barası dizel generatörden çalışma durumu.	157
Çizelge A.13	: MDP5 barası şebeke ile paralel çalışma durumu.	158
Çizelge A.14	: MDP5 barası ada durumunda çalışma.	159
Çizelge A.15	: MDP5 barası dizel generatörden çalışma durumu.	160
Çizelge A.16	: MDP6 barası şebeke ile paralel çalışma durumu.	161
Çizelge A.17	: MDP6 barası ada durumunda çalışma.	162
Çizelge A.18	: MDP6 barası dizel generatörden çalışma durumu.	163
Çizelge A.19	: MDP7 barası şebeke ile paralel çalışma durumu.	164
Çizelge A.20	: MDP7 barası ada durumunda çalışma.	165
Çizelge A.21	: MDP7 barası dizel generatörden çalışma durumu.	166

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	: Yıldırım düşmesi sonucu oluşmuş anlık darbe.	6
Şekil 2.2	: Kısa süreli kesinti.	7
Şekil 2.3	: Gerilim çökmesi.	8
Şekil 2.4	: Gerilim yükselmesi.	8
Şekil 2.5	: Aşırı gerilim.	9
Şekil 2.6	: Düşük gerilim.	9
Şekil 2.7	: Bir fiderden gün gün alınmış gerilim dengesizliği verisi.	10
Şekil 2.8	: Bir ac sürücünün girişindeki akım harmoniği ve spektrumu.	11
Şekil 2.9	: 3 fazlı bir eviricinin neden olduğu gerilim çentiği.	11
Şekil 2.10	: Gürültü.	13
Şekil 2.11	: Bir ark fırınından kaynaklanan gerilim dalgalanması.	13
Şekil 2.12	: Güç frekansı değişimi.	14
Şekil 3.1	: DİgSILENT programında proje yapısı.	18
Şekil 3.2	: Örnek bir sistemin tek hat şeması.	21
Şekil 3.3	: Örnek hat şemasının eşdeğer devre şeması.	21
Şekil 3.4	: Motora yol verme komutu.	24
Şekil 3.5	: Tranzient analizde yıldız üçgen yol verme olayları.	25
Şekil 3.6	: Motor anahtarının (kontaktör) kapatılması olayı.	25
Şekil 3.7	: Yıldız bağlantı olayı.	26
Şekil 3.8	: Üçgen bağlantıya geçme olayı.	26
Şekil 4.1	: Gerilim çökmesi.	27
Şekil 4.2	: IEEE 1159-1995 e göre gerilim çökmesi sınırları.	28
Şekil 4.3	: Gerilim çökmesinin genliği ve süresi.	28
Şekil 4.4	: Büyük Güçlü Bir Motora Yol Verme Esnasındaki Gerilim Çökmesi.	29
Şekil 4.5	: Gerilim Çökmesi ve RMS yöntemi ile hesaplanmış değeri.	30
Şekil 4.6	: Gerilim çökmesi hesabı için kullanılacak model.	31
Şekil 4.7	: CBEMA ve ITIC eğrisi.	34
Şekil 4.8	: ITIC eğrisi.	34
Şekil 4.9	: Bir AC Sürücünün Şeması 1) Doğrultucu 2) DC-Link.	35
Şekil 4.10	: AC sürücüler için tipik gerilim-tolerans eğrisi.	36
Şekil 4.11	: Hız sürücüleri için farklı yük momentinde gerilim tolerans eğrisi.	36
Şekil 4.12	: Asenkron motor için çıkarılmış bir gerilim tolerans eğrisi.	37
Şekil 4.13	: Kontaktörün Basit Yapısı.	38
Şekil 4.14	: Bir kontaktör için çıkarılmış gerilim tolerans eğrisi.	38
Şekil 4.15	: Floresan lambalar için oluşturulmuş bir gerilim tolerans eğrisi.	39
Şekil 4.16	: Elektrik enerji kalitesi problemleri.	40
Şekil 4.17	: EEK sorunlarının A.B.D'ye yıllık maliyeti.	40
Şekil 5.1	: A fabrikası ana og dağıtım odası.	44
Şekil 5.2	: MDP panosu.	45
Şekil 5.3	: Şebeke ile kojenerasyon tesisinin paralel çalışma durumu.	47

Şekil 5.4	: Şebeke ile paralel çalışma durumunda A fabrikası tek hat şeması.....	48
Şekil 5.5	: Kojenerasyon ada çalışma durumu.....	48
Şekil 5.6	: Dizel generatör.	49
Şekil 5.7	: Generatör transfer panosu.....	50
Şekil 5.8	: A fabrikası kuplaj hücresi.....	50
Şekil 5.9	: Dizel generatör kesici kabini.	51
Şekil 5.10	: A fabrikasının dizel generatörden çalışma durumunda tek hat şeması.	52
Şekil 5.11	: Kısa devre noktaları.....	54
Şekil 5.12	: A fabrikasındaki kısa devre noktaları.....	54
Şekil 5.13	: MDP1 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi- ŞP – ITIC.....	56
Şekil 5.14	: MDP1 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –ŞP – ITIC.....	56
Şekil 5.15	: MDP1 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –ŞP – STE.....	57
Şekil 5.16	: MDP1 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –ŞP – STE.....	57
Şekil 5.17	: MDP2 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi- ŞP- ITIC.	59
Şekil 5.18	: MDP2 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi-ŞP-ITIC.	59
Şekil 5.19	: MDP2 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –ŞP – STE.....	60
Şekil 5.20	: MDP2 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –ŞP – STE.....	60
Şekil 5.21	: MDP3 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi- ŞP- ITIC.	62
Şekil 5.22	: MDP3 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi-ŞP-ITIC.	62
Şekil 5.23	: MDP3 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –ŞP – STE.....	63
Şekil 5.24	: MDP3 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –ŞP – STE.....	63
Şekil 5.25	: MDP4 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi- ŞP- ITIC.	65
Şekil 5.26	: MDP4 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi-ŞP-ITIC.	65
Şekil 5.27	: MDP4 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –ŞP – STE.....	66
Şekil 5.28	: MDP4 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –ŞP – STE.....	67
Şekil 5.29	: MDP5 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi- ŞP- ITIC.	68
Şekil 5.30	: MDP5 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi-ŞP-ITIC.	68
Şekil 5.31	: MDP5 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –ŞP – STE.....	69
Şekil 5.32	: MDP5 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –ŞP – STE.....	70
Şekil 5.33	: MDP6 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi- ŞP- ITIC.	71
Şekil 5.34	: MDP6 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi-ŞP-ITIC.	71
Şekil 5.35	: MDP6 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –ŞP – STE.....	72
Şekil 5.36	: MDP6 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –ŞP – STE.....	73
Şekil 5.37	: MDP7 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi- ŞP- ITIC.	74
Şekil 5.38	: MDP7 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi-ŞP-ITIC.	74
Şekil 5.39	: MDP7 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –ŞP – STE.....	75
Şekil 5.40	: MDP7 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –ŞP – STE.....	76
Şekil 5.41	: A fabrikasının enerjisiz kalması durumu.....	77
Şekil 5.42	: MDP1 faz-toprak kısa devresi gerilim çökme-Ada çalışma – ITIC.....	79
Şekil 5.43	: MDP1 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi-ada çalışma-ITIC.....	80
Şekil 5.44	: MDP1 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –Ada – STE.....	81
Şekil 5.45	: MDP1 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –Ada – STE.	82
Şekil 5.46	: G noktasındaki kısa devre ve A_Kuplaj hücresinin açması durumda oluşan A fabrikasının tek hat şeması.....	82
Şekil 5.47	: MDP2 faz-toprak kısa devresi gerilim çökmesi-Ada çalışma-ITIC.....	83
Şekil 5.48	: MDP2 üç faz kısa devresi gerilim çökmesi-Ada çalışma – ITIC.....	84
Şekil 5.49	: MDP2 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –Ada – STE.....	85
Şekil 5.50	: MDP2 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –Ada – STE.	86
Şekil 5.51	: MDP3 faz-toprak kısa devresi gerilim çökmesi-Ada çalışma-ITIC.....	87
Şekil 5.52	: MDP3 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi-Ada çalışma- ITIC.....	88

Şekil 5.53	: MDP3 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –Ada – STE.	89
Şekil 5.54	: MDP3 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –Ada – STE.	89
Şekil 5.55	: MDP4 faz-toprak kısa devresi gerilim çökmesi-Ada çalışma-ITIC.....	90
Şekil 5.56	: MDP4 üç faz kısa devresi gerilim çökmesi-Ada çalışma – ITIC.....	91
Şekil 5.57	: MDP4 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –Ada – STE.	92
Şekil 5.58	: MDP4 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –Ada – STE.	93
Şekil 5.59	: MDP5 faz-toprak kısa devresi gerilim çökmesi-Ada çalışma-ITIC.....	94
Şekil 5.60	: MDP5 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi-Ada çalışma-ITIC.....	95
Şekil 5.61	: MDP5 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –Ada – STE.	96
Şekil 5.62	: MDP5 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –Ada – STE.	97
Şekil 5.63	: MDP6 faz-toprak kısa devresi gerilim çökmesi-Ada çalışma-ITIC.....	98
Şekil 5.64	: MDP6 üç faz kısa devresi gerilim çökmesi-Ada çalışma – ITIC.....	99
Şekil 5.65	: MDP6 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –Ada – STE.	100
Şekil 5.66	: MDP6 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –Ada – STE.	101
Şekil 5.67	: MDP7 faz-toprak kısa devresi gerilim çökmesi-Ada çalışma-ITIC...	102
Şekil 5.68	: MDP7 üç faz kısa devresi gerilim çökmesi-Ada çalışma – ITIC.....	103
Şekil 5.69	: MDP7 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –Ada – STE.	104
Şekil 5.70	: MDP7 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –Ada – STE.	105
Şekil 5.71	: TR5 og kesicisi yerine kuplaj hücresinin açması durumu.....	105
Şekil 5.72	: MDP1 faz-toprak kısa devresi gerilim çökmesi-DG çalışma-ITIC....	106
Şekil 5.73	: Transformatörlerin primerinde faz toprak kısa devresi durumu.	107
Şekil 5.74	: MDP 3 faz kısa devresinde gerilim çökmesi-DG çalışma – ITIC.....	108
Şekil 5.75	: J noktasındaki 3 faz kısa devresinde TR5 _CB1 kesicisinin açması..	108
Şekil 5.76	: MDP1 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –DG – STE.	109
Şekil 5.77	: MDP1 3 faz kısa devresinde gerilim çökmesi –DG – STE.....	110
Şekil 5.78	: MDP2 faz-toprak kısa devresi gerilim çökmesi-DG çalışma-ITIC....	110
Şekil 5.79	: MDP2 3 faz kısa devresinde gerilim çökmesi-DG çalışma – ITIC....	111
Şekil 5.80	: MDP2 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –DG – STE.	112
Şekil 5.81	: MDP2 3 faz kısa devresinde gerilim çökmesi –DG – STE.....	112
Şekil 5.82	: MDP3 faz-toprak kısa devresi gerilim çökmesi-DG çalışma-ITIC....	113
Şekil 5.83	: MDP3 3 faz kısa devresinde gerilim çökmesi-DG çalışma – ITIC....	114
Şekil 5.84	: MDP3 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –DG – STE.	114
Şekil 5.85	: MDP3 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –DG – STE.	115
Şekil 5.86	: MDP4 faz-toprak kısa devresi gerilim çökmesi-DG çalışma-ITIC....	116
Şekil 5.87	: MDP4 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi-DG çalışma – ITIC..	117
Şekil 5.88	: MDP4 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –DG – STE.	117
Şekil 5.89	: MDP4 3 faz kısa devresinde gerilim çökmesi –DG – STE.....	118
Şekil 5.90	: MDP5 faz-toprak kısa devresi gerilim çökmesi-DG çalışma-ITIC....	119
Şekil 5.91	: MDP5 3 faz kısa devresinde gerilim çökmesi-DG çalışma – ITIC....	120
Şekil 5.92	: MDP5 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –DG – STE.	120
Şekil 5.93	: MDP5 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –DG – STE.	121
Şekil 5.94	: MDP6 faz-toprak kısa devresi gerilim çökmesi-DG çalışma-ITIC....	122
Şekil 5.95	: MDP6 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi-DG çalışma – ITIC..	123
Şekil 5.96	: MDP6 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –DG – STE.	123
Şekil 5.97	: MDP6 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –DG – STE.	124
Şekil 5.98	: MDP7 faz-toprak kısa devresi gerilim çökmesi-DG çalışma-ITIC....	125
Şekil 5.99	: MDP7 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi-DG çalışma – ITIC..	126
Şekil 5.100	: MDP7 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –DG – STE.	126
Şekil 5.101	: MDP7 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –DG – STE.	127
Şekil 5.102	: MDP7 üç çalışma durumunda faz toprak arızası ITIC eğrileri.	129

Şekil 5.103 :	Fan motorunun güç ve kumanda devresi.....	130
Şekil 5.104 :	MDP3 barasının gerilim zaman grafiği.	131
Şekil 5.105 :	MDP1 barasının gerilim zaman grafiği – paralel çalışma.	132
Şekil 5.106 :	MDP2 barasının gerilim zaman grafiği – paralel çalışma.	132
Şekil 5.107 :	MDP4 barasının gerilim zaman grafiği – paralel çalışma.	133
Şekil 5.108 :	MDP5 barasının gerilim zaman grafiği – paralel çalışma.	133
Şekil 5.109 :	MDP6 barasının gerilim zaman grafiği – paralel çalışma.	134
Şekil 5.110 :	MDP7 barasının gerilim zaman grafiği – paralel çalışma.	134
Şekil 5.111 :	MDP3 barasının gerilim zaman grafiği – ada çalışma.	135
Şekil 5.112 :	MDP1 barasının gerilim zaman grafiği – ada çalışma.	136
Şekil 5.113 :	MDP2 barasının gerilim zaman grafiği – ada çalışma.	136
Şekil 5.114 :	MDP4 barasının gerilim zaman grafiği – ada çalışma.	137
Şekil 5.115 :	MDP5 barasının gerilim zaman grafiği – ada çalışma.	137
Şekil 5.116 :	MDP6 barasının gerilim zaman grafiği – ada çalışma.	138
Şekil 5.117 :	MDP7 barasının gerilim zaman grafiği – ada çalışma.	138
Şekil B.1 :	Kampüs OG Dağıtım Tek Hat Şeması.....	167
Şekil B.2 :	A fabrikası O.G. giriş hücrelerinin şemasının ilk sayfası.	168
Şekil B.3 :	A fabrikası O.G Dağıtım Şeması.	169
Şekil B.4 :	A fabrikası Tesisi OG Dağıtım Tek Hat Şeması.....	170
Şekil B.5 :	MDP3 panosu şeması sayfa 2.	171
Şekil B.6 :	MDP1 panosu şeması sayfa 1.	172
Şekil B.7 :	A fabrikası alçak gerilim panoların yük çeşitleri.	173
Şekil B.8 :	KGK dağıtım şeması – yükler.	174

SEMBOL LİSTESİ

μs	: Mikrosaniye
K_T	: Empedans Düzeltme Faktörü
c	: Gerilim Faktörü Katsayısı
$^{\circ}C$	: Santigrad Derece
I_k''	: Başlangıç Kısa Devre Akımı
I_b	: Simetrik Kısa Devre Kesme Akımı
U_n	: Anma Gerilimi
I_k	: Sürekli Hal Kısa Devre Akımı
RL	: Hat Direnci
C_{min}	: Minimum Gerilime İzin Veren Gerilim Faktörü Katsayısı
C_{max}	: Maksimum Gerilime İzin Veren Gerilim Faktörü Katsayısı
	: İletken İçin İzin Verilen Maksimum Sıcaklık
V_{SAG}	: Gerilim Çökmesinin Büyüğü
Z_F	: Hata noktasına kadar olan toplam empedans
Z_S	: Besleme Kaynağı Empedansı
t_{kesme}	: Arızanın Temizleme Zamanı
$t_{röle_açma}$	: Rölenin Arızayı Algılama Zamanı
$t_{kesici_açma}$	: Kesicinin Gecikme Zamanı
$t_{sigorta}$	: Sigortanın Arızayı Temizleme Zamanı
ms	: Milisaniye

BİR ENDÜSTRİYEL TESİS ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMİNİN GERİLİM ÇÖKMELERİ BAKIMINDAN İNCELENMESİ

ÖZET

Elektrik enerji kalitesi (EEK) sıkı rekabet koşullarının yaşandığı günümüzde üretimin sürekliliğinin sağlanması, tesislerin elektrik altyapılarının düzgün işlemesi ve şirketlerin karlılıklarının sürdürülebilmesi için üzerinde önemle durulan bir konudur. Bir tesisin kendine ait elektrik dağıtım altyapısının standartlar ve yönetmeliklere uygun olmasının yanı sıra, bu tesise elektrik enerjisi verme hizmetini sağlayacak dağıtım şirketlerinin ve varsa yerel kojenerasyon tesislerinin standart ve yönetmeliklerin belirlediği sınırlar içindeki kaliteli elektrik enerjisini sağlaması beklenmektedir.

Bu tezde de bir endüstriyel tesisin elektrik dağıtım sistemi gerilim çökmeleri bakımından incelenecektir. Gerilim çökmeleri de bir elektrik enerji kalitesi sorunu olup tesisler için yüksek maliyetli sonuçlar doğurabilen bir konudur.

Tezin 2. Bölümünde enerji kalitesi başlığı altında enerji kalitesi problemleri ana hatlarıyla tanıtılmıştır. Böylece birbirine karıştırılan enerji kalitesi ile ilgili kavramların açıklaması yapılmıştır. Bu bölümde verilen çizelgelerle enerji kalitesi sorunlarının süre ve büyüklükleriyle ilgili özellikleri verilerek kavramlar netleştirilmeye çalışılmıştır.

Günümüzde dağıtım sistemlerinin kısa devre, yük akışı, karalılık ve benzeri birçok analizini yapabilen çeşitli analiz programları mevcuttur. DİgSILENT analiz program da bunlardan biridir. Tezin 3. bölümünde teze konu olan tesiste gerilim çökmelerinin incelenmesi için kullanılan DİgSILENT yazılımı tanıtılmıştır. Bu bölümde gerilim çökmelerinin ana sebebi olan kısa devre hesapları ve motorlara yol vermeyle ilgili bilgiler verilmiştir. DİgSILENT yazılımında bu analizlerin nasıl yapıldığına bu bölümde değinilmiştir.

Tezin 4. bölümünde tezin ana konusu olarak incelenen elektrik enerji kalitesi problemi olan gerilim çökmesi kavramı incelenmiştir. Gerilim çökmelerinin hesaplanması ile ilgili yöntemler anlatılmıştır. Gerilim çökmesinin bir ölçüsü olan süresi konusuna değinilmiştir. Gerilim çökmelerinin nedenleri anlatılmıştır. Son olarak da gerilim çökmelerinin değişik cihazlar ve ekipmanlar üzerindeki etkilerinden de ilgili gerilim tolerans eğrileri gösterilerek bahsedilmiştir.

Tezin 5. Bölümünde teze konu olan tesisteki hesaplamalara geçilmiştir. Teze konu olan tesis bir kojenerasyon tesisinden beslenmektedir. Kojenerasyon tesisi normal çalışma koşullarında şebeke ile paralel çalışmaktadır. Bazı durumlarda ise şebekeden ayrılarak kendi başına yüklerini beslemektedir. Bazı durumlarda kojenerasyon tesisi ne şebekeden ne de kendi generatörleri üzerinden yani ada konumundayken tesisleri arızalardan dolayı besleyememektedir. Bu durumda da teze konu olan tesis kendine ait dizel generatör ile bazı kritik yüklerini beslemektedir. İşte bu sayılan 3 farklı çalışma durumu için bu bölümde gerilim çökmesi analizleri yapılmıştır.

Tezin 6. bölümünde ise 5. Bölümde elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Ortaya çıkan durumlarla ilgili öneriler sunulmuştur. Analizler sonucunda ortaya çıkan hatalı durumlardan bahsedilmiş ve bunlarla ilgili bazı önerilerde bulunulmuştur.

INVESTIGATION OF VOLTAGE SAGS AT AN INDUSTRIAL PLANT'S ELECTRICAL DISTRIBUTION SYSTEM

SUMMARY

Power quality is an important issue for utilities because today's competitive market conditions forces utilities to produce continuously, keep their electrical substructure correctly and increase their profits. Beside, a utility has to build and keep its electrical distribution system according to the standards and regulations, the electricity distribution companies and also the local cogeneration companies have to supply the electrical energy that is defined in the standards and regulations. Beside these, investigating the probable problems that can occur at an industrial plant, is an important way of reducing the maintenance costs and obtaining the production continuity and keeping the competitive situation at the market.

At this thesis, an industrial plant's electrical distribution system is investigated about voltage sags. Voltage sag is an important power quality problem which can cause to high cost when happened.

At the second chapter, the several power quality problems are explained shortly. There are many subdivision about power quality issue. The power quality problems are a bit confusing concept, so here it is tried to show the differences between them and make clear this confusion. A survey that conducted by the Georgia power company in which both utility personnel and customers were polled. They are asked about causes of power quality problems. It is seen that the utility's and customer's perspectives are often much different [1]. This is also shows this confusing.

The IEC and IEEE have their own standards that categorizes the power quality problems. They have a few different descriptions about power quality concepts. According to IEEE standard 592-1992 there are seven main subdivision concept about power quality. These are; transients, short duration variations, long duration variations, sustained interruptions, undervoltages, overvoltages, voltage unbalance, waveform distortion, voltage fluctuations, and power frequency variations. The magnitudes and durations and other specifications are listed in a table to understand these quality problems. As it is seen this classification; at most cases power quality is actually the quality of voltage.

Today, there are many programs which are able to analyze short circuits, load flow, stability and other electrical calculations for electrical distribution system. The DIgSILENT program is one of these analysis programs. At the third chapter, this program is introduced because the utility's electrical distribution system is modeled at this program. The analysis method and usage of the program is also shortly explained at this chapter.

Using an analysis program before building the plant at the planning level has significant advantages. By this way, after building the model on the analysis program helps recalculating the new options or choices quickly. The program shows easily the

new changes' effects. Because adding a new generator, a busbar or a distribution transformer changes calculations from beginning to the end of the project. Also, using an analysis program at already built plants have advantages too. Investigating changes at the plants electrical system becomes easier with this kind of programs. Calculating the installation of a new equipment such as a transformer is quite easy with analysis programs.

At the third chapter; a theoretical knowledge about short circuit calculations. Minimum and maximum short circuits are described. Usage of these two type short circuit is defined.

There are several standards for calculating short circuit currents. VDE012, IEC 60909, and IEC 61163 are some of them. At this thesis, IEC 60909 standard is used for short circuit calculations. Selecting the standard is an optional choice at the DIgSILENT analysis program.

Also at the third chapter, analysis of voltage sags due to starting large motors is described. There are some ways for starting motors such as ac drives, resistors and star-delta method. At the DIgSILENT all starting methods can be defined for a motor. The largest motor at the Plant A is started by star-delta method. So here, using star-delta method at DIgSILENT is shown briefly. Screenshots of DIgSILENT program are placed to explain modeling and analyzing star-delta starting method for an induction motor.

At the fourth chapter, voltage sag concept which is a main power quality problem that is subject of this thesis is studied briefly. The duration is an important specification voltage sag and so it is explained in this chapter. The reasons for voltage sags are described. At last, the effects of voltage sag on different electrical equipments are explained briefly with voltage tolerance curves and other graphs. The effects of voltage sags on computers, ac drives, directly started induction motors, contactors and lighting are described.

The interest about power quality concept is because of its direct connection on costs. Voltage sags are the most frequent power quality problem that is faced up with many industrial plant. Because of this importance, there are many studies on effects and costs of voltage sags. At this chapter, some studies about USA are mentioned. The huge costs for voltage sags is shown at this chapter with the help of these studies.

At the fifth chapter, the analysis and calculations are taken for the utility which is concerned at this thesis. This utility is fed from a cogeneration plant. This cogeneration plant runs parallel with external grid. At some situations it doesn't run with external grid and supplies the loads by its own three generators. Some faults or situations lead to turn off the cogeneration plant. At this time the utility is fed by own its diesel generator for only its critical loads; not for production. For these three running situation, the voltage sags are analyzed for this utility.

The model of Plant A is built at DIgSILENT analysis program. The electrical distribution projects are supplied from Plant A and the local cogeneration plant. The necessary datas for electrical components such as transformers, generators, grid, cables, low voltage circuit breakers, medium voltage cells are obtained from them by taking the related data sheets. Specifications for some cables are taken from manufacturer's data sheets.

There are three sub-chapter for voltage sag analysis which are resulted because of short circuits. At every chapter, the effects of voltage sags on low voltage

distribution panels are shown on graphs. For computers and similar equipments, the ITIC curve is used. ITIC curve is an generic curve that is built for computers and similar equipments to determination of proper running area for these type of equipments. At this thesis, the ITIC curve is plotted in the MS Excel. Voltage levels of these 7 low voltage distribution panels and the times are shown on the ITIC curves for each.

There are also many ac drives at the Plant A. Ac drives are sensitive to voltage sags, too. To investigate the ac drives behavior to voltage sags, a generic voltage tolerance curve is plotted in the Ms Excel, too. The voltage levels and times are plotted on voltage tolerance curves for all 7 low voltage panels for each running situation.

Voltage sags are investigated for both phase to earth short circuits and three phase short circuits. 9 points are chosen at the electrical distribution system of the Plant A and phase to earth short circuit faults and three phase short circuit faults are made at these 9 points. These calculations are made separately for three running situation which is described before.

At another sub-chapter in the chapter 5, starting of large motors which is the other main reason for voltage sags is analyzed. The largest motor at Plant A is modeled at the DIgSILENT analysis program. The largest motor at the Plant A is 260 kW and it is started by star-delta method. Dynamic modeling is used for analysis. Events for star delta starting is defined in the model. Phase to earth and three phase short circuit faults are simulated for two running situation. The voltage-time graphs for the 7 low voltage panels are plotted by DIgSILENT program. These graphs are commented at this chapter to explain the effects of voltage sags which are caused by starting this largest motor. Starting the largest motor is not investigated for the running situation when the Plant A is fed from its own diesel generator. Because, the diesel generator is used only when the plant can not be fed from cogeneration plant to run the critical loads. It is not used for production. This largest motor is only used while production is continued.

At the sixth chapter, the results which are obtained in the fifth chapter, are discussed. As it is seen at chapter 5; there are some faulty situations which are come from settings are found. Some suggestions are explained according to this discussions. The faulty situations are explained and proposed solutions.

1. GİRİŞ

Endüstriyel tesisler; kar amacı güden ve belli kar oranlarına erişebildiklerinde sektörlerinde varlıklarını sürdürebilen kuruluşlardır. Bu tesisler; üretim için çeşitli girdilerin maliyetlerini karşılamak zorundadırlar. Hammadde maliyetleri, elektrik, su ve kullanılıyorsa doğalgaz ve akaryakıt maliyetleri, işgücü, tesis geliştirme ve bakım maliyetleri bu girdilere örnektir.

Bu maliyetlerin en önemlilerinden biri olan elektrik enerjisinin kalitesi; üretim maliyetlerini doğrudan ilgilendiren bir konudur. Üretimin kesintisiz yapılabilmesi; makinelerin ve cihazların şebeke kaynaklı problemlerden etkilenmeden çalışabilmesi enerji kalitesi kavramının bir konusudur. Bu konuda EPDK hizmet kalitesi yönetmeliği yayınlamıştır. Bu yönetmeliğe göre dağıtım şirketleri dağıtım lisanslarında belirlenen bölgelerde bulunan kullanıcılara sunduğu hizmetin kalitesinden sorumlu tutulmuştur [2].

Günümüzdeki sıkı rekabetçi yapıda önemli bir girdi olan ve son ürün kalitesini de etkileyen elektrik enerjisinin maliyeti; üzerinde durulması gereken bir konudur. Tesisler için sürekli olarak yeni teknolojileri ve yönetmelikleri takip etmek bir zorunluluktur. Enerji kalitesi konusunda da tesisler yeni teknolojileri takip etmelidirler. Enerji kalitesine yönelik izleme ve ölçme cihazlarını kullanarak tesislerindeki Enerji kalitesi problemlerini analiz etmek; sorunların tespiti ve düzeltilmesi için iyi bir yöntem olacaktır. Bu tezin konusu olan gerilim çökmesi de endüstride en sık görülen ve toplamda yüksek maliyetlere sebep olan bir Enerji kalitesi problemidir [3].

Bu tez çalışması bir endüstriyel gıda tesisinin elektrik dağıtım sisteminin gerilim çökmesi açısından incelenmesini kapsamaktadır. Tezin 2. bölümünde enerji kalitesi problemlerinden ayrı başlıklar altında kısaca bahsedilmektedir.

Tezin 3. bölümünde; tezin konusu olan tesisteki gerilim çökmelerini incelemek için kullanılacak olan DIGSILENT yazılımının yapısı ele alınmıştır. Tezde gerilim

ökmelerine sebep olan iki ana etken olan kısa devreler ve motor yol vermelerinin DIgSILENT yazılımında analizinden de bu bölümde bahsedilmektedir.

Tezin 4. bölümünde elektrik dağıtım sistemlerinde gerilim çökmeleri, nedenleri, büyüklüğü incelenmiştir. Ayrıca; gerilim çökmelerinin çeşitli cihazlar üzerindeki etkilerinden ilgili tolerans eğrileri verilerek bahsedilmiştir.

5. bölümde, tesisin DIgSILENT yazılımındaki modeli üzerinde kısa devre hesaplamaları ve motor yol verme analizi yapılmıştır. DIgSILENT yazılımında kısa devre analizleri için IEC60909 standardı seçilmiştir.

Teze konu olan tesis şebeke ile paralel çalışan bir kojenerasyon tesisi üzerinden beslenmektedir. Ayrıca tesiste bir adet dizel generatör bulunmaktadır. DIgSILENT'daki model üzerinde tesisin çeşitli besleme durumlarında analizler yapılacaktır. Bu analiz sonuçları ilgili eğriler üzerinde değerlendirilmiştir. Problemlerli durumlar için açıklayıcı olması için tek hat şemaları çizilip detaylı anlatılmaktadır.

2. ELEKTRİK ENERJİ KALİTESİ

Enerji kalitesi artık günümüzde hem üreticiler hem de tüketiciler tarafından üzerinde hassasiyetle durulan bir konudur. Elektrik enerjisinin; üretiminden, iletimine ve dağıtımına kadar belli standartlarda tüketicilere ulaştırılması gerekir. Teknolojinin gelişmesi ile beraber yeni nesil elektronik cihazların ve mikroişlemci temelli cihazların ortaya çıkması; artan tüketim talebine paralel olarak; endüstride sürekli ve kesintisiz üretime ihtiyaç duyulması; enerji kalitesi için belli standartların ortaya çıkmasına sebep olmuştur.

Enerji kalitesi konusunda birbirinden farklı tanımlamalar mevcuttur. Fakat çoğu enerji kalitesi probleminde görüldüğü üzere enerji kalitesi kavramı doğrudan gerilim kalitesine işaret eder. Teknik olarak güç; dağıtılan enerjidir ve gerilim ve akımla doğru orantılıdır. Bir güç kaynağı sistemi sadece gerilimin kalitesini kontrol edebilir. Bazı özel yüklerin çektiği akım üzerinde hiç etkisi yoktur. Bu yüzden; enerji kalitesi ile ilgili standartlar gerilimin belli limitler içinde tüketiciye sunulmasını amaç edinmişlerdir. AA sistemleri 50 veya 60 Hz de sinüzoidal dalga şeklinde ve belli gerilim büyüklüğünde çalışmak için dizayn edilmişlerdir [1]. Sonuç olarak tüketiciye sinüzoidal formda; belli büyük ve frekansta gerilimin sağlanması enerji kalitesinin konusudur.

Enerji kalitesi konusunda; IEC, IEEE, EN gibi kuruluşlar standartlar oluşturmuşlardır. Türkiye’de ise; EPDK enerji kalitesinin sağlanmasına yönelik hizmet kalitesi yönetmeliği yayınlamıştır. EPDK; bu yönetmelikte, ilgili standartlara atıfta bulunarak enerji kalitesinin sağlanması gerektiğini vurgulamıştır.

2.1 Enerji Kalitesi Problemleri

Enerji kalitesi problemlerinde değişik sınıflandırmalar mevcuttur. IEEE 1159:1995 standardına göre enerji kalitesi problemlerini 7 başlık altında toplanmaktadır:

- Geçici Olaylar (Transients)
- Kısa Süreli Değişimler

- Uzun Süreli Değişimler
- Gerilim Dengesizliği
- Dalga Formu Bozukluğu
- Gerilim Dalgalanmaları
- Güç Frekansı Değişimleri

Bu standarda göre elektrik enerji kalitesi problemlerinin süre ve büyüklüklerini gösteren çizelge şu şekildedir:

Çizelge 2.1 : IEEE 1159:1995 standardına göre enerji kalitesi problemleri ve karakteristikleri.

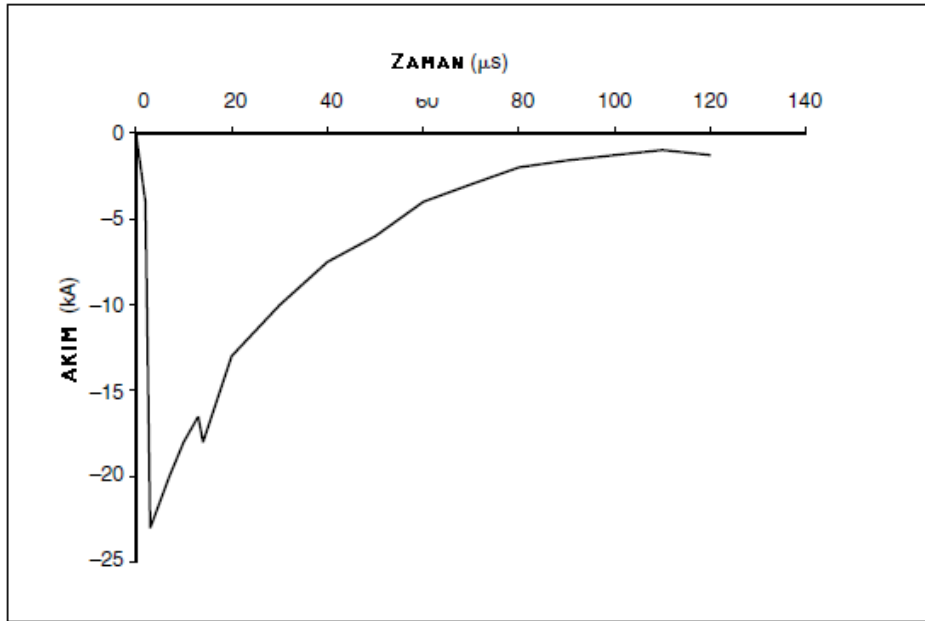
No	Kategoriler			Dalga Şekli İçeriği	Tipik Devam Süresi	Tipik Gerilim Genliği
1.0	Geçici Olaylar	Anlık Darbeler	Nanosaniye	5 ns yükseliş	<50 ns	
			Mikrosaniye	1 µs yükseliş	50 ns - 1 ms	
			Milisaniye	0.1 ms yükseliş	> 1 ms	
		Salınımlar	Düşük Frekanslı	< 5 kHz	0.3 - 50 ms	0 - 4 pu
			Orta Frekanslı	5 - 500 kHz	20 µs	0 - 8 pu
			Yüksek Frekanslı	0.5 - 5 MHz	5 µs	0 - 4 pu
2.0	Kısa Süreli Değişimler	Ani Değişimler	Kesinti		0.5 -30 periyot	< 0.1 pu
			Gerilim Çökmesi(Sag)		0.5 -30 periyot	0.1 - 0.9 pu
			Gerilim Yükselmesi (Swell)		0.5 -30 periyot	1.1 - 1.8 pu
		Geçici Değişimler	Kesinti		30 periyot - 3 sn	< 0.1 pu
			Gerilim Çökmesi(Sag)		30 periyot - 3 sn	0.1 - 0.9 pu
			Gerilim Yükselmesi (Swell)		30 periyot - 3 sn	1.1 - 1.4 pu
		Uzun Geçici Değişimler	Kesinti		3 s - 1 dk	< 0.1 pu
			Gerilim Çökmesi(Sag)		3 s - 1 dk	0.1 - 0.9 pu
			Gerilim Yükselmesi (Swell)		3 s - 1 dk	1.1 - 1.2 pu
		3.0	Uzun Süreli Değişimler	Tam Kesinti		Sürekli Durum
Düşük Gerilim				Sürekli Durum	0.8 - 0.9 pu	
Yüksek Gerilim				Sürekli Durum	1.1 - 1.2 pu	
4.0	Gerilim Dengesizliği				Sürekli Durum	0.5 - 2 %
5.0	Dalga Şekli Bozuklukları		DC Offset		Sürekli Durum	0 - 0.1 %
			Harmonikler	0 - 100. Harmonikler	Sürekli Durum	0 - 20 %
			Gizli Harmonikler	0 - 6 kHz	Sürekli Durum	0 - 2 %
			Çentikler		Sürekli Durum	
			Gürültü	Geniş Band	Sürekli Durum	0.1 %
6.0	Gerilim Dalgalanmaları			<25 Hz	Aralıklı	0.1 - 7 %
7.0	Güç Frekansı Değişimleri				< 10s	

Tezin konusu gerilim çökmelerinin incelenmesi olduğundan; diğer enerji kalitesi problemleri ile ilgili aşağıda kısaca bahsedilmekte ve gerilim çökmesi konusu 4. bölümde detaylı olarak incelenmektedir.

2.1.1 Geçici olaylar (Transients)

Geçici olaylar tabiri güç sistemi değişimlerinde eskiden beri kullanılan bir tabirdir. İstenmeyen ve doğası gereği olan durumları ifade eder. Kararlı bir durumdan başka bir kararlı duruma geçerken meydana gelen olaylar da geçici olaylar veya geçici hal diye tanımlanır. İki sınıfa ayrılır: Anlık Darbe ve salınımlı geçici hal.

Anlık darbeler; aniden oluşan, gerilim, akım veya her ikisinde sürekli halde güç frekansında olmayan ani değişimlerdir. Yükselme ve alçalma zamanları ile karakterize edilirler. Örneğin 1,2x50 μ s 2000 Volt denildiğinde; nominal olarak sıfır gerilimden 2000 V'a 1,2 μ s içinde yükselen ve tepe değerinin yarısına 50 μ s içinde ulaşan anlık darbe anlaşılır. Bu tip geçici olayın en başlıca nedeni yıldırım düşmesidir. Bu tip olaylar yüksek frekanslı olduklarından; devre elemanları ile hızlı bir değişim gösterirler ve güç sisteminin değişik noktalarından bakıldığında darbe şekilleri farklı olabilir. Bu tip geçici haller; güç sisteminin frekansını etkileyebilirler ve salınımlı ani olaylara sebep olabilirler [1]. Şekil 2.1 de yıldırım düşmesi sonucu oluşmuş bir anlık darbe olayı görülmektedir.



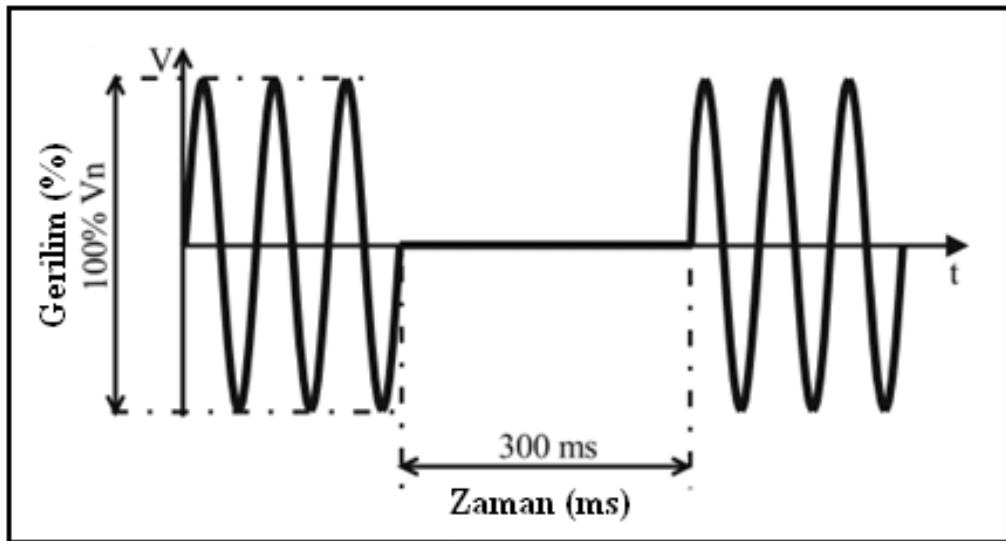
Şekil 2.1 : Yıldırım düşmesi sonucu oluşmuş anlık darbe [1].

Salınımlı geçici hal; sürekli hal çalışma frekansının dışında; gerilim, akım veya her ikisinin birden pozitif veya negatif olarak salınım yaptığı haldir. Salınımsal geçici olaylar frekans spektrumu, süresi ve büyüklükleriyle ifade edilirler. Düşük, orta ve yüksek frekanslı olmak üzere üç tipi vardır. Yüksek frekanslı salınımlı geçici haller; lokal sistemin anlık darbeye verdiği tepki sonucu oluşur. Orta frekanslı salınımlı geçici haller ise; kondansatörlerin anahtarlanmasıyla ortaya çıkarlar. Düşük frekanslı salınımlı geçici haller ise birçok sebepten ortaya çıkabilirler. En sık görüleni kapasitörlerin seri bir şekilde enerjilendirilmesi ile ortaya çıkar. 300 Hz altı temel salınımlı geçici haller ise ferreazonas ve transformatörlerin devreye alınmasıyla ortaya çıkar.

2.1.2 Kısa süreli değişimler

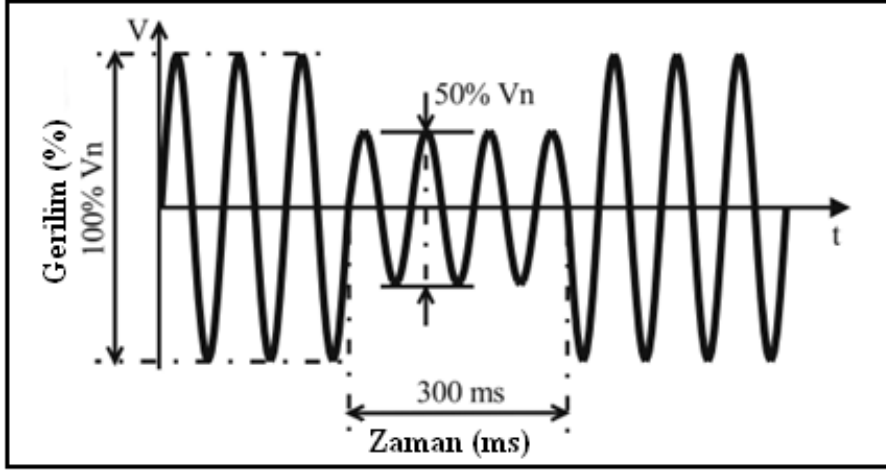
Bu sınıfa giren değişimler gerilim çökmeleri ve kısa kesintiler olarak sınıflandırılır. Bu iki tür kısa süreli değişimin de sürelerine göre; ani (instantaneous); kısa süreli (momentary) ve geçici (temporary) olmak üzere üç alt türü vardır.

Kesinti (Şekil 2.2); besleme geriliminin ya da yük akımının bir dakikadan daha kısa bir süre için 0.1 pu'nun altına düşmesi olayıdır. Kesintiler; güç sistemlerindeki arızalardan, ekipman arızalarından ve kontrol sistemleri arızalarından kaynaklanabilir. Bu kesintiler her zaman süreleri ile ifade edilirler çünkü; gerilim daima nominal gerilimin %10'unun altındadır. Kısa devre gibi bir hata sonucu ortaya çıkmış olan bir kesintinin süresi, bu hatayı temizleyecek olan koruma elemanının çalışma süresine bağlıdır.



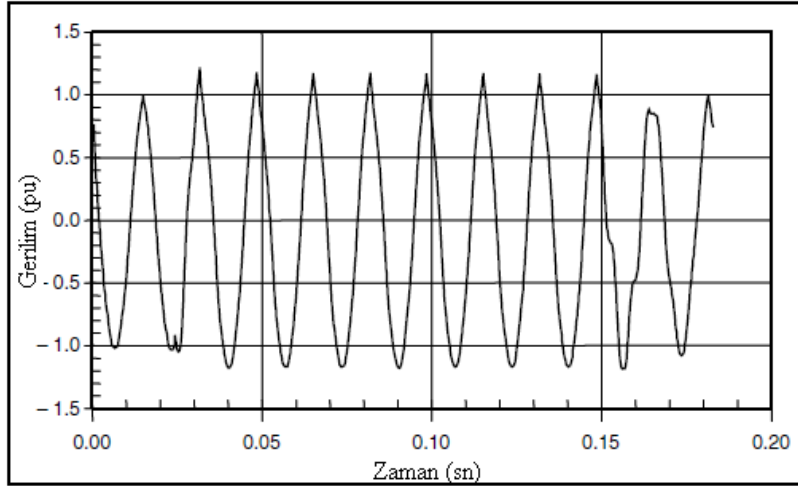
Şekil 2.2: Kısa süreli kesinti [4].

Gerilim çökmesi (Şekil 2.3) ise gerilimin efektif değerinin veya akımın yarım periyot ile bir dakikalık süre arasında nominal değerinin %10 u ile %90'ı arasına düşmesi olayıdır. Tezin konusu gerilim çökmesinin incelenmesi olduğunda 4. bölümde gerilim çökmelerinden detaylı olarak bahsedilecektir.



Şekil 2.3: Gerilim çökmesi [4].

Kısa süreli gerilim yükselmesi (swell – Şekil 2.4); gerilimin veya akımın efektif değerinin yarım periyot ile bir dakika süre zarfında 1.1 pu ile 1.8 pu arasında yükselmesi olayıdır. Kısa süreli gerilim yükselmeleri efektif değerleri ve süreleri belirtilmek suretiyle karakterize edilirler.



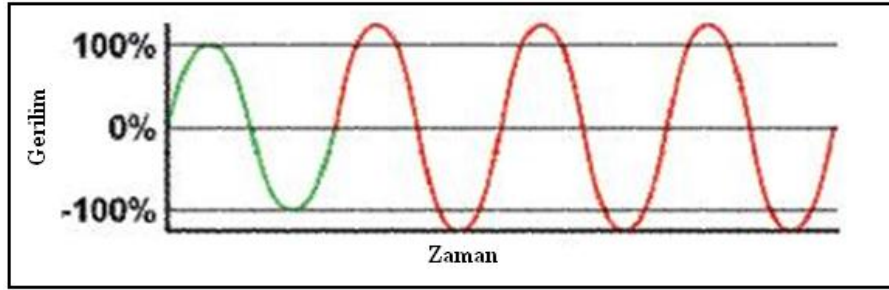
Şekil 2.4 : Gerilim yükselmesi [1].

2.1.3 Uzun süreli değişimler

Uzun süreli değişimler temel frekansta bir dakikadan uzun süren efektif gerilimdeki değişimlerdir. ANSI C84.1 standardına göre bir gerilim değişiminin uzun süreli değişim sayılabilmesi için ANSI limitlerinin bir dakikadan uzun bir süre aşılması

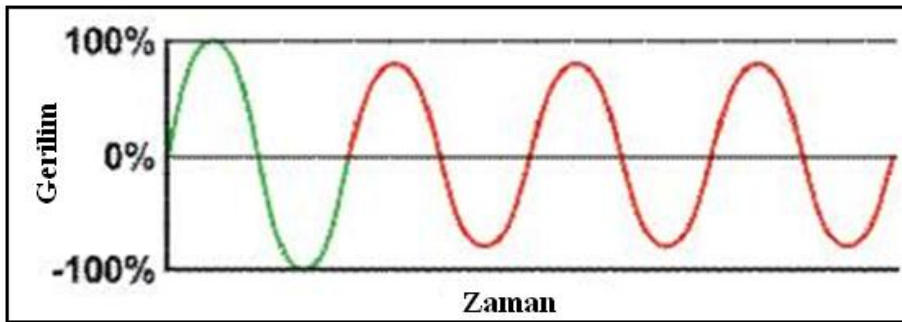
gerekir. Uzun süreli değişimlerin iki tipi vardır : Aşırı gerilim ve düşük gerilim. Bu uzun süreli değişimlerin kaynağı hatalar değildir. Bu değişimlere sebep sistemdeki yük değişimleri ve anahtarlama olaylarıdır. Bu tip değişimler efektif değer – zaman grafiğı şeklinde gösterilirler [1].

Aşırı gerilim (Şekil 2.5); güç frekansında, gerilimin efektif değerinin %110'un üzerine bir dakikadan uzun süre yükseldiğı durumdur. Aşırı gerilimler genellikle yüklerin anahtarlanmasıyla ortaya çıkar. Örneğin büyük bir yükün devreden çıkarılması veya kapasitör banklarının enerjilendirilmesi durumlarında oluşur. Bu tip kalitesizliğin sebebi; sistemin zayıf olması, gerilim regülasyonunun doğru olmaması ve transformatörlerin kademesinin yanlış olması olabilir.



Şekil 2.5: Aşırı gerilim [5].

Düşük gerilim (Şekil 2.6); güç frekansında gerilimin en az bir dakika boyunca nominal değerinin % 90'ının altına düşmesidir. Bu durumun sebebi; aşırı gerilime sebep olan durumların tersi durumlardır. Yani kapasitörlerin devreden çıkarılması ya da yüklerin devreye alınması düşük gerilimin sebeplerindendir. Aşırı yüklenmiş sistemler de düşük gerilime neden olabilir.

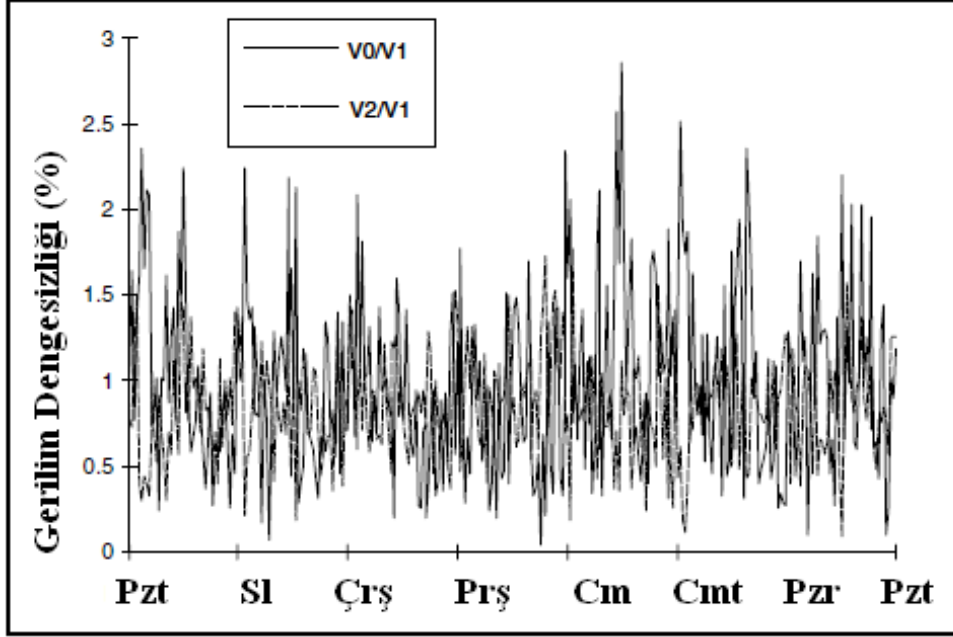


Şekil 2.6: Düşük gerilim [5].

2.1.4 Gerilim dengesizliğı

Gerilim dengesizliğı(Şekil 2.7); üç fazlı gerilim veya akımın ortalamasından maksimum sapma olarak ifade edilir. Yüzde olarak gösterilir. Standartlarda sıkça

simetrik bileşenler şeklinde ve negatif ya da sıfır bileşenin pozitif bileşene yüzde oranı olarak ifade edilir. Yüzde ikinin altındaki gerilim dengesizliklerinin başlıca nedeni; üç fazlı kaynaktan beslenen tek fazlı yüklerdir. Ayrıca tek faz sigortası atmış olan kompanzasyon kondansatörlerinden kaynaklanabilir. Yüzde beşin üzerindeki dengesizlikler; tek fazlı sistemlerden kaynaklanabilir.



Şekil 2.7: Bir fiderden gün gün alınmış gerilim dengesizliği verisi [1].

2.1.5 Dalga formu bozukluğu

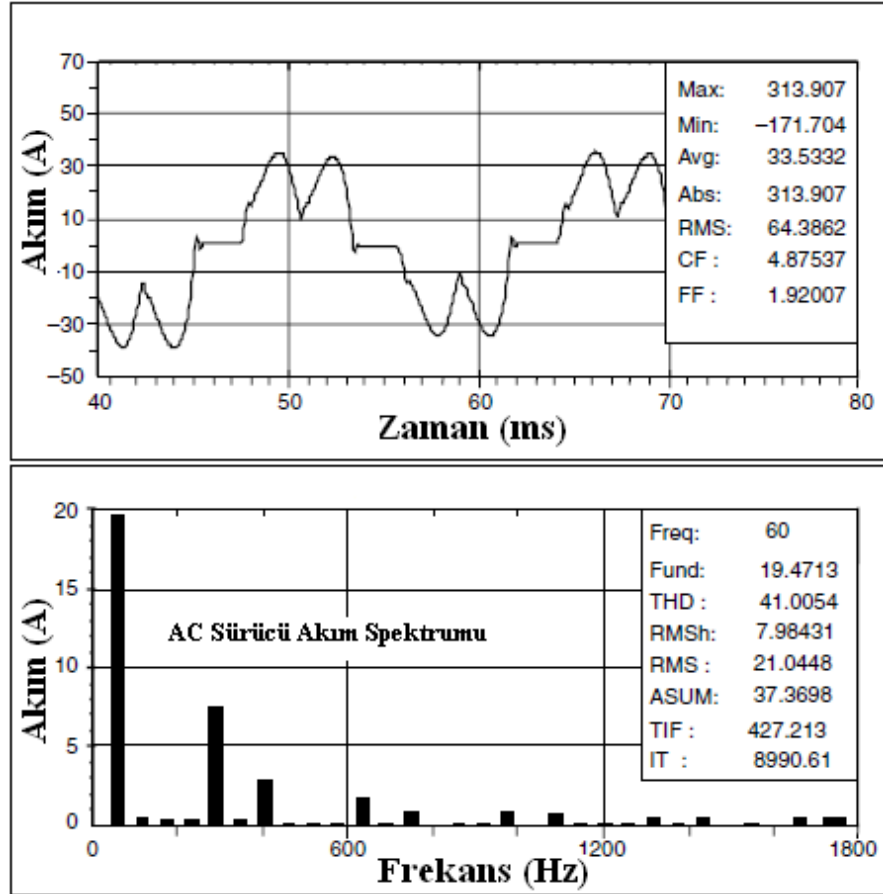
Dalga formu bozulması; güç frekansının ideal sinüs formundaki şeklinden sapması olarak tanımlanır. Dalga şekli bozukluğunun beş temel çeşidi vardır.

- DC Ofset
- Harmonikler
- Ara harmonikler
- Çentikler
- Gürültü

Bir AA güç sisteminde DA bileşeni bulunması DC Offset olarak adlandırılır. Geomagnetic etkilerden ve güç konvertörlerinden kaynaklanabilir. AA sistemlerinde bulunan doğru akım; birtakım zararlara neden olabilir. Örneğin normal çalışma koşullarında bulunan bir transformatörün doyuma ulaşmasına neden olabilir. Bu transformatörün aşırı ısınmasına ve ömrünün kısalmasına neden olur. Başka bir etkisi de topraklama baralarının elektrolitik aşınmasıdır.

Harmonikler; temel frekansın tam katlarındaki frekanslara sahip ve sinüzoidal formdaki gerilim veya akımlardır.

Bozulmuş olan gerilimin veya akım; temel frekans bileşeni ile bu harmoniklerin toplamı şeklinde ifade edilir. Harmonik bozulmalar güç sisteminde bulunan nonlinear yükler tarafından oluşturulmaktadır. Bir ac sürücünün girişindeki akım harmoniği ve bu harmoniğin spektrumu Şekil 2.8’de gösterilmiştir.



Şekil 2.8: Bir ac sürücünün girişindeki akım harmoniği ve spektrumu [1].

Harmonik bozulmaları her frekanstaki harmoniklerin genliği ve açılarıyla gösterilebileceği gibi; tek bir büyüklük olarak toplam harmonik bozulma (THD) ile ifade de edilebilir. Bu THD değeri harmonik bozulmanın efektif değerinin ölçülmesidir.

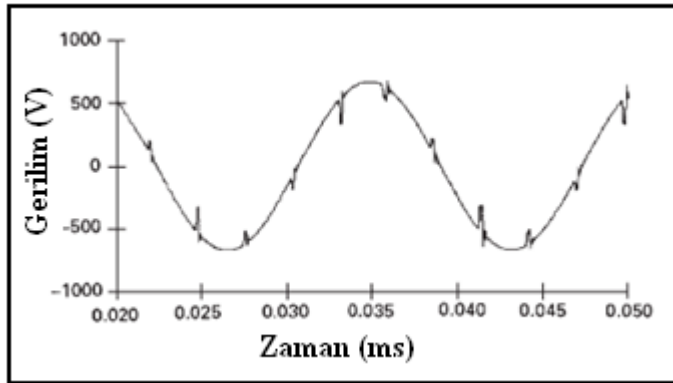
Akımdaki harmonik bozulma bir THD değeri ile ifade edilebilir. Fakat bu değer çoğunlukla yanıltıcı olabilir. Mesela hız sürücüleri; çok küçük yükleri besleseler bile; giriş akımlarında yüksek THD değerlerine sahip olabilirler. Harmoniğin genliği küçük olduğu için bu durum çok önemli değildir, fakat sebep olduğu bozulma yüksektir. Bu sorunu çözmek için IEEE 519-1992 standardı TDD denilen yeni bir

değer tanımlamıştır. TDD; toplam talep bozulması anlamına gelmektedir. TDD değeri de THD değerine benzer. Farklı olarak; ölçüm anındaki akımın büyüklüğü yerine, nominal akıma oranı olarak ifade edilir.

Gerilim ve akımların temel frekansın tam katları olmayan frekanslarda bileşenleri vardır. Bunlara ara harmonikler denir. Ara harmonikler her gerilim seviyesindeki şebekelerde görülebilirler. Ara harmoniklere sebep olan etkenler; frekans konvertörleri, siklokonvertörler, indüksiyon fırınları ve ark cihazlardır.

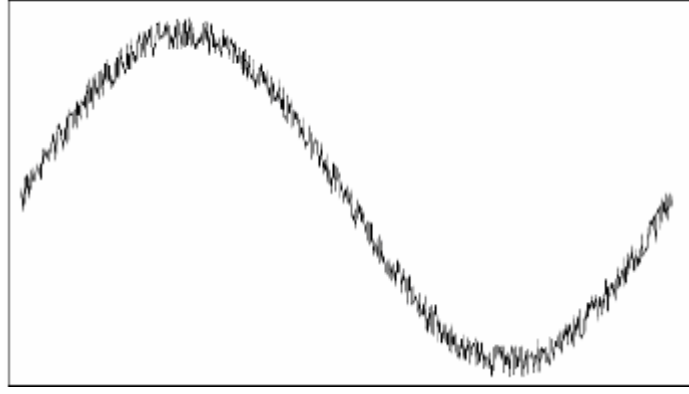
Ara harmonikler genellikle, frekans çeviricilerden kaynaklanır ve sabit değildir. Yüke göre değişir. Bazı ara harmonikler şebekede rezonans oluşumuna sebebiyet verdiklerinden çok tehlikeli olabilir.

Çentikler (Şekil 2.9); güç elektroniği cihazlarının normal çalışma koşullarında akımı bir fazdan başka faza dönüştürmesi sırasında ortaya çıkan periyodik gerilim bozulmalarıdır. Sürekli oluştukları için için etkilenen gerilimin harmonik spektrumu ile karakterize edilebilirler. Çentiklerin frekansı çok yüksek olduğundan harmonik ölçümü yapan cihazlarla ölçülemeyebilirler.



Şekil 2.9: 3 fazlı bir çeviricinin neden olduğu gerilim çentiği [1].

Gürültü (Şekil 2.10); güç sisteminin geriliminde, faz akımlarında ya da nötr iletkenleri ve sinyal kablolarında görülen genişband spektral içeriği 200 kHzden düşük olan istenmeyen sinyallerdir.

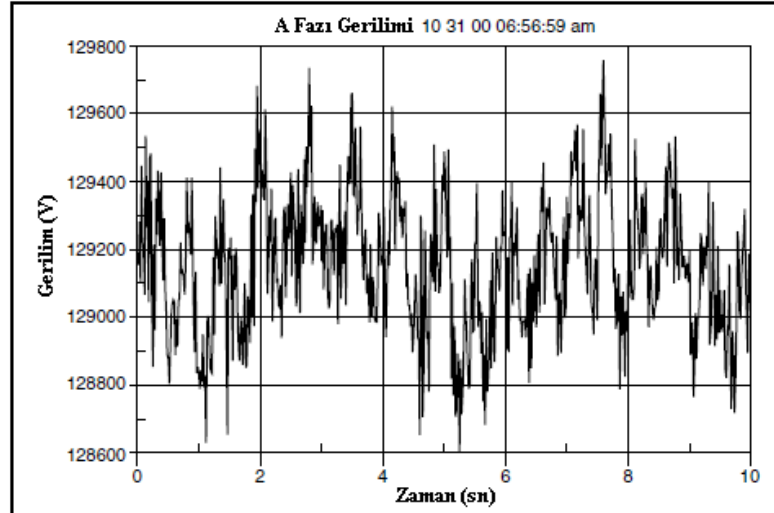


Şekil 2.10 : Gürültü [6].

Güç sistemlerinde gürültü; güç elektroniği cihazları, kontrol devreleri, ark cihazları, yarı iletken doğrultuculu yükler ve güç kaynaklarının anahtarlanması sebebiyle oluşurlar. Gürültü problemleri genelde yanlış topraklama yüzünden çoğalır. Gürültü; mikro elektronik cihazları ve PLC cihazları gibi elektronik cihazları etkiler. Gürültü sorunu; filtrelerle, izolasyon transformatörleriyle giderilebilir.

2.1.6 Gerilim dalgalanmaları

Gerilim dalgalanmaları (Şekil 2.10) sistematik ve seri bir şekilde rastgele tekrarlayan ve gerilim limitleri olan 0.9 pu ile 1.1 pu değerlerinin dışına çıkmayan olaylardır. Çok değişik tipte gerilim dalgalanması durumu mevcuttur.



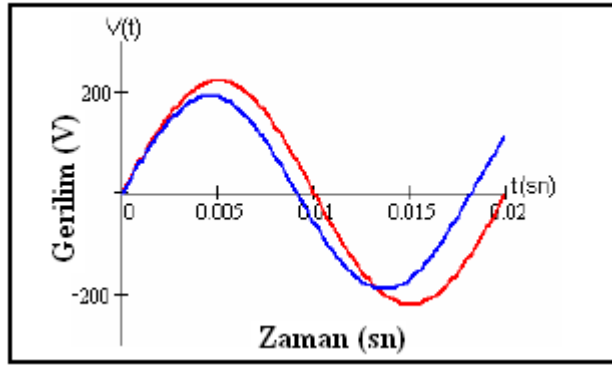
Şekil 2.11: Bir ark fırınından kaynaklanan gerilim dalgalanması [1].

Yük akımı çok hızlı değişen yükler; gerilim değişimlerine neden olurlar. Bu duruma fliker (kırpma) adı verilir. Gerilim dalgalanması elektromanyetik bir olayken, fliker bu gerilim dalgalanmalarının bazı yükler üzerindeki etkisidir. Bu yüzden gerilim dalgalanmalarından, gerilim kırpması olarak da bahsedilir. Ark fırınları gerilim

dalgalanmalarına neden olan en yaygın sebeplerdendir. Gerilim dalgalanması temel gerilim bileşeninin yüzdesi olarak; efektif değer olarak belirtilir.

2.1.7 Güç frekansı değişimleri

Güç frekansı değişimi (Şekil 2.11); güç sistemi frekansının temel frekansından (50 Hz veya 60 Hz) sapmasıdır. Frekans doğrudan sistemi besleyen generatörlerin dönme hızına bağlıdır. Yükün değişimi ile elektrik üretiminin değişmesine bağlı olarak frekansta yumuşak değişimler olur. Frekansın büyüklüğünün ve bu değişimin süresi beslenen yüklere ve generatörlerin bu yük değişimlerine nasıl cevap verdiğine bağlıdır. Frekansı değişimi kabul edilebilir limitler içinde kalmazsa birçok yükün ya da generatörlerin devreden çıkmasına neden olabilir. Günümüzdeki modern enterkonekte sistemde büyük frekans değişimleri çok nadir olmaktadır. Bu tip olaylar; şebekeden izole edilmiş generatörlerden beslenen yüklerde olabilmektedir.



Şekil 2.12: Güç frekansı değişimi [6].

2.2 Enerji Kalitesi Problemlerinin Maliyeti

Dünyada elektrik enerji kalitesine olan ilginin en öncelikli nedeni maliyettir. Enerji kalitesinin tesisler, tesislerin müşterileri ve ekipmanları temin eden şirketler üzerinde ekonomik etkileri vardır. Elektrik üreticileri ve dağıtıcıları için müşterilerinin talep ettiği standartlara uygun elektrik enerjisinin sağlanması hayati önemdedir. Günümüzde elektrik enerjisi tedarikçilerinin çoğalması dolayısıyla rekabetin de artmasına sebep olmuştur. Bu yüzden elektrik üreticileri müşterileri olan tesislerle olan sözleşmelerine uymak zorundadırlar.

Ev tüketicileri, elektrik enerji kalitesi problemlerinden, maliyetler açısından endüstri tesisleri veya ticarethaneler kadar etkilenmeseler de, elektrik enerji kalitesinin sağlanması için bir baskı unsuru olmaktadır. Günümüzde son kullanıcıların

bilgisayar kullanımı oldukça artmıştır. Bu kişilerin yaşam tarzlarında önemli yeri olan bilgisayarların sürekli çalışabilir durumda olması önem arz etmektedir. Bu durum son kullanıcılar için de elektrik enerji kalitesinin sağlanması gerektiğini göstermektedir [1].

Elektrik enerji kalitesizliğinin maliyeti üzerine çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Örneğin ABD’de dijital ekonomi firmalarının (Telekomünikasyon, veri depolama ve işleme firmaları) ve endüstri firmaları için elektrik kesintilerinin verdiği zarar 45.7 milyar dolardır. Aynı sektör firmaları için diğer enerji kalitesi problemlerinin verdiği zarar yılda yaklaşık 6.7 milyar doları bulmaktadır [7]. Bu rakamlar elektrik enerji kalitesi problemlerinin sebep olduğu ciddi maddi sonuçları göz önüne sermektedir.

Elektrik enerji kalitesi problemlerinin meydana getirdiği zararlar üç ana grupta incelenebilir [1]:

- Ürün ve hammadde kaybı, kaybedilen üretim kapasitesi, bozuk ürünün bertarafı ve artan yatırım maliyetleri gibi ürünle ilgili kayıplar.
- Boşa çıkan çalışanlar, fazla mesai, temizlik, arızanın giderilmesi gibi işgücü maliyetleri.
- Hasarlanan ekipmanlar, kaybedilen iş fırsatları ve siparişlerin yetişememesinden doğan cezalar gibi yan maliyetler.

3. DIgSILENT YAZILIMI İLE KISA DEVRE ANALİZİ

A fabrikasında gerilim çökmelerinin etkilerini inceleyebilmek için tesisin ve beslendiği şebekenin modeli DIgSILENT PowerFactory V14.0 programında oluşturulmuştur. Gerilim çökmelerinin incelenmesine yönelik olarak kısa devre hesaplamaları ve motor yol verme analizi DIgSILENT programı ile yapılmıştır. DIgSILENT programı; üretim, iletim, dağıtım ve endüstriyel sistemlerde güç sistemi analizi için kullanılan bir yazılımdır. Bu kısımda hesaplaması yapılacak konularla ilgili bilgiler verilmiştir.

3.1 Güç Dağıtım Sistemi Analiz Programları

Gerek uluslararası yönetmelikler gerekse de Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği, tesislerde beklenen hata akımının, hem kısa devre ve hem de toprak hatası için, tamamlanmış tesisatın ilgili her türlü noktasında belirlenmesini şart koşar. Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri yönetmeliği ise; tesislerdeki elektrik donanımının aşırı akımlara karşı korumasının yapılacağını ve bu koruma cihazların en büyük kısa devre akımını güvenlikle kesebilecek değerde seçilmesi gerektiğini şart koşar [10]. Bu nedenle tesislerde kısa devre hesapları yapılması zorunludur. Bu kısa devre hesaplarını günümüzde genel olarak “Güç Sistemi Analiz Programları” olarak adlandırılan programlar vasıtasıyla yapılabilmektedir. DIgSILENT programı ile birlikte ETAP (Elektrik Güç Sistemi Tasarım ve Analiz Programı), Siemens PTI PSS/E Hata Analiz Programı ve benzeri programlar da vardır. Bu analiz yazılımları IEC 60909 standardına göre analizler yapabilmektedirler. Bu tezde DIgSILENT programı ile analizler IEC 60909 standardı baz alınarak yapılmaktadır.

3.2 DIgSILENT Yazılımı ile Analiz

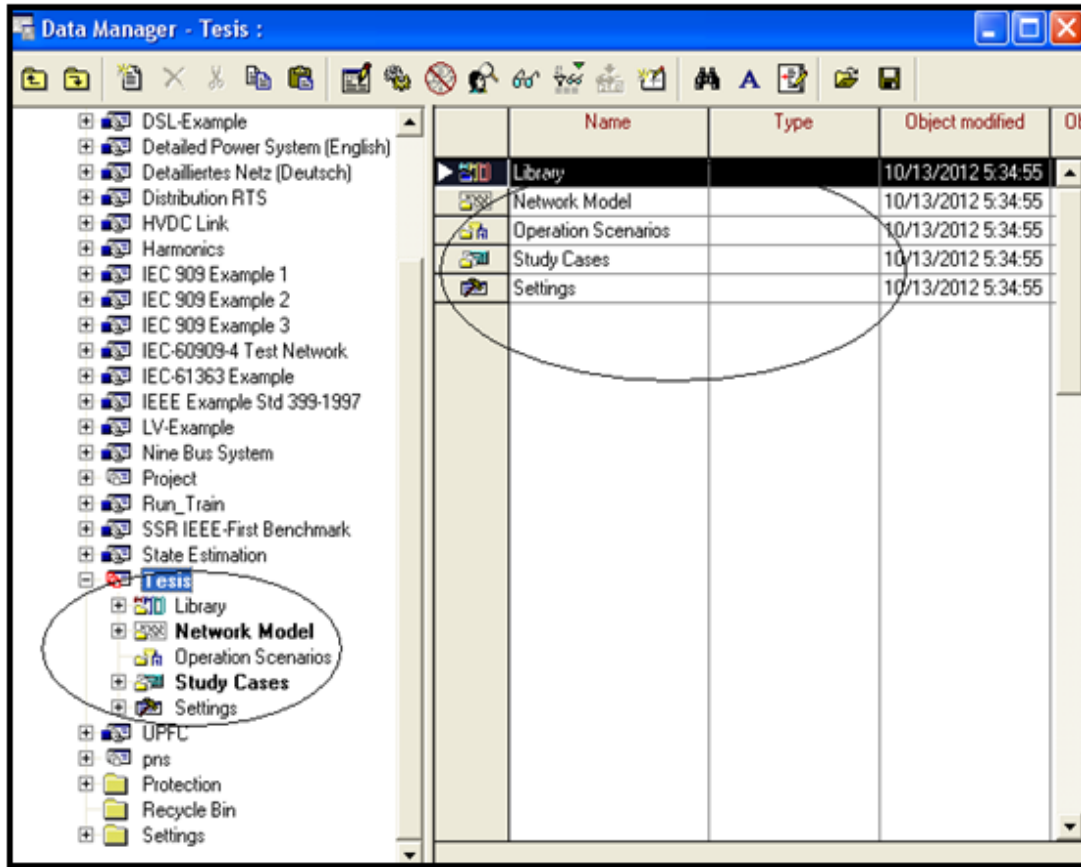
DIgSILENT programının içinde enerji üretiminden, tüketimine kadar tüm sistemi modellemeye yarayacak elemanlar hazır bulunur. Bunlar, genel şebeke, bara çeşitleri, kablolar, istasyonlar, ac ve dc motorlar, senkron generatörler, transformatörler, kesiciler ve diğer gerekli elemanlardır. Bu elemanlar için global kütüphanelerde

çeşitli özelliklerde örnekleri hazır olarak tanımlanmıştır. Örneğin eğer analizi yapılacak modelde 1 MVA gücünde, primer gerilimi 10 kV, sekonder gerilimi 0.4 kV ve bağlantı şekli Dyn11 olan bir transformatör varsa, bu kütüphaneden kolayca seçilebilir. İlgili sistemde bulunan elemanlar DIgSILENT programının kütüphanesinde yoksa, kullanıcı tarafından özellikleri ile birlikte tanımlanıp, proje içindeki kütüphaneye kaydedilebilir. Böylece aynı elemana tekrar ihtiyaç duyulduğunda bu kütüphane içinden seçilerek istenildiği kadar kullanılabilir.

3.2.1 DIgSILENT programında proje yapısı

DIgSILENT program öncelikle ilgili elektrik sistemini, görsel olarak çizmek üzerine kurulmuştur. Sistem görsel olarak modellendikten sonra, sistemdeki elemanların özellikleri girilir.

DIgSILENT programında şebeke modelleme, proje organizasyonu, projenin uygulaması için gerekli bütün veriler proje dosyaları içinde saklanır. Proje verisi bu klasör altında; Kütüphaneler, Şebeke Modelleri, Operasyon Senaryoları ve Çalışma dosyaları olarak yapılandırılır [8].



Şekil 3.1: DIgSILENT programında proje yapısı.

3.3 Kısa Devre Hesabı

Elektrik dağıtım sistemleri kısa devrelere karşı korunmalıdırlar. Dağıtım sistemlerindeki kısa devreler, sistemin her aşaması için hesaplanmalıdır. Kısa devre hesapları, sisteme konulacak olan ekipmanların boyutlandırılması ve kesme akımlarının belirlenebilmesi için önemlidir. Bunun için kısa devre hesabında genlikleri farklı olan iki ayrı devre hesabı yapılır: Maksimum ve minimum kısa devre akımları. Maksimum kısa devre akımları; elektrik aygıtlarının etiket değerlerini ve kapasitelerini belirlemek için hesaplanır. Kesicilerin kesme kapasitesi, boyutlandırılması, kabloların ve hücrelerin elektrodinamik dayanım kapasitesi maksimum kısa devre akımlarına göre hesaplanır. Minimum kısa devre akımı ise sigortaların seçimi, koruma düzenlerinin ayarı ve motorlara yolvermelerin kontrol edilmesi için kullanılır.

Hangi durumda ya da hangi tür kısa devre tipi olursa olsun koruma cihazları arızayı t_c süresi içinde temizlemelidirler. Bu t_c süresi korunan kablonun termal strese dayanabileceği süredir [9].

3.3.1 Kısa devre hesabında yapılan kabuller

Minimum ve maksimum kısa devre akımlarının hesaplanmasında kolaylaştırma sağlayan şu kabuller yapılır:

- Kısa devre süresince, ilgili kısa devre tipinde bir değişiklik olmaz, bir başka deyişle kısa devre esnasında üç faz kısa devresi üç faz olarak kalır ve faz toprak kısa devresi faz toprak kısa devresi olarak kalır.
- Kısa devre süresince ilgili şebekede bir değişiklik olmaz.
- Transformatörlerin empedansı, kademe değiştiricinin ana kademesine göre hesaplanır. Şebeke transformatörlerinin K_T empedans düzeltme faktörü uygulandığı için bu husus kabul edilebilir.
- Ark dirençleri dikkate alınmaz.
- Sıfır bileşen sistemindekiler dışında, bütün hat kapasitansları, şönt admitanslar ve statik yükler ihmal edilir.

Bu kabuller, değerlendirilen güç sistemiyle ilgili gerçeklere tam olarak uymamasına rağmen hesap sonucu, genelde kabul edilebilir doğrulukta sonuçları verme hedefini sağlar [10].

3.3.2 Kısa devre hesaplama yöntemi

IEC60909'un kısa devre hesaplama yöntemi Thevenin teoremine dayanır [11]. Kısa devre noktasındaki eşdeğer gerilim kaynağı hesaplanır ve buna göre kısa devre akımı hesaplanır. Bütün şebeke fiderleri yani asenkron ve senkron makinelerin yerlerine empedansları hesaplanarak konulur. (Pozitif, negatif ve sıfır bileşen empedansları) Tüm kablo kapasitansları ve döner olmayan yüklerin paralel admitansları; sıfır bileşen sistemi dışında göz ardı edilir [9].

Şekil 3.2'de örnek bir sistemin basit şeması verilmiştir. Burada F noktasında oluşan arıza akımlarının hesabı için oluşturulan eşdeğer devre Şekil 3.3'de gösterilmiştir. F noktasındaki gerilim sistemin anma gerilimi olan U_n gerilimidir. Bu gerilim ve oluşturulan eşdeğer devrenin empedansı kullanılarak başlangıç kısa devre akımının (I_k'') değeri hesaplanır. Bu hesaplama işlemini IEC60909 a göre adım adım belirtirsek aşağıdaki şekilde sıralama oluşur.

a- Arıza noktasındaki eşdeğer gerilim hesaplanır. Bu noktadaki gerilim değeri $cU_n/\sqrt{3}$ tür. Burada c katsayısı aşağıdaki etkileri göz önüne almak için kullanılan bir güvenlik faktörüdür.

- Yere ve zamana bağlı gerilim değişimleri
- Transformatör kademelerindeki muhtemel değişimleri
- Yüklerin ve kapasitansların gözardı edilmesi
- Generatör ve motorların subtransiyent (kısa devrenin başladığı andaki) davranışları

b- Arıza noktasının üzerindeki kaynağa doğru eşdeğer doğru bileşen, ters bileşen ve sıfır bileşen empedansları belirlenir ve toplanır.

c- Simetrik bileşenler kullanılarak başlangıç kısa devre akımı hesaplanır.

d- Başlangıç kısa devre akımının (I_k'') rms değeri belirlendikten sonra; i_p (tepe değeri), I_b (simetrik kısa devre kesme akımının rms değeri), i_{dc} (periyodik olmayan bileşen), I_k (sürekli hal kısa devre akımının rms değeri) hesaplanır [9].

Çizelge 3.1: c gerilim katsayısı.

Anma Gerilimi Un	En büyük kısa devre c _{max}	En küçük akımının hesaplanması için c _{min}
Alçak Gerilim 100V ara 1000V a) 230V/400V b) Diğer gerilimler	1,00 1,05	0,95 1,00
Orta gerilim >1 kV ara 35 kV	1,10	1,00
Yüksek gerilim >35 kV ara 230 kV	1,10	1,00
Not: c _{Un} , güç dizgeleri aygıtları için Um en büyük geriliminden büyük olmayacaktır.		

3.3.4 Minimum kısa devre akımları

Minimum kısa devre akımının hesabında aşağıdaki koşullar göz önüne alınmalıdır.

- Şebekede izin verilen minimum gerilime izin veren c_{min} faktörünün seçilmesi gerekir. c_{min} faktörü Çizelge 3.1’den seçilir.
- Kısa devre noktasındaki kısa devre akımını minimum olmasını sağlayan ve kaynakların ve şebeke fiderlerinin minimum katılımının olduğu şebeke konfigürasyonu seçilir.
- Motorlar göz önüne alınmaz.
- Baraların ve akım transformatörü vb.. empedansları hesaba katılarak minimum kısa devre etkisi sağlanır.
- Hatların dirençleri R_L görülebilir en yüksek sıcaklık için hesaplanır.

$$R_L = \left[1 + \frac{0.004}{\alpha_c} (\theta_s - 20 \text{ } ^\circ\text{C}) \right] \times R_{L20} \quad (3.1)$$

Burada R_{L20} hatların 20 °C deki dirençleri, θ_e de kısa devre sonunda iletken için izin verilen maksimum sıcaklık (°C) değeridir.

3.3.5 DIgSILENT yazılımında kısa devre hesapları

DIgSILENT yazılımı kısa devre hesaplamalarında beş farklı metot kullanabilmektedir.

- VDE012 ye göre
- IEC60909 a göre
- ANSI ye göre (Amerikan ANSI/IEEE C37 standardı)
- Tam Kısa Devre Hesabı (Süperpozisyon Metodu)
- IEC61163 e göre

Bu tezde kısa devre hesaplama metodu olarak IEC 60909 standardı kullanılacak ve tanımlar da bu standarda uygun olacaktır. DIgSILENT programında şu hata tipleri için hesaplamalar yapılabilir:

- 3 faz kısa devresi
- 2 faz kısa devresi
- Faz toprak kısa devresi
- 2 faz toprak kısa devresi
- Faz – Nötr Kısa Devresi
- Faz – Nötr- Toprak Kısa Devresi
- 2 Faz – Nötr Kısa Devresi
- 2 Faz – Nötr – Toprak Kısa Devresi
- 3 Faz – Nötr Kısa Devresi
- 3 Faz – Nötr – Toprak Kısa Devresi
- 3 Faz Kısa Devresi (Dengesiz)

3.4 DIgSILENT Yazılımı ile Motora Yolverme Analizi

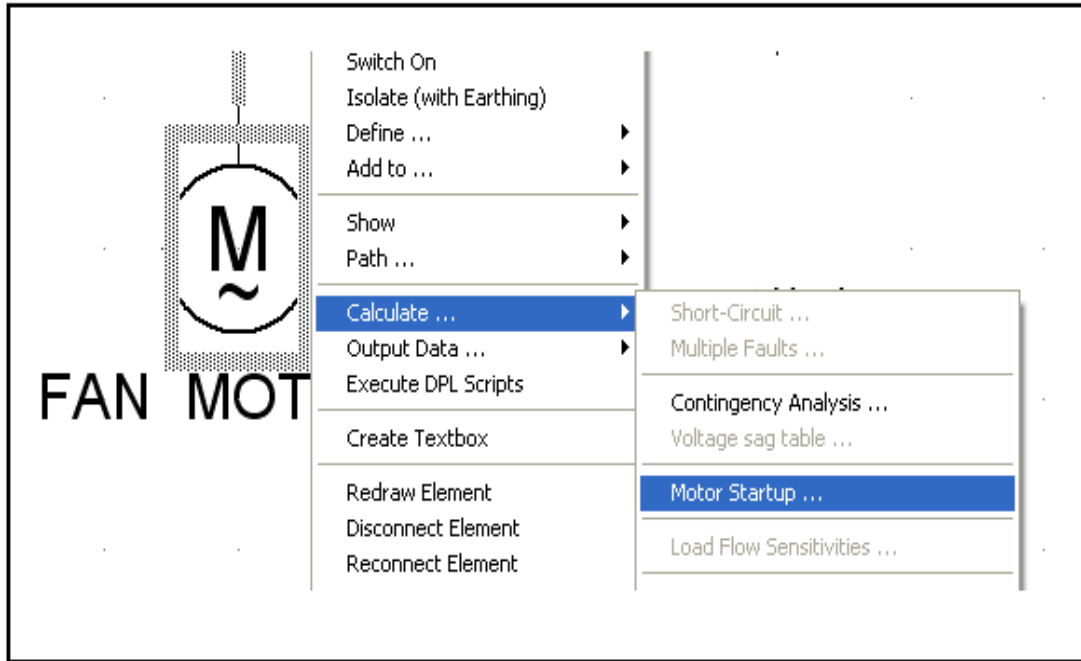
DIgSILENT yazılımının kendi kütüphanesinde modellenmiş çeşitli güç, gerilim ve frekans değerlerine sahip elektrik motorları bulunmaktadır. Bu motorlar eğer yazılımda tasarlanan güç sistemine uygunsa kullanılabilir. Kütüphanedeki motorlardan başka gerekli duyulan özelliklerde motorlar kullanıcı tarafından modellenip projenin kendi kütüphanesi içine eklenebilir. DIgSILENT yazılımının desteklediği motorlar; tek ve çift kafesli asenkron motorlar, sincap kafesli ve bilezikli asenkron motorlar, çift beslemeli asenkron motorlar ve senkron motorlardır.

DIgSILENT yazılımında motorlar için çeşitli yol verme teknikleri bulunmaktadır. Bu yöntemler direk yolverme, yıldız-üçgen yolverme, dirençle yolverme, yumuşak yolvericilerle yolverme, ototransformatör ile yol verme ve ac sürücülerle yolverme yöntemleridir.

DIgSILENT yazılımında motorlara yol verme analizi tranziyent analiz yöntemi ile yapılır. Tranziyent analizde şebeke frekansının sabit kalacağı varsayılır. Şebeke frekansının hissedilir biçimde değiştiği durumlarda, daha kompleks analiz yöntemi olan “Dinamik Simülasyon Fonksiyonları” yöntemi kullanılır.

DIgSILENT yazılımında motorlar için yük çeşitleri tanımlanabilir. Motorlar, fanlar, kompresörler, pompalar gibi değişik yükler için kullanılabilir. Her bir motor için yazılımda bulunan kompozit model özelliği kullanılarak motorlar için sürdükleri yükler modellenip motorun özellikleri arasına eklenebilir.

DIgSILENT yazılımında bir motora yol verme analizi yapmak hazır olan “Motor Startup” komutu vardır. Bu komutla istenen bir motora yol verilerek motorun çektiği akım, devrine ulaşma süresi, beslendiği baradaki gerilim değişimi gibi veriler grafikler üzerinde görülebilmektedir.



Şekil 3.4: Motora yol verme komutu.

Teze konu olan A fabrikasına ait en güçlü motorun yıldız üçgen yol verme metoduyla yol alması sağlanmaktadır. DIgSILENT yazılımında motorlara yıldız üçgen yol verme için hazırlanan şema üzerinde tranziyent analiz için gerekli simülasyon olayları (simulation events) tanımlanır. Simülasyon başlatılarak bu olaylar yazılım tarafından sırasıyla çalıştırılır ve tranziyent motora yol verme analizi yapılmış olur. Şekil 3.5’de bir motora yıldız üçgen yol verme ile ilgili olayların tranziyent analiz penceresi ve ilgili olaylar gösterilmiştir.

Name	Time	Object	Out of Service	Object modified	Object
Motor Switch	5.	motor_switch	☐	10/21/2013 11:46:55	
Parameter Event	5.	FAN_160BL100	☐	10/21/2013 11:47:05	
Parameter Event(1)	47.	FAN_160BL100	☐	10/22/2013 12:09:03	

Şekil 3.5: Tranziyent analizde yıldız üçgen yolverme olayları.

Şekil 3.5’deki 3 adet olay şöyledir: Simülasyonun 5. Saniyesinde motora ait anahtarı (kontaktör) kapatır ve yıldız bağlantıya geçirir. 47 saniye yıldız bağlantıda çalıştıktan sonra motoru üçgen bağlantıya geçirerek normal çalışması sağlanır. Şekil 3.6’da motor anahtarının kapatılması olayı gösterilmiştir.

ANSI Short-Circuit | IEC 61363 | RMS-Simulation | EMT-Simulation

Harmonics | Optimization | State Estimator | Reliability | Description

Basic Data | Load Flow | VDE/IEC Short-Circuit | Complete Short-Circuit

☐ Out of Service

Execution Time

Absolute

hours: 0 h

minutes: 0 m

seconds: 5 s

Breaker or Element: ... \Cub_4(1)\motor_switch

Action:

☐ Open

☒ Close

☒ All Phases

Şekil 3.6: Motor anahtarının (kontaktör) kapatılması olayı.

Şekil 3.7’de yıldız bağlantının yapılması ile ilgili olay penceresi gösterilmiştir.

Parameter Event - ...evre\Simulation Events\Fault\Parameter Event.EvtParam *

Complete Short-Circuit | ANSI Short-Circuit | IEC 61363 | RMS-Simulation | EMT-Simulation
Harmonics | Optimization | State Estimator | Reliability | Description
Basic Data | Load Flow | VDE/IEC Short-Circuit

☐ Out of Service

Execution Time

Absolute

hours: 0 h
minutes: 0 m
seconds: 5. s

Element: Grid\FAN_160BL100

Name of Variable: i_star

New Value: 1

☐ Interrupt Simulation at precise time
☐ Recompute System-Matrix
☐ Recompute Dependent Parameter

OK Cancel

Şekil 3.7: Yıldız bağlantı olayı.

Şekil 3.8’de motorun yıldız bağlantıdan üçgen bağlantıya geçmesi olayını tanımlayan olay penceresi gösterilmiştir.

Parameter Event - ...re\Simulation Events\Fault\Parameter Event(1).EvtParam

Complete Short-Circuit | ANSI Short-Circuit | IEC 61363 | RMS-Simulation | EMT-Simulation
Harmonics | Optimization | State Estimator | Reliability | Description
Basic Data | Load Flow | VDE/IEC Short-Circuit

☐ Out of Service

Execution Time

Absolute

hours: 0 h
minutes: 0 m
seconds: 47. s

Element: Grid\FAN_160BL100

Name of Variable: i_star

New Value: 0

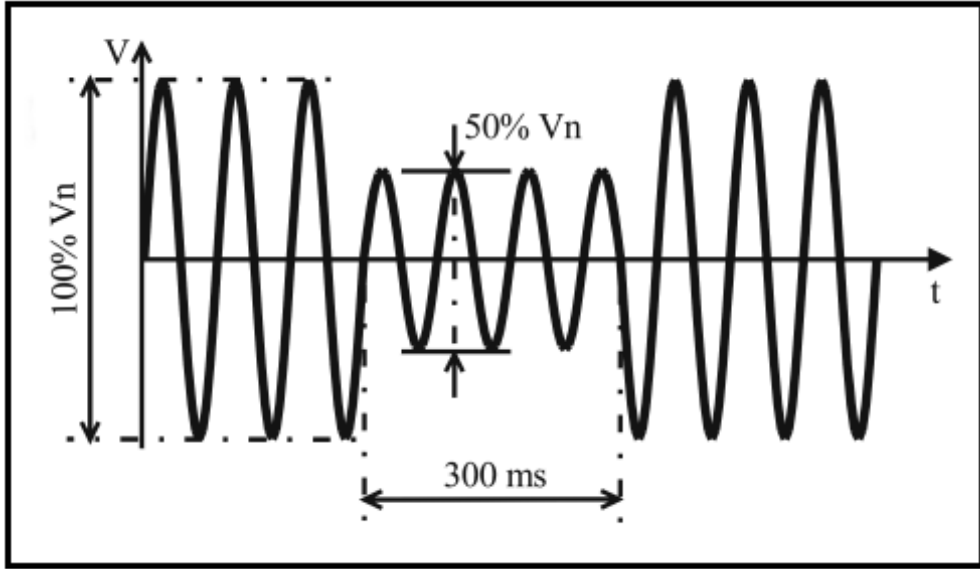
☐ Interrupt Simulation at precise time
☐ Recompute System-Matrix
☐ Recompute Dependent Parameter

OK Cancel

Şekil 3.8: Üçgen bağlantıya geçme olayı.

4. ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMLERİNDE GERİLİM ÇÖKMESİ

Gerilim Çökmesi (Voltage Sag – Voltage Dip); kısa devreler, aşırı yüklenmeler ve büyük güçlü motorların yol alması sebebiyle gerilimin efektif değerinde meydana gelen kısa süreli düşümlerdir. Gerilim çökmesi IEEE 1159-1995 standardında; güç frekansının 0.5 periyot ile 1 dakika arasında bir sürede, gerilimin efektif değerindeki düşüş olarak tanımlanır ve gerilimin kalan kısmı şeklinde ölçülür. Bir başka deyişle gerilim düşümü; kalan gerilimin nominal değerinin yüzde kaç olduğu belirtilerek ifade edilir. Şekil 4.1 de bir gerilim çökmesinin grafiği gösterilmiştir.

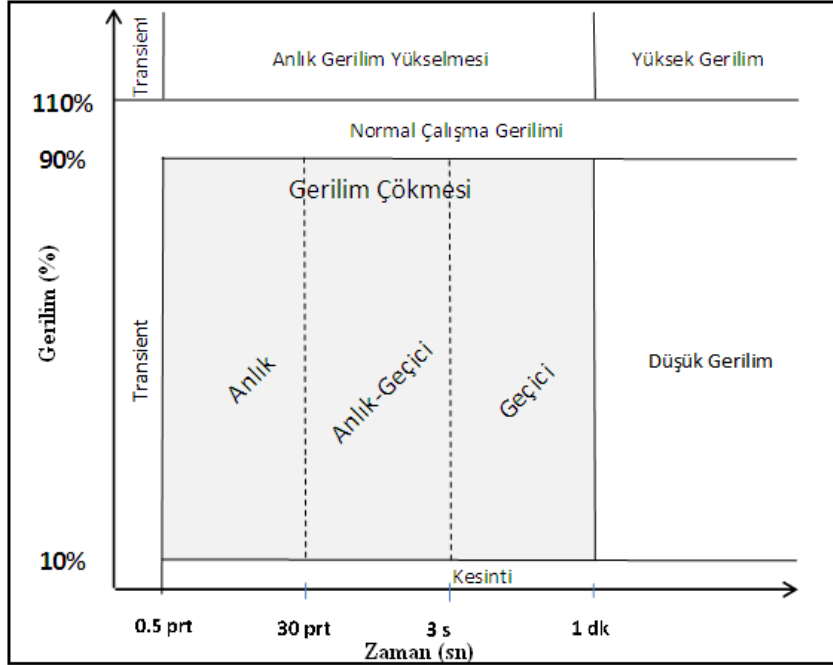


Şekil 4.1: Gerilim çökmesi [4].

Hız kontrol cihazları, proses kontrol cihazları ve bilgisayarlar gibi hassas cihazların varlığı ve önemi, gerilim çökmelerinin karakterize edilmesi ve belirlenmesini zorunlu kılmıştır. Gerilim çökmelerinin endüstriye zararı kısa ve uzun süreli kesintiler kadar olmamakla birlikte, gerilim çökmelerinin sayısının fazlalığı endüstriye verdiği zararın daha fazla olmasına sebep olmaktadır. Kısa ve uzun süreli kesintiler genellikle lokal dağıtım şebekesinden meydana gelirken; gerilim çökmeleri kilometrelerce uzaktaki iletim hatlarındaki kısa devreler yüzünden de meydana gelebilir. Bu yüzden gerilim çökmeleri, kesintilere göre daha global bir sorundur. Kesintileri azaltmak bir fiderdeki geliştirme ile çözülebildiği halde; gerilim

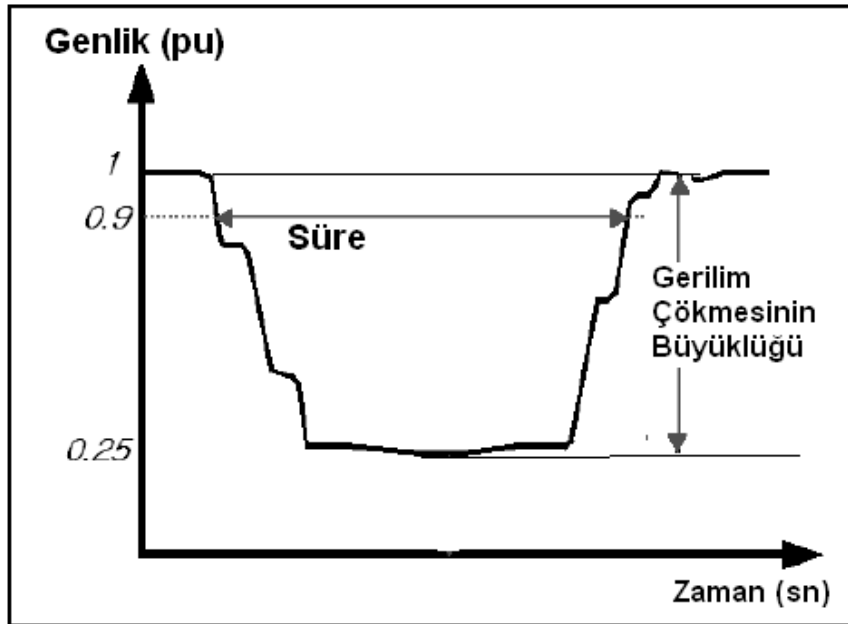
çökmelerini azaltabilmek, çeşitli fiderlerde hatta çok uzaktaki iletim hatlarında geliştirme yapılmasına bağlı olabilir [3].

IEEE standardı 1159-1995'e göre kısa süreli değişimler ve dolayısıyla gerilim çökmesinin sınırları aşağıdaki Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2: IEEE 1159-1995 e göre gerilim çökmesi sınırları.

Gerilim çökmesini karakterize eden iki önemli büyüklük vardır: Gerilim çökmesinin genliği ve süresi. Bu karakteristik Şekil 4.3'de gösterilmiştir.

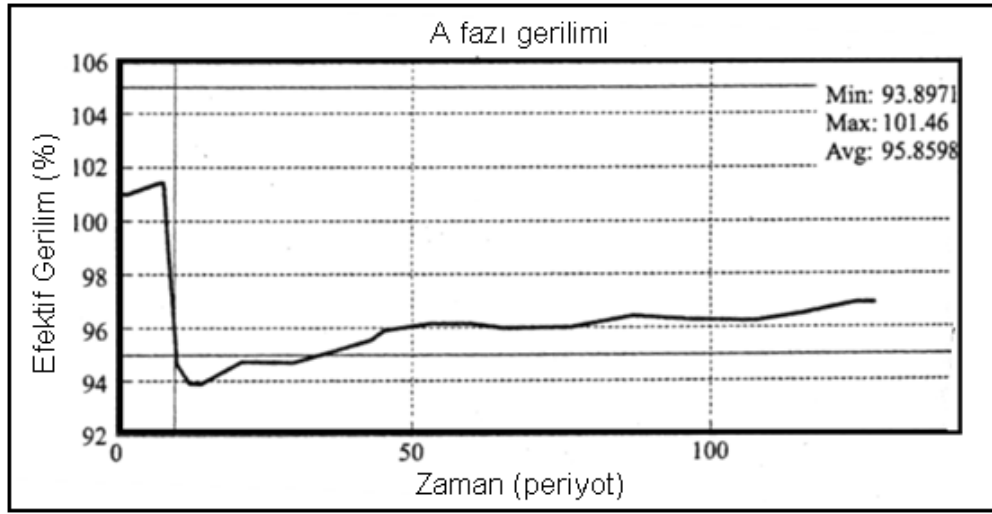


Şekil 4.3 : Gerilim çökmesinin genliği ve süresi [12].

4.1 Gerilim Çökmesinin Nedenleri

Gerilim çökmelerinin büyük bir kısmı kısa devreler sonucu ortaya çıkmaktadır. Kısa devreler sonucu oluşan bu gerilim çökmeleri cihazların arızaya geçme nedenlerinden çoğunluğunu oluşturur. Büyük güçlü motorlara yol verilmesi de gerilim çökmesi olaylarının başlıca nedenlerindendir.

Aşağıdaki şekilde büyük güçlü bir motora yol verme esnasında oluşan gerilim çökmesine ait grafik gösterilmiştir.



Şekil 4.4 : Büyük Güçlü Bir Motora Yol verme Esnasındaki Gerilim Çökmesi [3].

Besleme şebekesinin yetersizliği de gerilim çökmelerinin sebeplerinden biridir. Bu yetersizliği; şebekenin kısa devre gücünün yetersiz olması ve şebekenin yapısının hatalı olması şeklinde de açıklayabiliriz. Yük talebinin yüksek olması, ani yük artışları ve atmosferik olaylar da gerilim çökmelerinin nedenlerindendir.

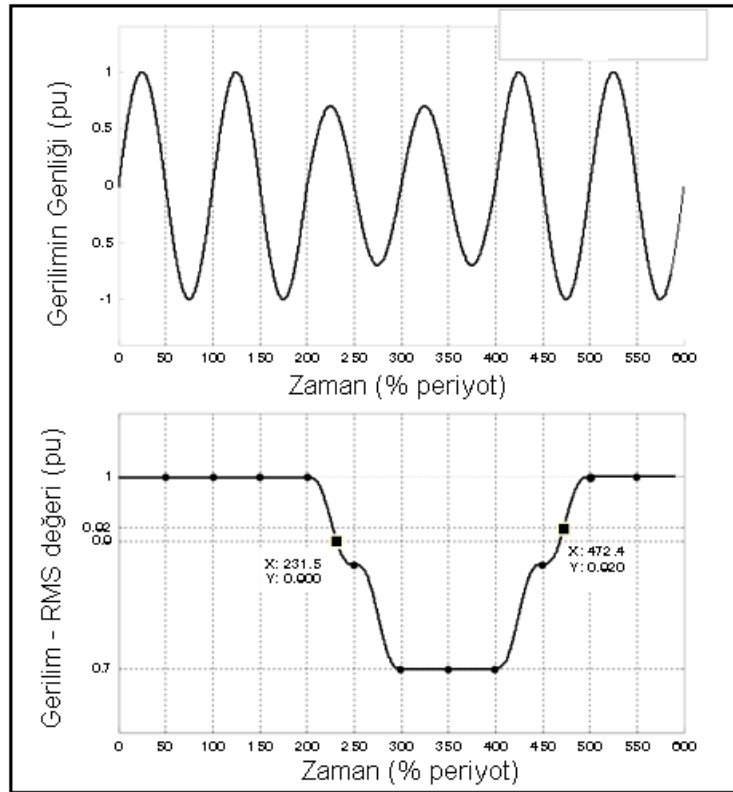
4.2 Gerilim Çökmesinin Büyüklüğü

Gerilim çökmesinin büyüklüğünün hesaplanması için iki ana yöntem vardır. Birinci yöntem; meydana gelmiş gerilim çökmesinin izlenmesi ve elde edilen verilerden örnekler alınarak hesaplamalar yapılması üzerine dayanır. İkinci yöntem ise; teorik olarak gerilim çökmesinin empedans, gerilim kaynağı gibi şebeke verileri üzerinden hesaplanmasına dayanır.

4.2.1 İzleme yöntemi ile hesaplama

Bu yöntemde gerilim çökmesinin büyüklüğü gerilimin efektif değerinden bulunur. Bu hesaplamalar için gerilim çökmesinde zaman domeninde örnek noktalar belirlenir. Gerilim seviyesini ölçmek için değişik yollar vardır. Bu yöntemlerden kesin olan iki tanesi; gerilimin temel bileşeninin (güç frekansının) ve her tam veya yarım periyotta gerilim tepe değerinin bulunması prensibine dayanır. Gerilim dalgası sinüs formunda kaldığı sürece; efektif gerilim, temel gerilim veya gerilimin tepe değerinin bulunması farketmez; fakat çoğunlukla çökme esnasında gerilim sinüs formunda olmaz.

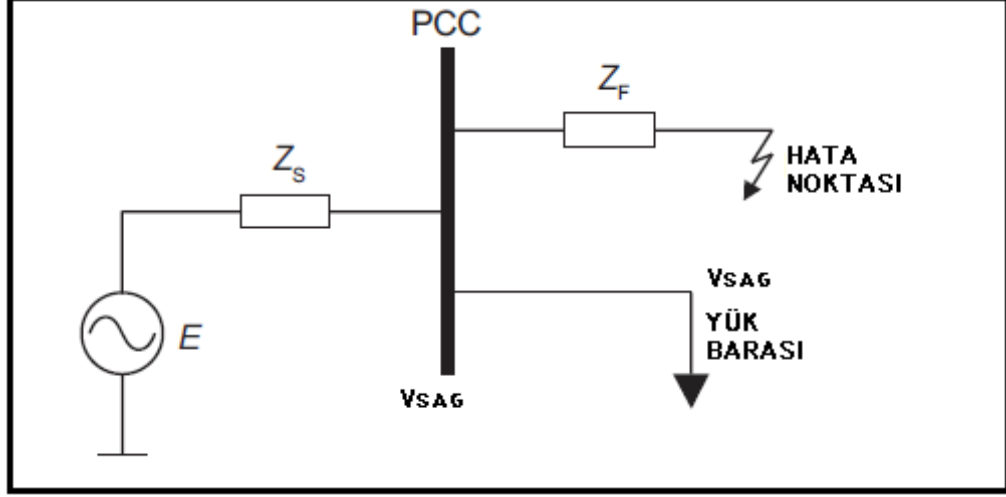
Bu yöntem, proaktif bir yöntemdir. Yani gerilim çökmesi meydana geldikten sonra elde edilen verilerin değerlendirilmesiyle hesaplama yapılmasıdır. Örneğin Şekil 4.5'deki grafikte görülen gerilim çökmesinin hesabı için belli sayıda noktadan örnekler alınarak hesaplanması yöntemine dayanır. Aynı şekilde efektif değer yöntemi ile hesaplama yapıldığında gerilim çökmesinin elde edilen grafiği gösterilmiştir. Bu tezde DIGSILENT yazılımı dağıtım sisteminin modeli üzerinden hesaplamalar yapıldığından, izleme ile hesaplama yönteminden detaylı bahsedilmemiştir.



Şekil 4.5 : Gerilim Çökmesi ve RMS yöntemi ile hesaplanmış değeri [13].

4.2.2 Teorik hesaplama

Radyal şebekelerde gerilim çökmesinin büyüklüğünü hesaplamak için şekil 4.6 ‘da görülen model kullanılır.



Şekil 4.6 : Gerilim çökmesi hesabı için kullanılacak model [3].

Şekil 4.6’daki model çok basit görünmekle beraber; gerilim çökmesinin bazı özelliklerinin tespit edilebilmesi için oldukça iyi bir modeldir. Şekilde görülen Z_s kaynak empedansını gösterir. Z_F ise PCC barasından, arıza noktasına kadar olan empedansı gösterir. Burada gözüken PCC barası genel bağlantı noktası olarak adlandırılabilir. Bu nokta aynı zamanda yük akımının hata akımından ayrıldığı noktadır. Bu modelde arıza öncesi ve sonrasındaki yük akımı ihmal edilir. Yükün uçlarındaki gerilim ve aynı zamanda bu PCC barasındaki gerilim;

$$V_{SAG} = \frac{Z_F}{Z_s + Z_F} E \quad (4.1)$$

Burada $E = 1$ pu olduğundan denklem

$$V_{SAG} = \frac{Z_F}{Z_s + Z_F} \quad (4.2)$$

şekline dönüşür.

Bu denklemlere göre; gerilim çökmesinin büyüklüğü iki empedans değerine bağlıdır: Kaynak empedansı Z_s ve hata yerine kadar olan empedans Z_F . Z_F empedansı hesaplanırken; hata noktasında kadar olan her empedans bu değere eklenmelidir. (4.6) nolu denklemden görüldüğü üzere hata noktası ortak baradan (PCC) ne kadar uzaksa bu baradaki gerilim çökmesi o kadar az hissedilir. Çünkü bu durumda Z_F yani

hata noktasına kadar olan empedans en büyük değerini almaktadır. Şekil 4.6'da gösterilen model 3 faz hataları için uygundur. Faz-toprak ve faz-faz hataları için başka modeller kullanılmaktadır.

4.3 Gerilim Çökmesinin Süresi

Gerilim çökmesinin büyüklüğü kadar süresi de önemlidir. Bu durum gerilim tolerans eğrilerinden de görülebilir. Gerilim çökmesine sebep olan kısa devre hatası temizlendiğinde ya da büyük güçlü motor yol almasını tamamladığında; gerilim de önceki değerine döner. Gerilim çökmesinin süresini belirleyen faktörler; sigorta gibi koruma elemanlarının özellikleri, koruma rölelerinin ayarları ve kesme cihazlarının gecikme süreleridir. Dağıtım sistemlerinde temel koruma olarak aşırı akım koruması yapılmaktadır. Aşırı akım korumasında bir miktar zaman gecikmesi söz konusudur. Akım sınırlayan sigorta gibi elemanlar da böyle bir durum yoktur. Bu elemanlar aşırı akımı yarım periyot içinde kesebilirler. Aşağıda çeşitli koruma elemanlarının arıza temizleme zamanları gösterilmiştir.

Çizelge 4.1: Bazı Koruma elemanlarının arıza temizleme süreleri [3].

Koruma Elemanı	Arıza Temizleme Zamanı
Akım sınırlamalı Sigortalar	Bir periyottan daha kısa
Sigortalar	10-1000 ms
Hızlı Kesmeli Mesafe Rölesi	50 - 100 ms
Diferansiyel Röle	100 - 300 ms
Aşırı Akım Rölesi	200 - 2000 ms

Dağıtım sisteminde bir hata oluştuğunda bu hatanın temizlenmesi; hata yeri öncesindeki koruma elemanının açmasıyla olur. Bu hata temizleme süresi iki sürenin toplamından oluşur: İlgili koruma rölesinin hatayı temizleme süresi ve açma komutu verdiği kesicinin açma zamanı.

$$t_{\text{kesme}} = t_{\text{röle_açma}} + t_{\text{kesici_açma}} \quad (4.3)$$

Hata noktasından önce koruma elemanı olarak sigorta mevcutsa bu süre yani hatayı temizleme süresi yalnızca sigortanın açma zamanına bağlıdır. Bu zaman da sigortanın çalışma eğrisine ve tipine bağlıdır. Bu durumda;

$$t_{\text{kesme}} = t_{\text{sigorta}} \quad (4.4)$$

şeklinde olur.

4.4 Gerilim Çökmesinin Cihazlar Üzerindeki Etkileri

Gerilim çökmelerinin farklı cihazlar üzerinde değişik etkileri olmaktadır. Genellikle elektrikli cihazlar için en iyi çalışma durumu, besleme gerilimlerinin efektif değerinin sabit ve bu gerilim nominal gerilime eşit olduğu durumdur. Elektrikli cihazların gerilim düşümlerinde nasıl davranacaklarına dair CBEMA, ITIC ve SEMIF47 gibi gerilim-tolerans eğrileri oluşturulmuştur. Bu eğriler cihazların hangi gerilim seviyesinde, ne kadar süre ile düzgün şekilde çalışabileceğini gösteren eğrilerdir.

A fabrikasında bulunan yük çeşitleri; transmitterler (enstrümanlar), bilgisayarlar, proses kontrol cihazları, direk yol verilen asenkron motorlar, ac hız sürücüleri, aydınlatmalar, kontaktörler vb. ekipmanlardır.

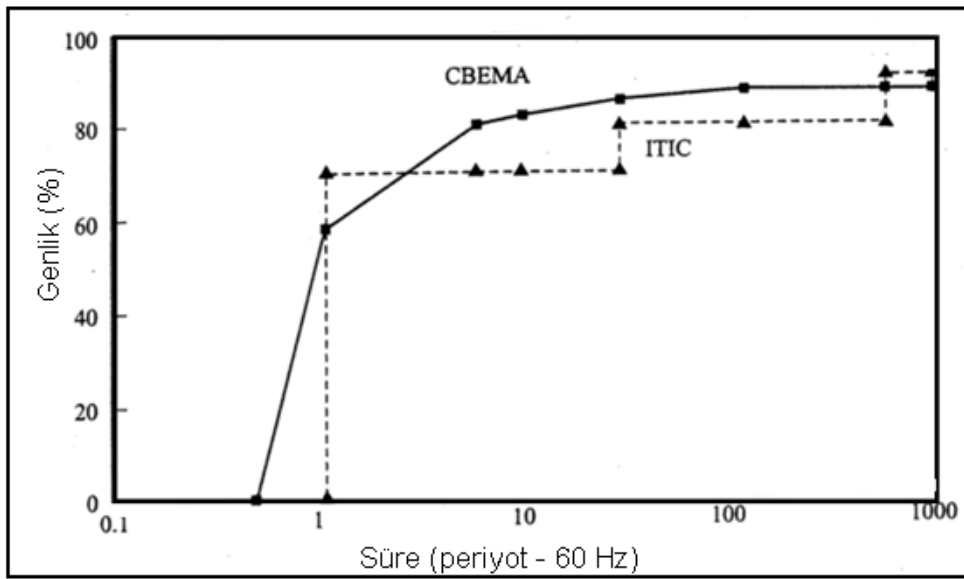
4.4.1 Bilgisayarlar

Bilgisayarlar modern sanayinin ilk akla gelen hayati ekipmanlarındandır. Üretim açısından; prosesin izlenmesi ve kontrol edilmesi bilgisayarlar üzerinden yapılmaktadır. Tesislerde DCS benzeri proses kontrol sistemlerine ait bir veya birkaç ana server ve bu serverlarla çalışan operatör bilgisayarları üretimin izlenmesi ve kontrol edilebilmesi için kritik ekipmanlar sınıfına girmektedir. Kişisel bilgisayarlar, gerilimle ilgili sorunlardan dolayı istem dışı kapansalar bile tekrar kolaylıkla başlatılabilirken; DCS veya benzeri proses kontrol sistemlerine ait bilgisayarlar; gerilim çökmeleri ve kesintilerinden sonra zaman zaman düzgün bir şekilde başlatılamayabilirler. Bu durum bilgisayarlarda çalışan DCS vb kontrol sistem programlarının zor koşan yazılımlar olmasından dolayıdır. CBEMA ve ITIC eğrileri köken itibarıyla bilgisayarlar için tasarlandığından, gerilim çökmelerinde iyi bir analiz araçlarıdır. Genelde bilgisayarlar; nominal gerilimin %10 altındaki gerilim çökmelerine karşı duyarlıdır.

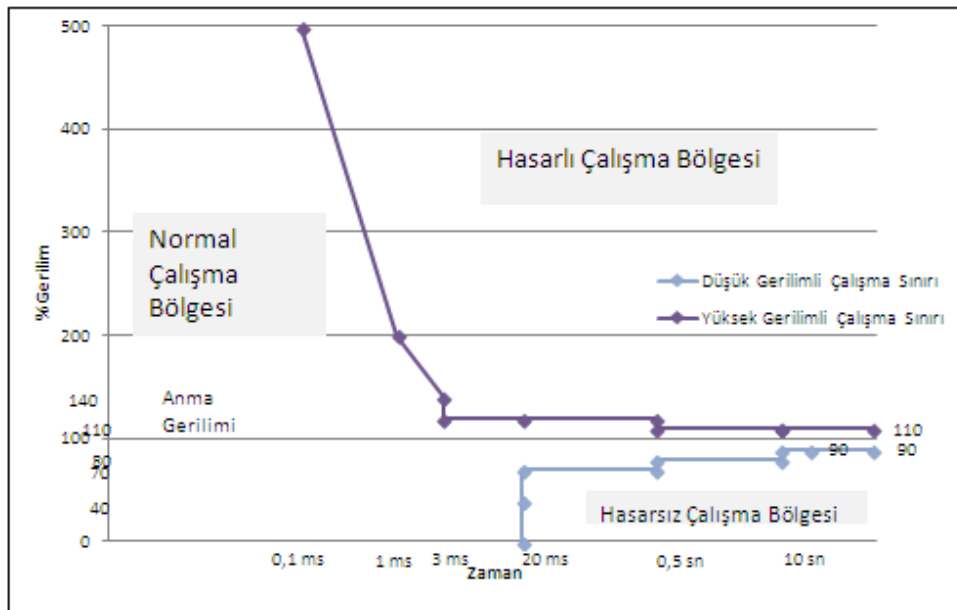
4.4.1.1 CBEMA ve ITIC eğrisi

1978 yılında Thomas Key tarafından ilk defa hassas elektronik cihazların gerilim-tolerans eğrisi geliştirildi. Thomas Key; askeri tesislerde güvenlik açısından gerilim çökmelerinin ana bilgisayarların durmasına sebep olabileceğini ve bu durumun milli güvenlik açısından kesintilerden daha tehlikeli bir tehdit olduğunu gözlemledi. Bu nedenle bilgisayar üreticileriyle görüşerek ve bazı testleri kendisi yaparak bir

gerilim-tolreans eğrisi çıkardı. Nihayetinde bu eğri CBEMA eğrisi adını aldı. Başta bilgisayarlar için geliştirilen bu eğri son haliyle tüm ekipmanlar için de referans alınabilecek bir eğridir. Şekil 4.7’de gösterilen eğriler CBEMA ve ITIC eğrileri olup cihazlar için hatalı-hatasız çalışma alanlarını ikiye ayırırlar.Şekil 4.8’de ise yalnızca ITIC eğrisi gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bu şekilde 2 sınır eğrisi vardır. Düşük gerilimli çalışma eğrisinin altında kalan bölge; cihazların düzgün çalışmayacağı fakat hasar da görmeyeceği bölgedir. Yüksek gerilimli çalışma sınırı eğrisinin üzerinde kalan bölge cihazların yüksek gerilimden dolayı hasar göreceği bölgedir. Bu iki eğri arasında kalan bölge ise cihazlar için normal çalışma bölgesidir.



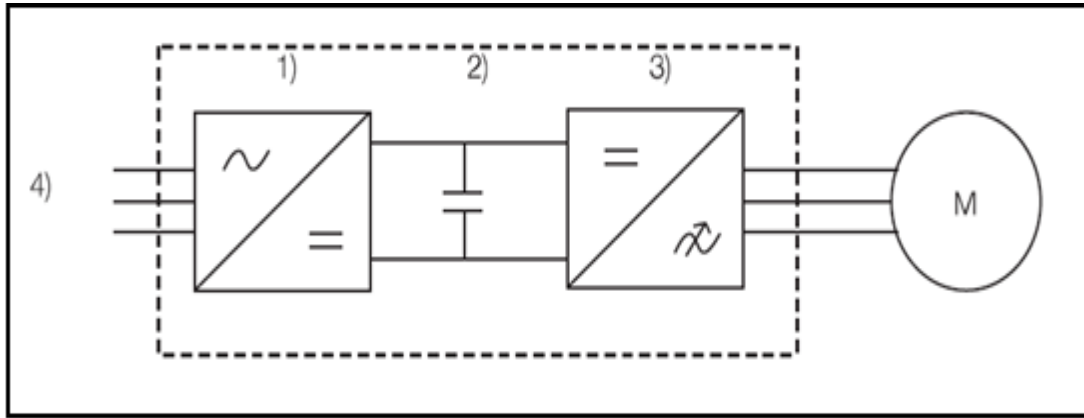
Şekil 4.7 : CBEMA ve ITIC eğrisi [3].



Şekil 4.8: ITIC eğrisi.

4.4.2 AC sürücüler

AC sürücüler endüstride ve ticari alanlarda; sıkça kullanılan ekipmanlardır. 0,25 kW gibi küçük güçlerden MW mertebesine varan güçlerde üretilmektedirler. Sürücü üreticilerinin kataloglarına bakıldığında AC sürücülerin sürekli halde nominal gerilimin %90 değerine kadar düzgün çalışabileceği görülmektedir. AC sürücüler; motorların hızını gerilimin büyüklüğünü ve çıkış frekansını değiştirerek kontrol ederler. Düşük hızlarda frekansla beraber gerilimi de düşürerek hız kontrolü yaparlar. Motorları nominal hızlarının üstünde çalıştırabilmek için çıkış frekansını artırabilirler fakat çıkış gerilimini nominal gerilimin üstüne çıkarmaları mümkün değildir. Aşağıdaki şekilde (Şekil 4.9) bir AC sürücünün şeması görülmektedir.



Şekil 4.9: Bir AC Sürücünün Şeması 1) Doğrultucu 2) DC-Link 3) Evirici 4) Besleme.

AC sürücülerin gerilim çökmeleri yüzünden arızaya geçmesinin 4 nedeni vardır [3].

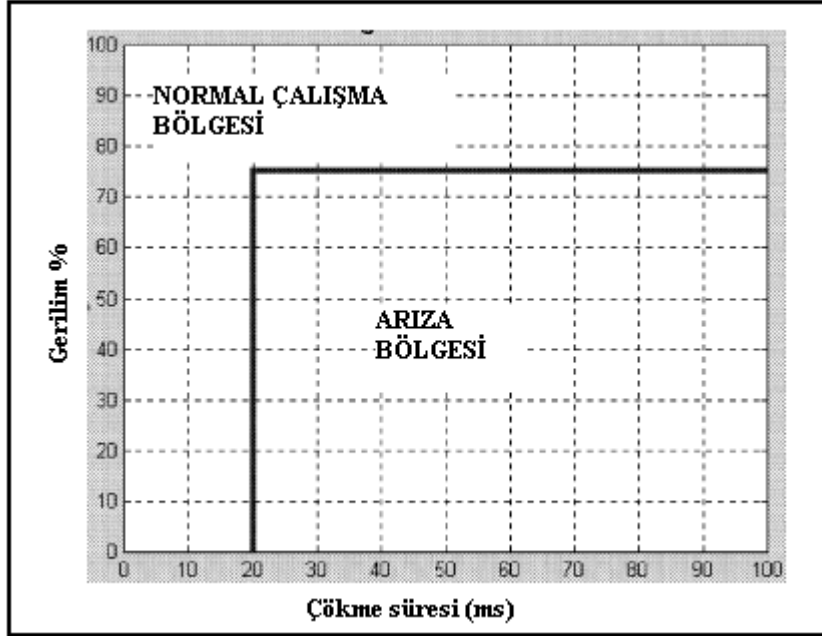
Birincisi; sürücülerin kontrol kartları gerilim çökmelerine karşı hassastır. Bu kontrol kartları AC sürücü içindeki DC-Link denilen gerilimin doğrultulduğu kısımdan beslenmektedir. Eğer bu besleme kontrol kartı için gerekli besleme gerilimini sağlayamazsa , sürücü emniyet açısından arıza konumuna geçer yani yükü beslemez.

İkinci neden; gerilim düşüklüğü nedeniyle DC-Linkteki kondansatörlerin deşarj olması ve düşük gerilim nedeniyle sürücü arıza konumuna geçmesidir.

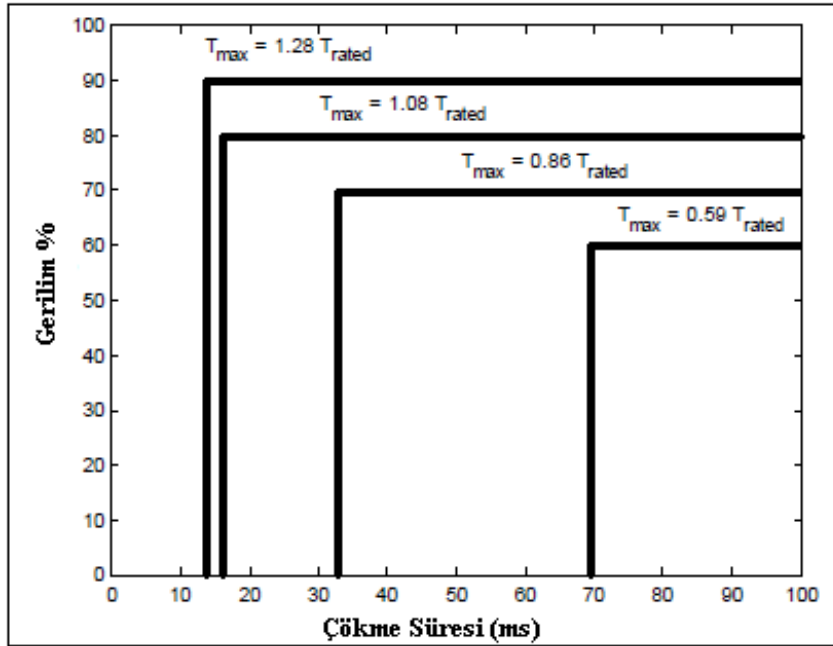
Üçüncü neden; gerilim çökmesi esnasındaki artan ac akımlar veya çökmeden sonraki aşırı akımların dc baradaki kapasitörleri aşırı doldurması veya güç elektroniği kartlarının koruyan sigortaların atmasıdır.

Dördüncü neden motor tarafından sürülen ekipmanın gerilim çökmeleri yüzünden oluşan hız ve moment değişimlerini tolere edememesidir.

AC sürücüler için de değişik gerilim tolerans eğrileri çıkarma çalışmaları mevcuttur. Şekil 4.10'da ac sürücüler için genel bir gerilim-tolerans eğrisi gösterilmiştir. Hız sürücülerinin yüklenme durumlarına göre gerilim-tolerans eğrileri değişiklik gösterir. Değişik yük durumları için çıkarılmış olan gerilim tolerans eğrileri Şekil 4.11'de gösterilmiştir.



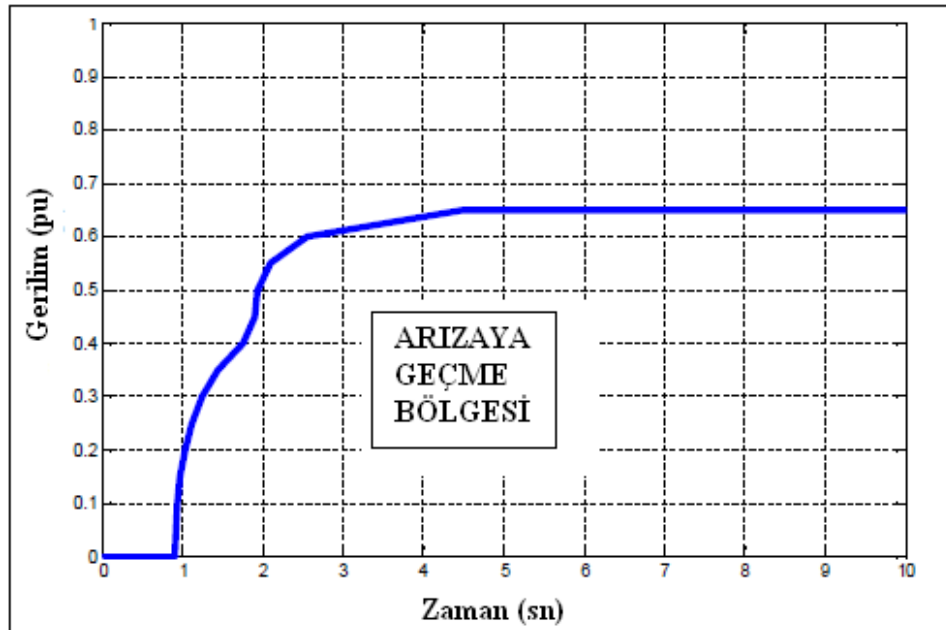
Şekil 4.10 : AC sürücüler için tipik gerilim-tolerans eğrisi [14].



Şekil 4.11 : Hız sürücüleri için farklı yük momentinde gerilim tolerans eğrisi [15].

4.4.3 Direk yol verilen asenkron motorlar

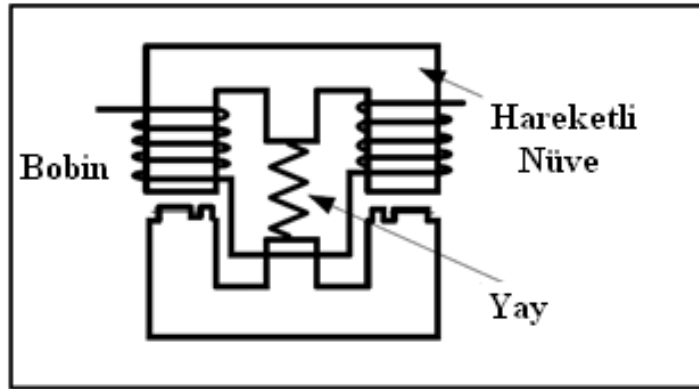
Endüstride hız kontrol cihazları çok sıklıkla kullanılıyor da olsa; halen asenkron motorların büyük çoğunluğu ya doğrudan ya da yıldız üçgen yol verme yöntemi ile sabit gerilim ve frekansta şebekeden beslenmektedir. Doğrudan beslenen asenkron motorlar, hız sürücüleriyle kontrol edilen motorlara göre; gerilim çökmelerinde daha az hassastırlar. Yalnızca aynı alçak gerilim baralarından çok sayıda motor doğrudan besleniyorsa, gerilim çökmeleri bu motorlar için sıkıntı oluşturabilir. Asenkron motorların çıkış torku; besleme gerilimlerinin karesi ile doğru orantılıdır. Besleme gerilimindeki düşüş, motorun üreteceği torkun düşmesine sebep olacaktır. Eğer yük de sabitse, bu motorun hızının düşmesine sebep olacaktır. Genelde motorlar devrilme momentinin yarısı kadar bir yükte çalışırlar. Eğer besleme geriliminin değeri %70 ve altına kadar düşerse motorlar karalı bir noktada çalışamayıp durabilirler. Fakat endüstride doğrudan çalışan motorlar nadiren hız konusunda hassastırlar ve bu durum çoğu zaman proses için kritik bir durum oluşturmayabilir. Asenkron motorlar için yük durumu göz önüne alınarak değişik gerilim tolerans eğrileri çıkarılmıştır. Yük momentinin motor hızına orantılı olmasına ya da sabit olmasına göre gerilim tolerans eğrileri vardır. Şekil 4.12’de yapılan çalışmalar sonucu bir asenkron motor için çıkarılmış olan gerilim tolerans eğrisi görülmektedir.



Şekil 4.12 : Asenkron motor için çıkarılmış bir gerilim tolerans eğrisi [16].

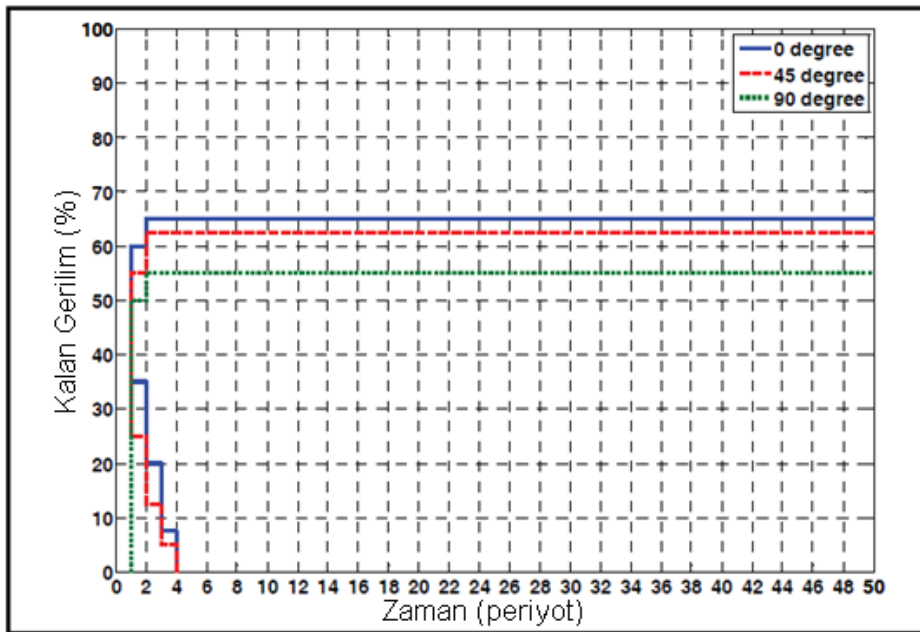
4.4.4 Kontaktörler

Asenkron motorların şebekeden beslenmesi ve kontrol edilebilmesi için kullanılan en genel anahtarlama cihazları kontaktörlerdir. Kontaktörler; bir bobin vasıtasıyla hareket eden kontakları vasıtasıyla motorların besleme gerilimlerini keserler veya beslenmelerini sağlarlar. Bobinler için 24 V, 48 V, 110 V, 220 V ve başka değerlerde AC veya DC beslemeli olabilirler. Kontaktörlerin (Şekil 4.13) kontrolü bu bobinlere gerekli nominal değerde gerilimin sağlanmasıyla veya kesilmesiyle olur.



Şekil 4.13 : Kontaktörün Basit Yapısı [17].

Kontaktörler için üretici kataloglarında sürekli halde nominal besleme geriliminin %85 ine kadar düzgün çalışabileceklerine dair veriler mevcuttur. Kontaktörler için de gerilim tolerans eğrisi çıkarma çalışmaları yapılmıştır. Aşağıdaki şekildeki eğriler de (Şekil 4.14) bu çalışmalardan biri sonucunda elde edilmiş gerilim tolerans eğrileridir.

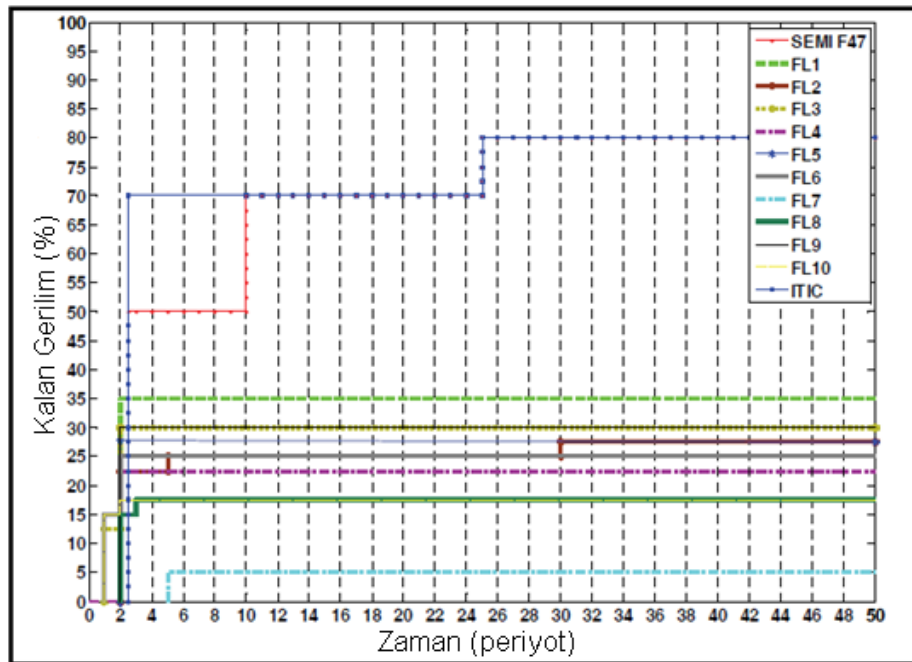


Şekil 4.14: Bir kontaktör için çıkarılmış gerilim tolerans eğrisi [17].

Kontaktörlerin gerilim çökmesine duyarlılığında, gerilim çökmesinin genliği ve süresinin yanında çökmenin başladığı açı da önemli bir parametredir.

4.4.5 Aydınlatma

Gerilim çökmelerine aydınlatmalar genelde kırpışma şeklinde tepki verirler. Bu çoğu zaman ciddi bir kalite problemi değildir. Fakat civa buharlı veya sodyum buharlı lambalar gibi endüstriyel tesislerde ve yol aydınlatmalarında kullanılan lambaların çökme sorunlarında kapanması, üretim içinde ve yol ortamında sıkıntılı durumlar oluşturabilir. Bu tip lambaların tekrar ışık verebilmeleri için soğumalarını beklemek gerekmektedir. Floresan lambalar da gerilim çökmelerine karşı duyarlıdır. Manyetik balastlı floresan lambaların hassasiyetleri, elektronik balastlı floresan lambalara ve kompakt floresan lambalara göre daha fazladır. Elektronik balastlı floresan lambalar kompakt floresan lambalara göre gerilim çökmelerine biraz daha az duyarlıdır [18]. Aydınlatmada kullanılan lambalar için de deneyler sonucu bulunmuş çeşitli gerilim-tolerans eğrileri mevcuttur. Aşağıdaki eğrileri gösteren şekil de (Şekil 4.15) deneysel yollarla bulunmuş bir örnektir.

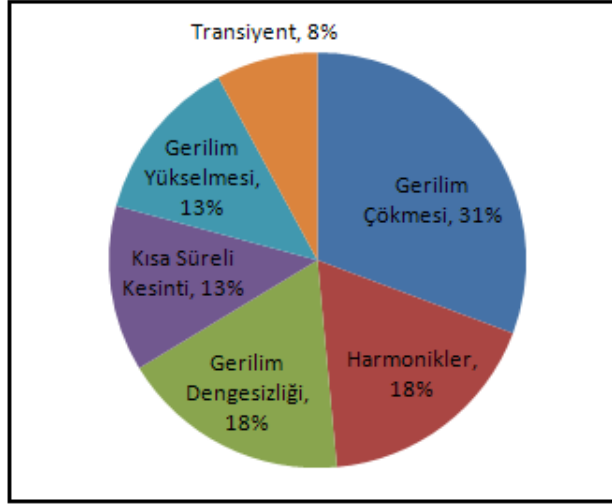


Şekil 4.15 : Floresan lambalar için oluşturulmuş bir gerilim tolerans eğrisi [18].

4.5 Gerilim Çökmesi Olaylarının Maliyeti

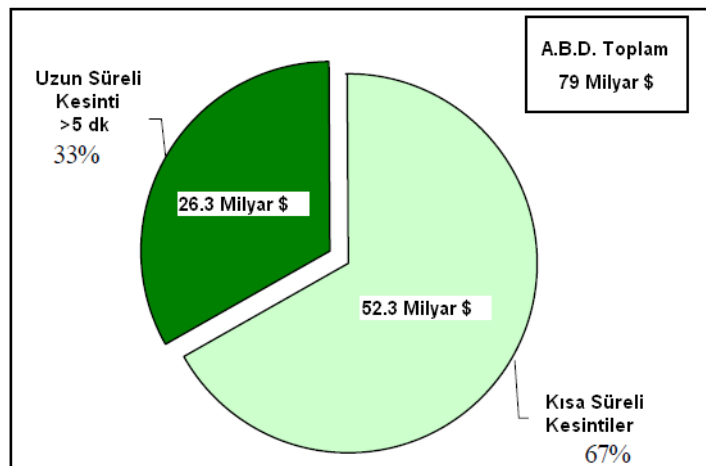
Elektrik enerji kalitesi problemi olarak, gerilim, akım ve frekans değerlerinin limitleri incelenmektedir. Bunların içinde en önemli kalite konusu gerilimin

kalitesidir. Yapılan araştırmalara göre de gerilim kaynaklı elektrik enerji kalitesi sorunları içinde şebekelerde görülen en sık görüleni gerilim  okmesidir [19]. şekil 4.16’da görüldüğü üzere, ekipman arızalarının en çok meydana gelmesine sebep olan elektrik enerji kalitesi problemi gerilim  okmesidir.



şekil 4.16 : Elektrik enerji kalitesi problemleri [19].

ABD’de 2003 yılının ağustos ayında yaşanan uzun sureli elektrik kesintisinin ardından elektrik enerji kalitesi üzerine devlet destekli araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalardan birine göre elektrik enerji kalitesi kaynaklı problemlerden kaynaklanan sorunların toplam maliyetinin yıllık 79 milyar dolar civarında olduğu tahmin edilmektedir. Bu maliyetin elektrik enerji kalitesi problemlerine göre dağılımı şekil 4.17’de gösterilmiştir.



şekil 4.17 : EEK sorunlarının A.B.D’ye yıllık maliyeti [19].

Kısa süreli elektrik kesintileri içinde en sık tekrarlanan elektrik enerji kalitesi probleminin gerilim  okmeleri olduğu şekil 4.16’da görülmektedir. Kısa süreli

elektrik enerji kalitesi problemleri tek tek meydana geldiklerinde meydana getirdikleri zararlar yüksek değildir. Ancak bu tip problemlerin görülme sıklığının yüksek olması, kısa süreli kesintilerin ve dolayısıyla gerilim çökmelerinin endüstri tesisleri ve ev tüketicileri için maliyetlerin artmasına sebep olmaktadır.

Burada görüldüğü üzere gerilim çökmelerinin maliyeti her bir olayda sıfırdan milyonlarca liraya kadar değişebilir. Bu maliyetler sadece çeşitli endüstriyel tesislerinin alanlarına göre değil, piyasaya göre de değişiklik göstermektedir. Nihai ürünün hammaddesinin sınırlı olduğu ve arızadan sonra tekrar yapılmasının çok zor olduğu durumlarda en yüksek maddi zararlarla kar ıla ılabilmektedir [1].

5. BİR ENDÜSTRİYEL TESİSTE GERİLİM ÇÖKMESİ İNCELEMESİ

Bu tezde sözü geçen A fabrikası bir kojenerasyon tesisinden beslenmektedir. Bu kojenerasyon tesisinin tek hat şeması Ek B bölümünde Şekil B.1’de görülmektedir. Bu kojenerasyon tesisinin herbiri 6.3 MVA gücünde 3 adet doğalgazla çalışan generatörü vardır. Bu kojenerasyon tesisinden A fabrikasından başka; Fabrika_1, Fabrika_2, ve Arıtma adı verilen 3 ayrı fabrika daha beslenmektedir. Ayrıca bir adet iç ihtiyaç transformatörü de bu 4 fabrika ile birlikte kojenerasyon tesisinin 34,5 kV’luk ortak ana dağıtım barasından beslenmektedir. Tezde kojenerasyon tesisi ve beslediği tüm fabrikaları ifade etmek için KAMPÜS ifadesi kullanılacaktır. Geçmişte elektrik şebekesinden kaynaklı enerji kalitesi problemleri nedeniyle kojenerasyon tesisinden enerji temin edilmesi tercih edilmiştir. Ayrıca kojenerasyondan elde edilen buhar kampüsteki tüketicilere uygun fiyattan verilmektedir. Böylece A fabrikası da kojenerasyondan buhar temin ederek kazan maliyetlerini düşürmektedir. Kojenerasyon tesisi şebekeye elektrik de satmaktadır. Kojenerasyon tesisinin bakımda olduğu zamanlarda veya kampüsteki fabrikaların genel duruşlarında kojenerasyon tesisindeki generatörler çalışmamaktadır. Bu durumda kampüs yalnızca şebekeden beslenmektedir. Bu çalışma esnasında sık sık gerilim kesilmesi, dalgalanması gibi problemlerden dolayı kampüsteki fabrikalarda sıkıntılar yaşanmaktadır. Bugüne kadar yaşanan bu tip sıkıntılar kojenerasyon tesisinin gerekliliğini açık bir şekilde göstermiştir.

Kojenerasyon tesisi ŞEBEKE_KUPLAJ kesicisi vasıtasıyla şebeke ile paralel çalışmaktadır. Bu durum tezde şebeke ile paralel çalışma durumu olarak isimlendirilecektir. Bazen şebekede problem olabilmektedir. Bu durumda ŞEBEKE_KUPLAJ kesicisi açılarak kojenerasyon tesisi kendi başına kampüsü beslemektedir. Bu durum tezde kojenerasyon ada çalışma durumu olarak ifade edilecektir. Böylece teze konu olan A fabrikasının hem kojenerasyon ada durumunda hem de şebeke ile paralel çalışma durumunda beslenmesi durumu söz konusudur. Ek B bölümünde Şekil B.3’de A fabrikasının OG dağıtım şeması gösterilmiştir. A

fabrikasının DİgSILENT yazılımında oluşturulmuş tek hat şeması ise Şekil B.4’de gösterilmiştir.

Kojenerasyon tesisinde A fabrikasını besleyen kesici A_Kesicisi olarak adlandırılır. Bu kesici kojenerasyon tesisi içerisinde bulunmaktadır. A fabrikasının ana OG dağıtım odası (Şekil 5.1) içinde bulunan A_Giriş_Kuplaj hücresi, A fabrikasını kojenerasyon tesisine bağlar.



Şekil 5.1: A fabrikası ana og dağıtım odası.

Ek B bölümünde Şekil B.2’de A fabrikasının orta gerilim hücrelerinin şemasının birinci sayfası görülmektedir. Şemada görülen 3. hücre A_Giriş_Kuplaj hücresidir. A fabrikasının 7 adet 34,5 kV/0,4 kV dağıtım transformatörü vardır. Fabrikanın tüm yükleri bu transformatörler üzerinden beslenmektedir. Bu transformatörlerin 4 tanesi 1000 kVA, 3 tanesi 1600 kVA gücündedir. Her transformatörün çıkışında MDP (Şekil 5.2) diye isimlendirilen 7 adet alçak gerilim dağıtım panosu vardır.



Şekil 5.2: MDP panosu.

Bu dağıtım panolarından fabrikanın motorları, aydınlatma panoları, kesintisiz güç kaynakları ve diğer bütün yükleri beslenmektedir. Örnek olarak Trafo-3 ün alçak gerilim tarafında bulunan MDP3 panosunun şemasının bir sayfası Ek B bölümünde şekil B.5’de gösterilmiştir. Şemada 5 adet motoru besleyen çekmecelerin tek hat çizimi görünmektedir. MDP panolarından motor dışındaki diğer yükleri beslemek için kullanılan çekmecelerde ise yalnızca sigortalar bulunmaktadır. Ek B bölümünde Şekil B.6’da MDP1 panosunun şemasının birinci sayfası görülmektedir. Şemadan görüleceği üzere bazı motor yükleri kontaktörlü çekmecelerle beslenirken; bazı tali panolar sigortalı çekmecelerle beslenmektedir. A fabrikasındaki 7 adet alçak gerilim panosundan (MDP) beslenen yük çeşitleri Ek B bölümünde Şekil B.7’de gösterilmiştir.

A fabrikasında 6 adet kesintisiz güç kaynağı (KGK) bulunmaktadır. Bu KGKların 3 tanesi 20 kVA, diğer üçü ise 10 kVA gücündedir. KGKlardan üretim için kritik olan ve olası enerji kalitesi sorunlarında arızalanmaları çok pahalıya çıkacak olan yükler beslenmektedir. Bu yükler; kişisel bilgisayarlar, tesisin tüm otomasyonunu sağlayan

DCS sistemine ait server, operatör bilgisayarları ve DCS tarafından kontrol ve ölçüm için kullanılan cihazlar, yangın algılama ve ihbar sistemi, güvenlik kameraları ve acil aydınlatmaların bir kısmıdır. KGKların beslediği yükleri gösteren dağıtım şeması Ek B bölümünde Şekil B.8’de gösterilmiştir.

Ek B bölümündeki Şekil B.3 ve Şekil B.4’teki tek hat şemalarından görüldüğü üzere; A fabrikasına ait bir dizel generatör vardır. Kojenerasyon tesisi A fabrikasını arıza gibi durumlarda besleyemediği zaman bu dizel generator MDP5 barasına kesicisi sayesinde paralel bağlanarak TR5 transformatörünün sekonder tarafını yani 400 V tarafını enerjilendirir. Böylece dizel generatör bu transformatör üzerinden A fabrikasını besler. Bu durum da A fabrikasının dizel generatörden ada çalışma durumu olarak isimlendirilecektir. Bu yukarıda anlatılan üç farklı çalışma durumu aşağıda detaylı olarak anlatılacaktır. Dördüncü olarak kojenerasyon tesisindeki generatörlerin çalışmadığı, kojenerasyonun kampüsü yalnızca şebekeden beslediği durum vardır. Kısaca A fabrikası için besleme açısından dört farklı çalışma durumu mevcuttur:

- Kojenerasyonun şebeke ile paralel çalışma durumu
- Kojenerasyonun ada çalışma durumu
- Yalnızca şebekeden çalışma durumu
- Dizel generatör ada çalışma durumu

Bu yukarıda sayılan durumların ilk üçü kojenerasyon tesisinin şebeke ile çalışma durumlarıdır. Dördüncü durum ise A fabrikasının kojenerasyondan beslenemediği, kendi bünyesinde bulunan dizel generatörden beslendiği durumdur.

A fabrikası ve kojenerasyon tesisinin DiGSiLENT yazılımında modellenmesi için, transformatörler, senkron generatörler, kablolar gibi elemanlarla ilgili teknik özellikler, bu elemanlara ait bilgi formlarından ve üretici firmaların kataloglarından alınmıştır.

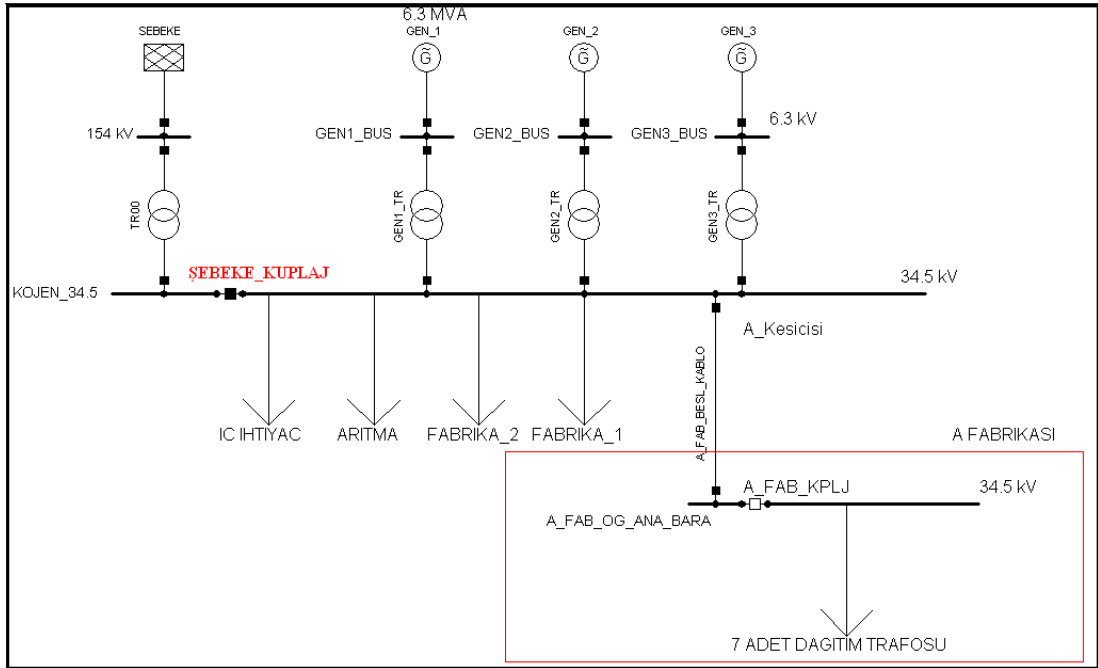
5.1 Farklı Çalışma Durumları

Tesis için, elektrik kesintileri ve şebeke tarafından kojenerasyona doğru gelen problemlerin varlığı veya kojenerasyon tesisindeki arıza durumlarına göre dört değişik çalışma durumları mevcuttur. Bu çalışma durumlarından 5. Bölümün başında

kısaca bahsedilmiştir. Bu kısımda tek hat şemaları verilerek bu çalışma durumlarından bahsedilmektedir.

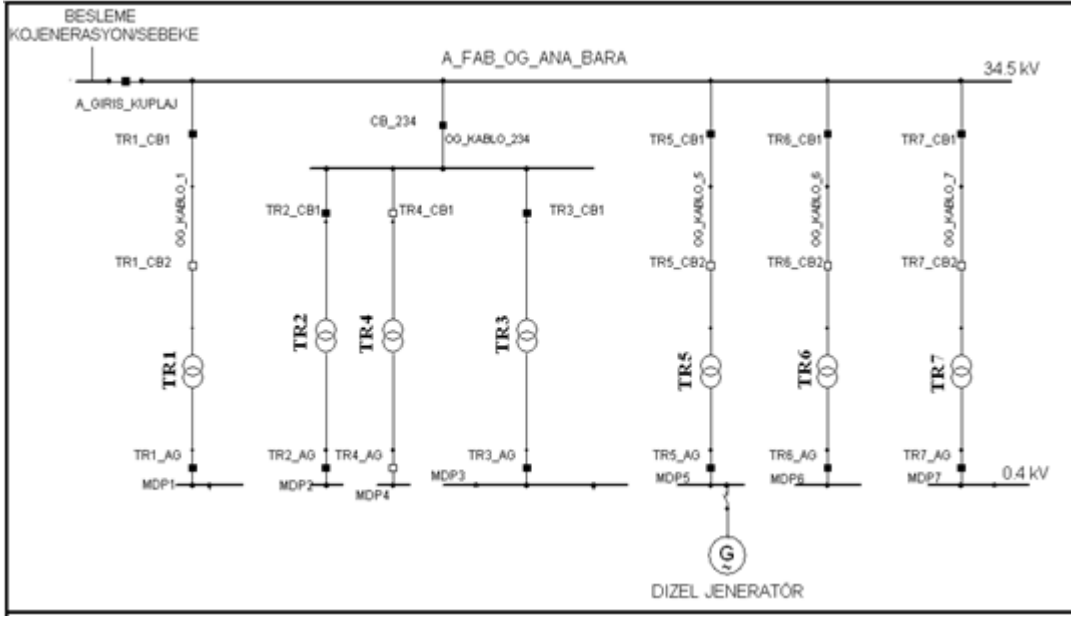
5.1.1 Şebeke ile paralel çalışma durumu

Bu durumda; kojenerasyon tesisi ve şebeke arasındaki kuplaj kurulu ve tüm kampüs şebeke ve kojenerasyonun paralel çalışması esnasında beslenmektedir. Paralel çalışma esnasında hem kampüs beslenmekte hem de şebekeye elektrik satılmaktadır. Şebeke ile paralel çalışma durumunda kampüsün tek hat şeması şekil 5.3’de gösterilmiştir.



Şekil 5.3: Şebeke ile kojenerasyon tesisinin paralel çalışma durumu.

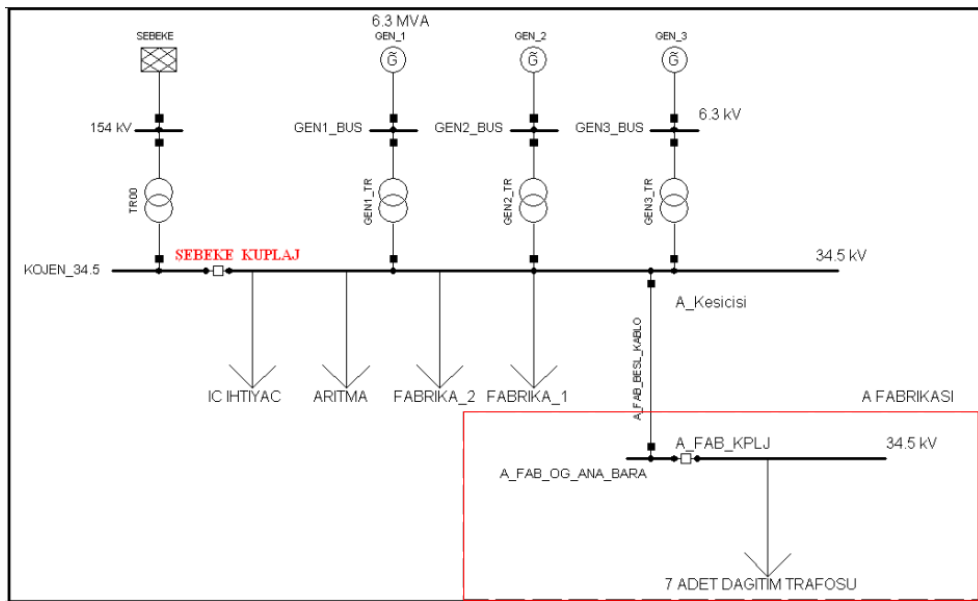
Şebeke ile paralel çalışma durumunda A fabrikasının tek hat görünümü Şekil 5.4’deki gibidir.



Şekil 5.4 : Şebeke ile paralel çalışma durumunda A fabrikası tek hat şeması.

5.1.2 Kojenerasyonun ada çalışma durumu

Zaman zaman şebekede yaşanan sıkıntılar, kojenerasyon tesisinin devreden çıkmasına ve kampüste beslenen fabrikalara gerilim dalgalanmaları şeklinde yansımaktadır. Bu durumda kojenerasyon ile şebeke arasındaki kuplaj hücresi (SEBEKE_KUPLAJ) açılarak, kampüs ada çalışma durumuna geçirilir ve sadece kojenerasyon tarafından beslenir. Şebekedeki sıkıntı ortadan kalkınca, kojenerasyon ile şebeke tekrar paralel çalışmaya başlamaktadır. Ada çalışma durumunda kampüsün tek hat şeması şekil 5.5'te gösterilmiştir.



Şekil 5.5: Kojenerasyon ada çalışma durumu.

Ada çalışma durumunda A fabrikasının tek hat görünümü aynıdır. Bu durumda A fabrikası da sadece kojenerasyon tesisinden beslenir.

5.1.3 Dizel generatörden çalışma durumu

Şebekedeki bazı sıkıntılar kojenerasyonun devreden çıkmasına sebep olabilmektedir. Aynı zamanda, şebekeden kojenerasyon tesisini besleyen İTM de devre dışı kalabilmektedir. Bu gibi durumlarda kampüs ne şebekeden ne de kojenerasyon tesisinden beslenebilmektedir. Bu kesintide A fabrikasında bulunan dizel generatör (Şekil 5.6), generatör transfer panosu (Şekil 5.7) vasıtasıyla tesis ana O.G. odasında bulunan kuplaj hücresi (Şekil 5.8 - A_GIRIS_KUPLAJ) açıldıktan sonra devreye girer.



Şekil 5.6 : Dizel generatör.



Şekil 5.7 : Generatör transfer panosu.



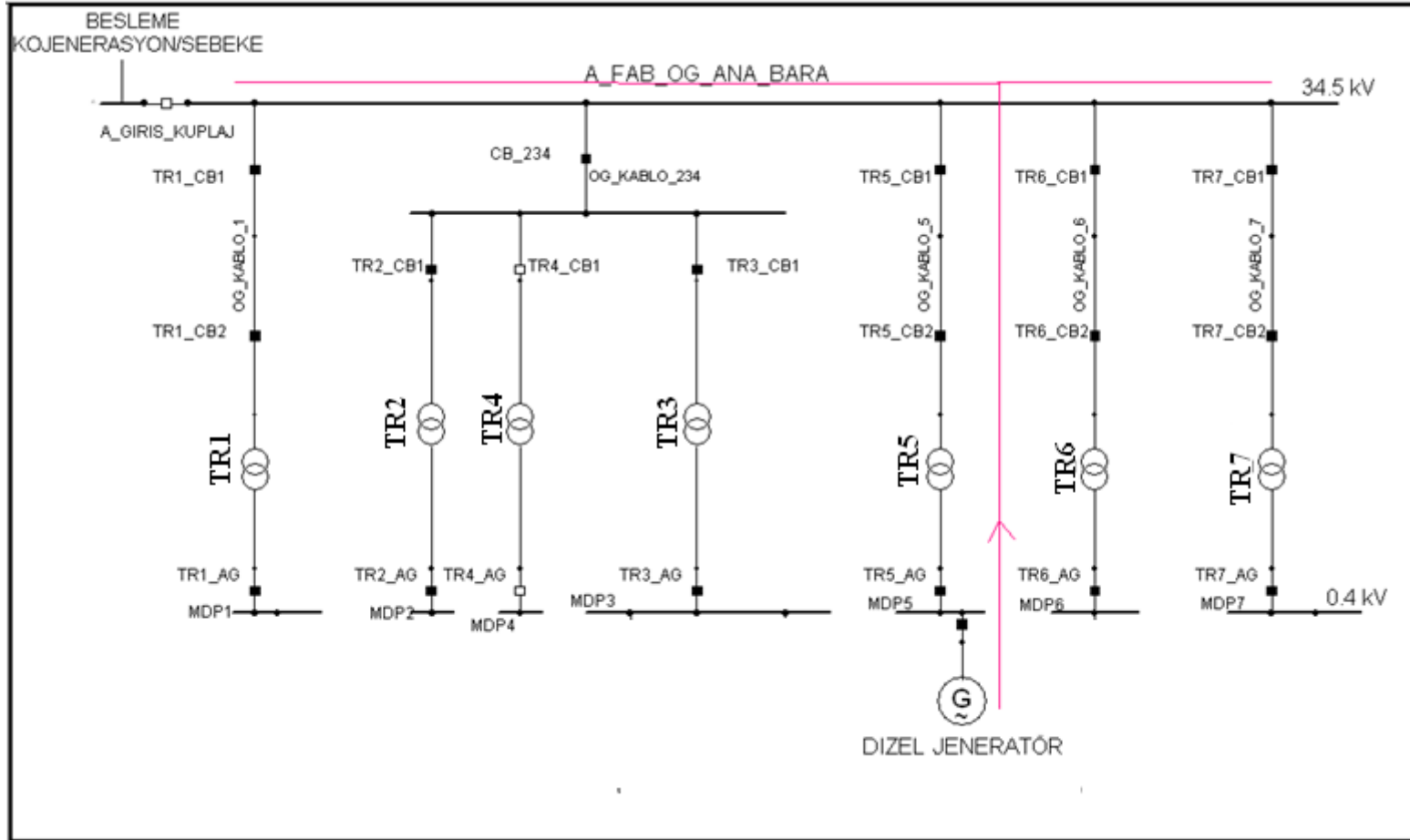
Şekil 5.8 : A fabrikası kuplaj hücresi.

Dizel generatör, Trafo-5 in 0,4 kV çıkışında bulunan MDP5 barasına Generatör Kesici Paneli (Şekil 5.9 - DG_KESICI) ile paralel bağlanır. Böylece, Trafo-5 üzerinden 0,4 kV gerilim 34,5 kV gerilime yükseltilerek tesisin O.G. baralarına 34,5 kV gerilim uygulanır. Bu sayede tesisteki tüm transformatörler enerjilendirilmiş olur.

A fabrikasının dizel generatörden çalışma durumundaki tek hat şeması şekil 5.10'da gösterilmiştir.



Şekil 5.9 : Dizel generatör kesici kabini.



Şekil 5.10: A fabrikasının dizel generatörden çalışma durumunda tek hat şeması.

Dizel generatörden çalışma durumunda tesiste üretim yapılamamaktadır. Dizel generatör yalnızca sürekli çalışması gereken kritik yüklerin beslenmesi için kullanılmaktadır.

Tesiste her zaman çalışması gereken kritik motor ve yükler dizel generatör ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Sürekli çalışması gereken yükler şunlardır:

- İçinde ürün bulunan tanklardaki karıştırıcı motorları
- Arıtma tesisinde bulunan karıştırıcı ve havalandırma motorları
- Aydınlatmalar
- Otomasyon sistemine ait bilgisayar ve enstrümanların beslendiği kesintisiz güç kaynakları (KGKlar)
- Aniden durması sıkıntı yaratan ve belli proses işlemleriyle kademeli olarak durdurulan motorlar

Kojenerasyon tesisi ve/veya şebeke üzerinden tesise enerji verildiğinde; kuplaj hücresinden önce yer alan ölçü hücresi vasıtasıyla gerilim olduğu sinyali generatör transfer panosuna iletilir. Generatör transfer paneli dizel generator devreden çıkarıp, tesis ana orta gerilim odasındaki kuplaj hücresini kurarak tesisin kojenerasyondan beslenmesi işlemini yerine getirir.

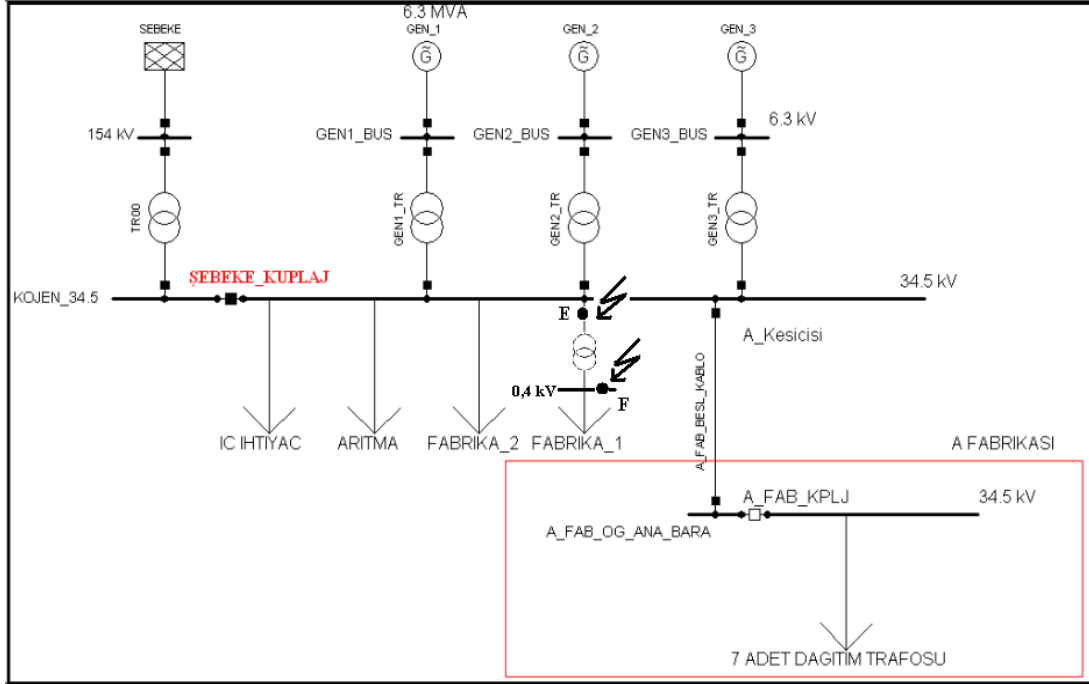
5.1.4 Yalnızca şebekeden çalışma durumu

Bu durumdaki hesaplamalar 1. Durum olan şebeke ile paralel çalışma durumu ile benzer olacağından bu durum için ayrıca hesaplamalar yapılmayacaktır.

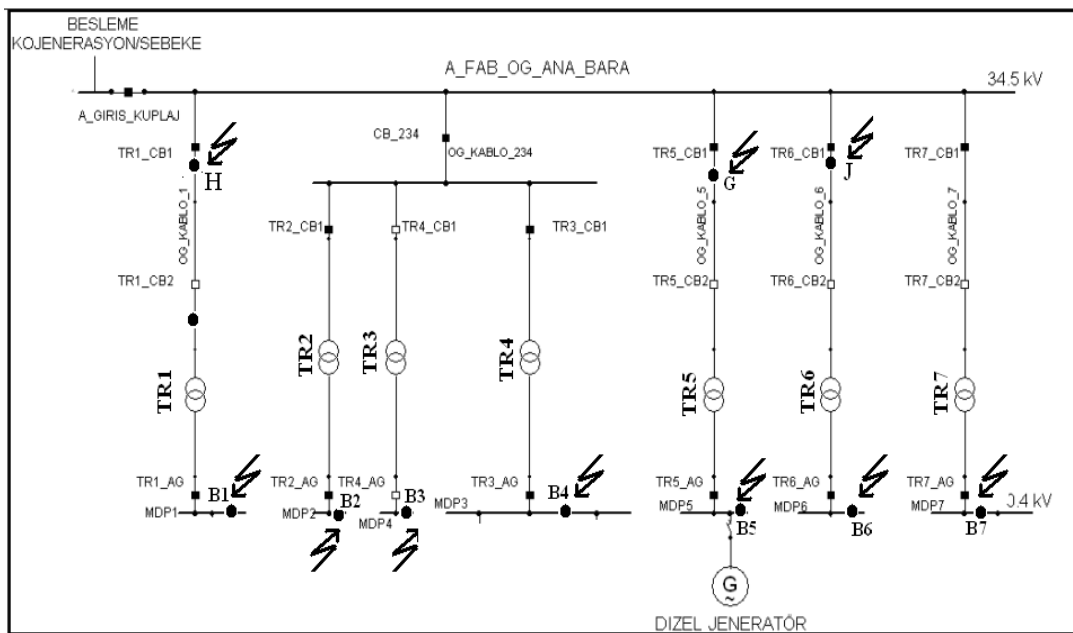
5.2 Kısa Devre Hataları Sonucu Gerilim Çökmeleri

Burada, şebeke ile kojenerasyonun paralele çalışma, sadece kojenerasyondan beslenme, dizel generatörden beslenme durumlarında IEC 60909'a göre 3 faz ve 1-faz toprak kısa devre analizleri yapılmaktadır. Kısa devreler sonucunda, tesiste bulunan 7 adet alçak gerilim panosunda (MDP panoları) oluşan gerilim çökmeleri incelenmektedir. Arızalar nedeniyle; arıza noktasında oluşan I_k akımları, arızanın temizlenme süreleri (röle trip süresi), kesiciden dolayı oluşan gecikme zamanları, ve arıza esnasında gerilim durumu incelenen baraların kV ve yüzde olarak gerilim değerleri tezin eklerinde verilmektedir. Kısa devre analizinden tüm baralar için

maksimum kısa devre akımları sonucu oluşan gerilim çökmeleri incelenmiştir. Kısa devre hataları, Şekil 5.11’de ve Şekil 5.12’de gösterilen B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, E, F, G, H, J noktalarında oluşturulmaktadır. E ve F noktaları ise kojenerasyondan beslenen FABRIKA_1 tesisinin, orta gerilim ana dağıtım barası ile bu fabrikada bulunan en büyük transformatör olan 2500 kVA gücündeki FB1_TR2 transformatörünün alçak gerilim tarafıdır. Bu noktalarda oluşabilecek hataların, A fabrikasında gerilim çökmesi açısından etkisi de böylece incelenmektedir.



Şekil 5.11 : Kısa devre noktaları.



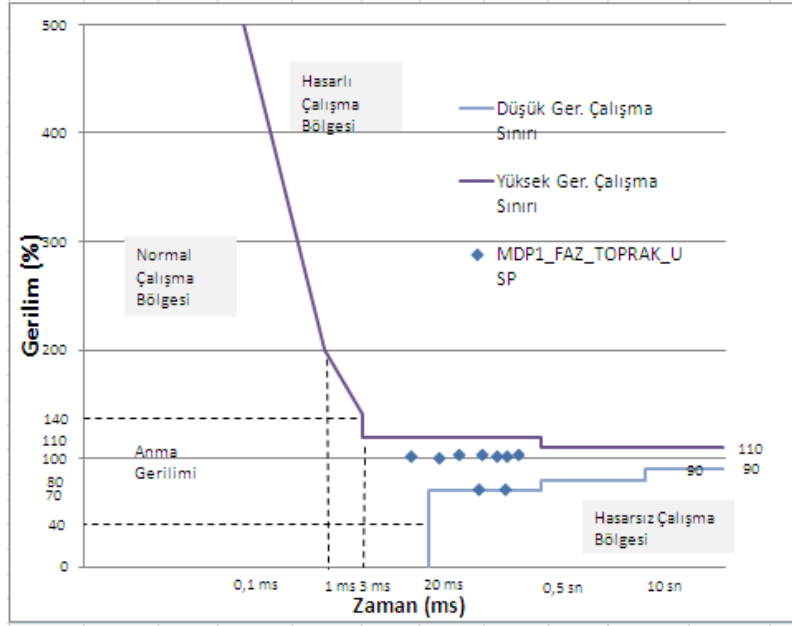
Şekil 5.12 : A fabrikasındaki kısa devre noktaları.

5.2.1 Şebeke ile paralel çalışma durumu için yapılan hesaplar

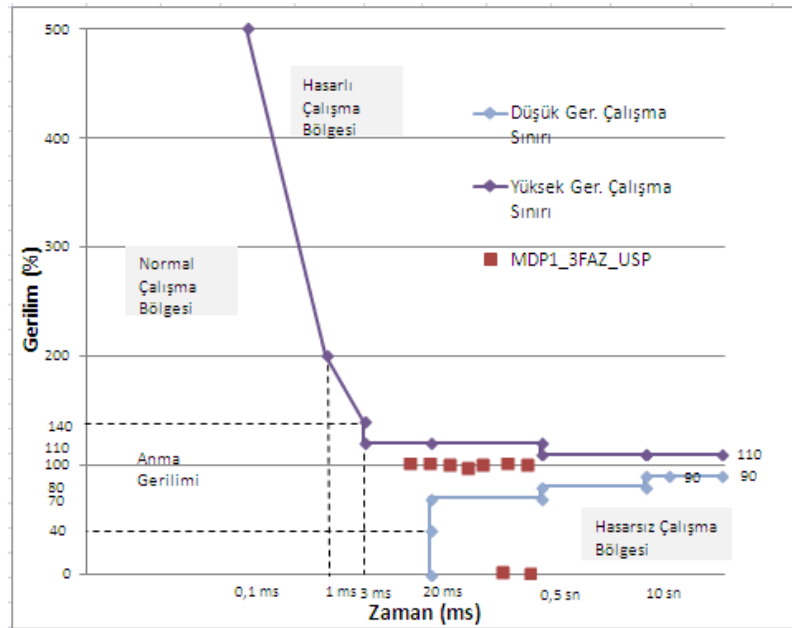
Şekil 5.13 ve şekil 5.14’de fabrikanın elektrik dağıtım sisteminin 7 ve kampüsün diğer 2 farklı noktasında, 3 faz ve faz-toprak kısa devre hatası olması durumlarında; MDP-1 barasında oluşacak gerilim değerleri ve süreleri ITIC eğrisi üzerinde ayrı ayrı gösterilmiştir. Bu kısa devreler esnasında MDP-1 barasında oluşan gerilim ve kısa devre noktalarındaki akım değerleri ve bu hataların temizlenme süreleri (t_{kesme}) Ek A’da Çizelge A.1’de gösterilmiştir.

Şekil 5.13’den görüleceği üzere; şebeke ile paralel çalışılırken, bu 9 noktadan herhangi birinde faz-toprak kısa devresi meydana geldiğinde MDP-1 barasındaki gerilim bilgisayarlar ve IT cihazları için düzgün çalışma bölgesi dışına çıkmamaktadır. Ancak 2 noktadaki kısa devre durumunda MDP1 barasının gerilimi düşük gerilimli çalışma sınırına çok yaklaşmaktadır. Bu 2 noktada faz toprak kısa devre hatası meydana geldiğinde bu cihazların arıza durumuna geçmeleri de mümkündür. Bu noktalar E ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1’in ana OG dağıtım barası ile A fabrikasının TR5 trafosunun OG besleme kablosudur.

Şekil 5.14’den görüleceği üzere şebeke ile paralel çalışma esnasında bu 9 noktada, 3 faz kısa devre hatası meydana geldiğinde; MDP-1 barasında gerilim 7 noktadaki arıza durumunda düzgün çalışma bölgesi içinde kalmaktadır. 2 noktadaki kısa devrede ise gerilim, bilgisayar ve IT cihazlarının çalışamayacağı bölge içine girmektedir. Bu arıza noktaları; E ve G noktalarıdır. Bu iki noktada gerilim değeri, gerilim çökmesinin alt sınırı olan %10 değerinin de altına düşmektedir. Bu durum bir gerilim çökmesi değil kesinti durumudur. Şekil 4.2’de kesintinin sınırları belirtilmiştir. Sonuç olarak şebeke ile paralel çalışma durumunda bu 2 noktadan birinde 3 faz kısa devresi olması durumunda, MDP-1 barasından beslenen yükler bu kesintiden etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir.



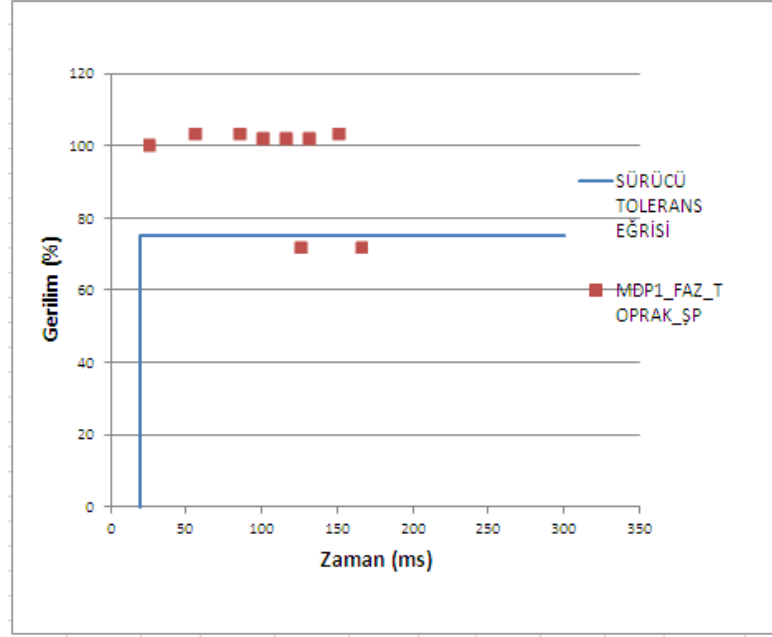
Şekil 5.13 : MDP1 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi- ŞP – ITIC.



Şekil 5.14 : MDP1 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –ŞP – ITIC.

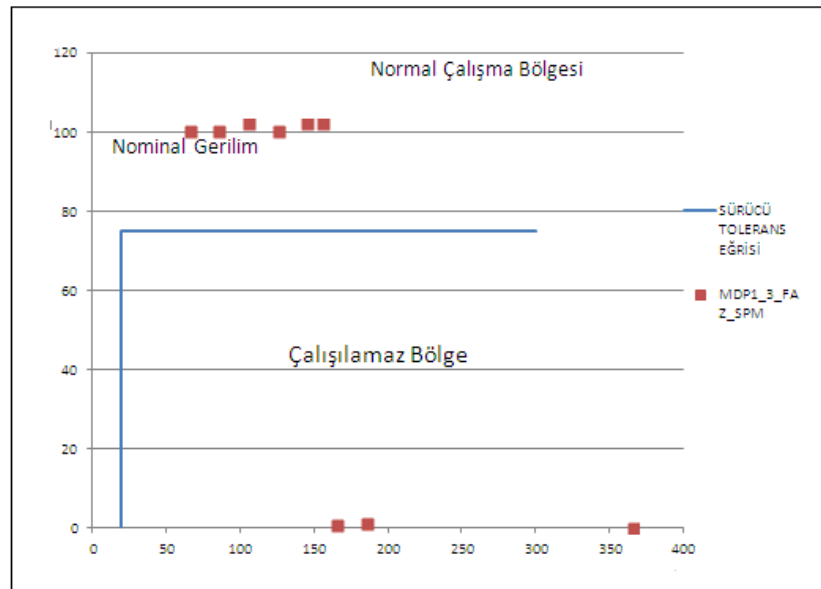
Şekil 5.15’de; 8 farklı noktada faz-toprak kısa devre durumunda MDP1 barasının durumu görülmektedir. Bu kez değerler tipik bir ac sürücü gerilim tolerans eğrisine işlenmiştir. 7 noktadaki kısa devre durumunda MDP1 barasının gerilim değeri çalışma sınır çizgisinin üstündedir. Bu noktalarda kısa devre olması durumunda bu baradan beslenen ac sürücüler düzgün şekilde çalışmaya devam edecektir. 2 noktada ise sınır çizgisinin altında kalmaktadır. Bu noktalar E ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1’in ana OG dağıtım barası ile A fabrikasının TR5 trafosunun OG besleme

kablosudur. Bu 2 noktada bir faz toprak kısa devresi meydana geldiğinde bu baradan beslenen sürücüler arıza durumuna geçeceklerdir.



Şekil 5.15: MDP1 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –ŞP – STE.

Şekil 5.16’da üç faz kısa devre durumunda MDP1 barasının gerilim değerleri görülmektedir. 6 noktada oluşan kısa devrede; bu baradan beslenen sürücüler düzgün çalışmaya devam edecektir. 2 noktada ise sürücülerin etkilenip hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir. Bu noktalar; E ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1’in ana OG barası, A fabrikasına ait TR5 transformatörünün primer tarafındaki OG besleme kablosudur.

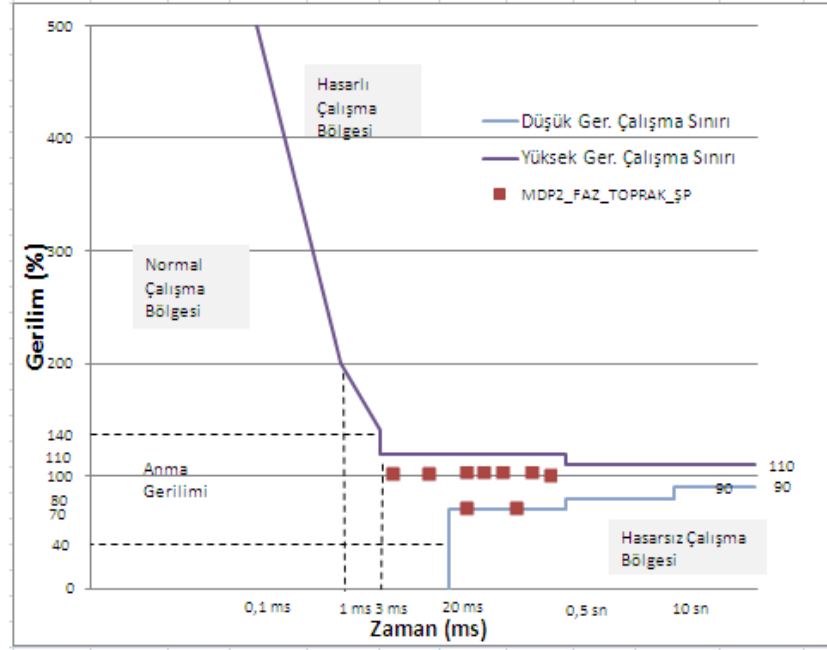


Şekil 5.16: MDP1 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –ŞP – STE.

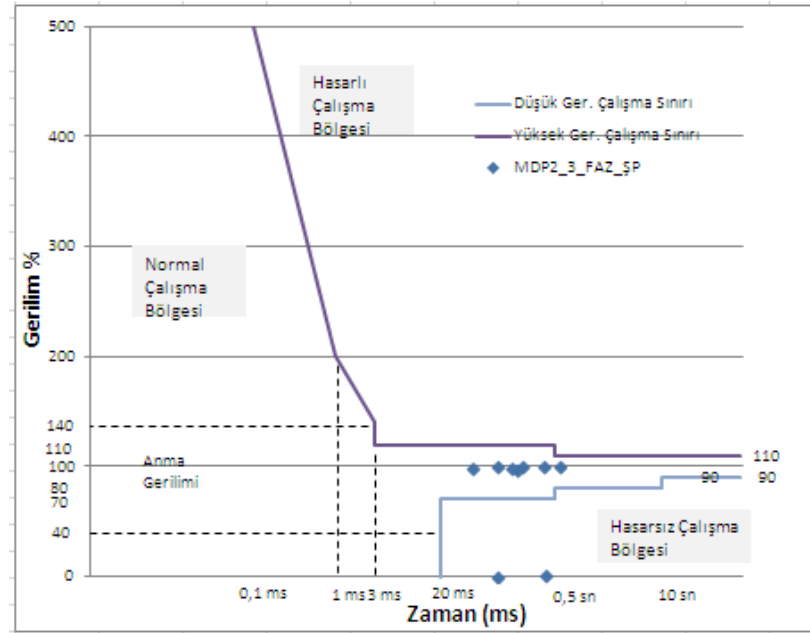
Şekil 5.17 ve şekil 5.18’de fabrikanın elektrik dağıtım sisteminin 7 ve kampüsün diğer 2 farklı noktasında, 3 faz ve faz-toprak kısa devre hatası olması durumlarında; MDP-2 barasında oluşacak gerilim değerleri ve süreleri ITIC eğrisi üzerinde ayrı ayrı gösterilmiştir. Bu kısa devreler esnasında MDP2 barasında oluşan gerilim ve kısa devre noktalarındaki akım değerleri ve bu hataların temizlenme süreleri (t_{kesme}) Ek A’da Çizelge A.4’te gösterilmiştir.

Şekilden görüleceği üzere; şebeke ile paralel çalışılırken, bu 9 farklı noktadan herhangi birinde faz-toprak kısa devresi meydana geldiğinde MDP-2 barasındaki gerilim bilgisayarlar ve IT cihazları için düzgün çalışma bölgesi dışına çıkmamaktadır. Ancak 2 noktadaki faz toprak kısa devre hatası durumunda MDP2 barasının gerilimi düşük gerilimli çalışma sınırına çok yaklaşmaktadır. Bu 2 noktada faz toprak kısa devre hatası meydana geldiğinde bu cihazların arıza durumuna geçmeleri de mümkündür. Bu noktalar E ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1’in ana OG dağıtım barası ile A fabrikasının TR5 trafosunun OG besleme kablosudur.

Şebeke ile paralel çalışma esnasında bu 9 noktada, 3 faz kısa devre hatası meydana geldiğinde; MDP2 barasında gerilim 7 noktadaki arıza durumunda düzgün çalışma bölgesi içinde kalmaktadır. 2 noktadaki kısa devrede ise gerilim, bilgisayar ve IT cihazlarının çalışamayacağı bölge içine girmektedir. Bu arıza noktaları; E ve G noktalarıdır. Bu iki noktada gerilim değeri, gerilim çökmesinin alt sınırı olan %10 değerinin de altına düşmektedir. Bu durum bir gerilim çökmesi değil kesinti durumudur. Şekil 4.2 de kesintinin sınırları gösterilmiştir. Sonuç olarak şebeke ile paralel çalışma durumunda bu 2 noktadan birinde 3 faz kısa devresi olması durumunda, MDP-2 barasından beslenen yükler bu kesintiden etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir.



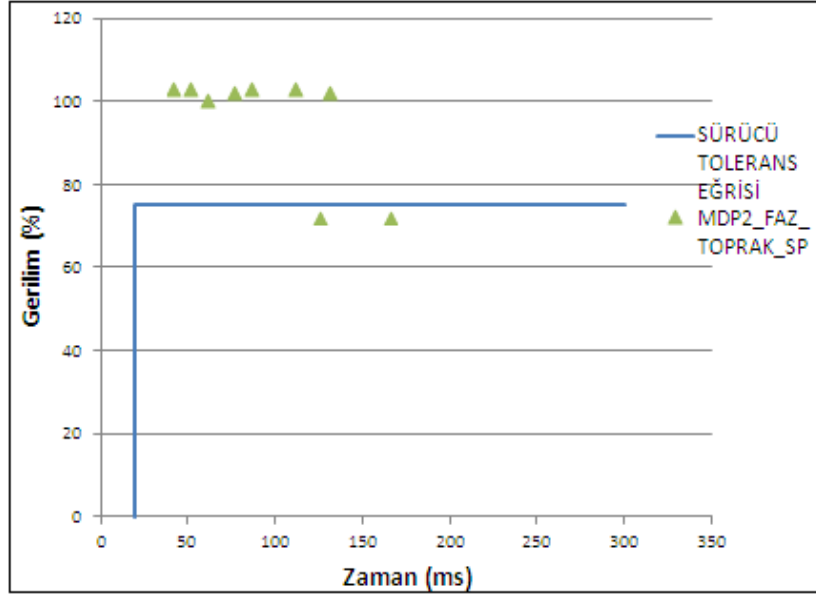
Şekil 5.17 : MDP2 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi- ŞP- ITIC.



Şekil 5.18 : MDP2 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi-ŞP-ITIC.

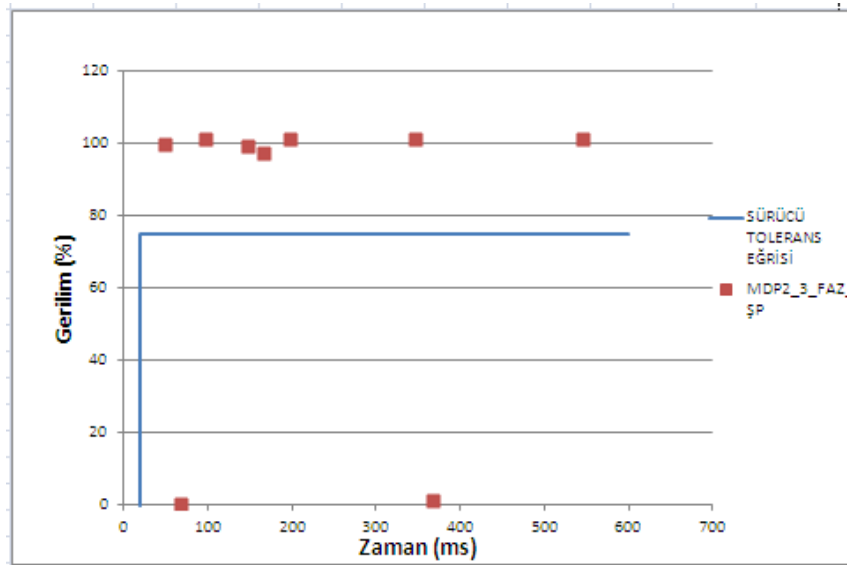
Şekil 5.19'da; 9 farklı noktada faz-toprak kısa devre durumunda MDP2 barasının durumu görülmektedir. Bu kez değerler tipik bir ac sürücü gerilim tolerans eğrisine işlenmiştir. 7 noktadaki kısa devre durumunda MDP2 barasının gerilim değeri çalışma sınır çizgisinin üstündedir. Bu noktalarda kısa devre olması durumunda bu baradan beslenen ac sürücüler düzgün şekilde çalışmaya devam edecektir. 2 noktada ise sınır çizgisinin altında kalmaktadır. Bu noktalar E ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1'in ana OG dağıtım barası ile A fabrikasının TR5 trafosunun OG besleme

kablosudur. Bu 2 noktada bir faz toprak kısa devresi meydana geldiğinde bu baradan beslenen sürücüler arıza durumuna geçeceklerdir.



Şekil 5.19 : MDP2 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –ŞP – STE.

Şekil 5.20’de üç faz kısa devre durumunda MDP2 barasının gerilim değerleri görülmektedir. 7 noktada oluşan kısa devrede; bu baradan beslenen sürücüler düzgün çalışmaya devam edecektir. 2 noktadaki kısa devre hatalarından etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir. Bu noktalar; E ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1’in ana OG barası ve tezimizin konusu olan A fabrikasına ait TR5 transformatörünün primer tarafındaki OG besleme kablosudur.

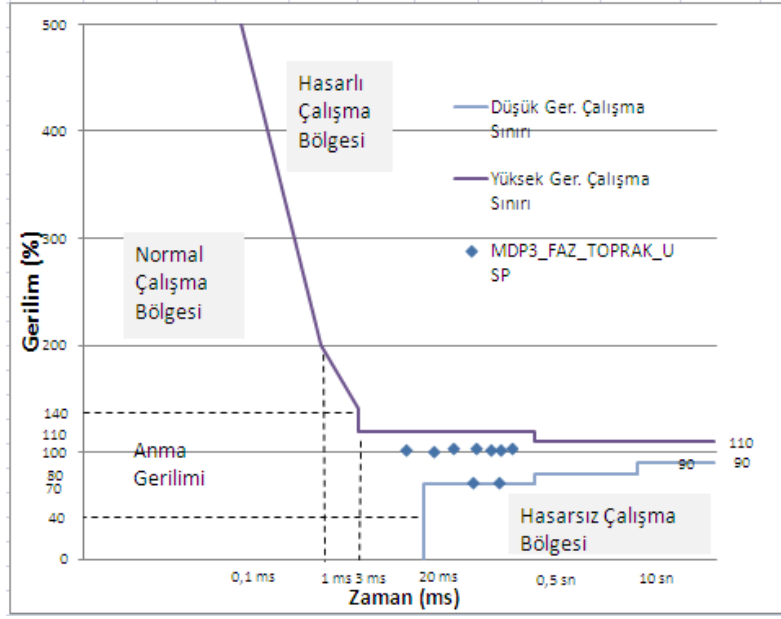


Şekil 5.20 : MDP2 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –ŞP – STE.

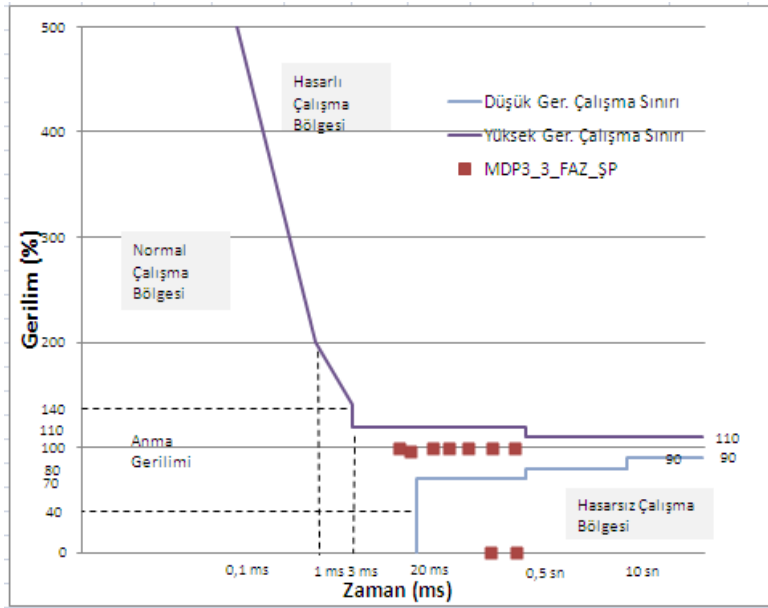
Şekil 5.21 ve şekil 5.22’de fabrikanın elektrik dağıtım sisteminin 7 ve kampüsün diğer 2 farklı noktasında, 3 faz ve faz-toprak kısa devre hatası olması durumlarında; MDP-3 barasında oluşacak gerilim değerleri ve süreleri ITIC eğrisi üzerinde ayrı ayrı gösterilmiştir. Bu kısa devreler esnasında MDP3 barasında oluşan gerilim ve kısa devre noktalarındaki akım değerleri ve bu hataların temizlenme süreleri (t_{kesme}) EkA’da Çizelge A.7’de gösterilmiştir.

Şekilden görüleceği üzere; şebeke ile paralel çalışılırken, bu 9 noktadan herhangi birinde faz-toprak kısa devresi meydana geldiğinde MDP3 barasındaki gerilim bilgisayarlar ve IT cihazları için düzgün çalışma bölgesi dışına çıkmamaktadır. Ancak 2 noktadaki faz toprak kısa devre hatası durumunda MDP3 barasının gerilimi düşük gerilimli çalışma sınırına çok yaklaşmaktadır. Bu 2 noktada faz toprak kısa devre hatası meydana geldiğinde bu cihazların arıza durumuna geçmeleri de mümkündür. Bu noktalar E ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1’in ana OG dağıtım barası ile A fabrikasının TR5 trafosunun OG besleme kablosudur.

Şebeke ile paralel çalışma esnasında bu 9 noktada, 3 faz kısa devre hatası meydana geldiğinde; MDP3 barasında gerilim 7 noktadaki arıza durumunda düzgün çalışma bölgesi içinde kalmaktadır. 2 noktadaki kısa devrede ise gerilim, bilgisayar ve IT cihazlarının hasarsız çalışma bölgesi içine girmektedir. Bu arıza noktaları; E ve G noktalarıdır. G noktasında kısa devre olduğunda, MDP3 barasındaki gerilim değeri, gerilim çökmesinin alt sınırı olan %10 değerinin de altına düşmektedir. Bu durum bir gerilim çökmesi değil kesinti durumudur. Şekil 4.2 de kesintinin sınırları gösterilmiştir. E noktasında bir kısa devre olduğunda ise MDP3 barasında gerilim çökmesi oluşacak ve bu baralardaki yükler bu gerilim çökmesinden etkileneceklerdir. Sonuç olarak şebeke ile paralel çalışma durumunda bu 2 noktadan birinde 3 faz kısa devresi olması durumunda, MDP3 barasından beslenen yüklerin hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir.



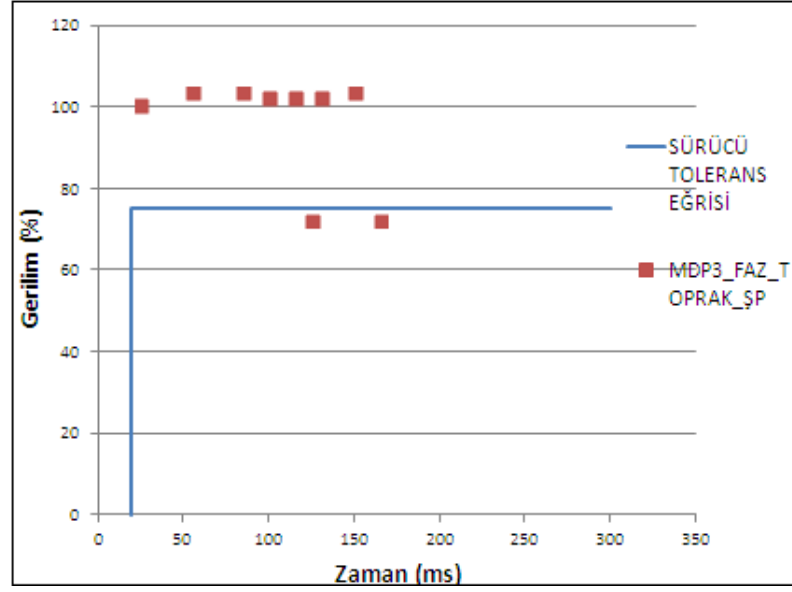
Şekil 5.21 : MDP3 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi-ŞP- ITIC.



Şekil 5.22 : MDP3 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi-ŞP-ITIC.

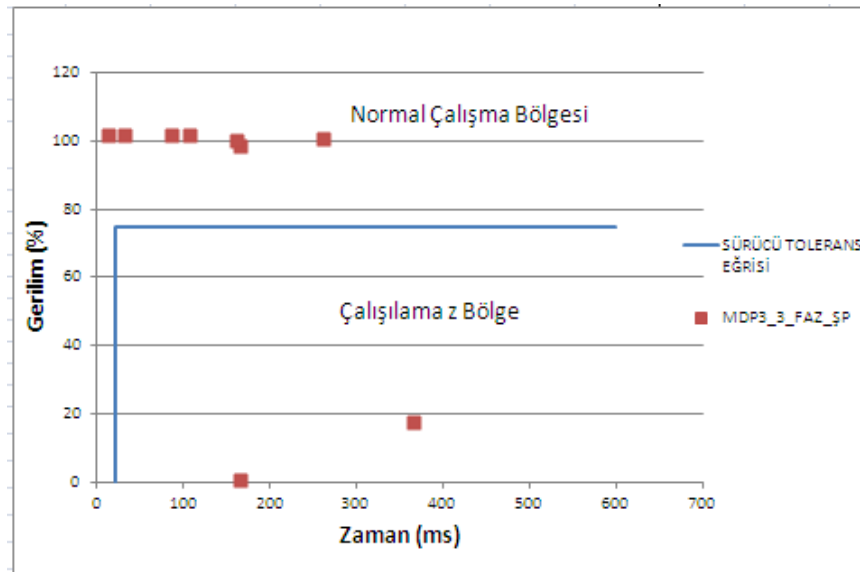
Şekil 5.23’de; 9 farklı noktada faz-toprak kısa devre durumunda MDP3 barasının durumu görülmektedir. Bu kez değerler tipik bir ac sürücü gerilim tolerans eğrisine işlenmiştir. 7 noktadaki kısa devre durumunda MDP3 barasının gerilim değeri çalışma sınır çizgisinin üstündedir. Bu noktalarda kısa devre olması durumunda bu baradan beslenen ac sürücüler düzgün şekilde çalışmaya devam edecektir. 2 noktada ise sınır çizgisinin altında kalmaktadır. Bu noktalar E ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1’in ana OG dağıtım barası ile A fabrikasının TR5 trafosunun OG besleme

kablosudur. Bu 2 noktada bir faz toprak kısa devresi meydana geldiğinde bu baradan beslenen sürücüler arıza durumuna geçeceklerdir.



Şekil 5.23 : MDP3 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –ŞP – STE.

Şekil 5.24’de üç faz kısa devre durumunda MDP3 barasının gerilim değerleri görülmektedir. 7 noktada oluşan kısa devrede; bu baradan beslenen sürücüler düzgün çalışmaya devam edecektir. 2 noktadaki kısa devre sonucunda ise sürücüler hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir. Bu noktalar; E ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1’in ana OG barası ve tezimizin konusu olan A fabrikasına ait TR5 transformatörünün primer tarafındaki OG besleme kablosudur.

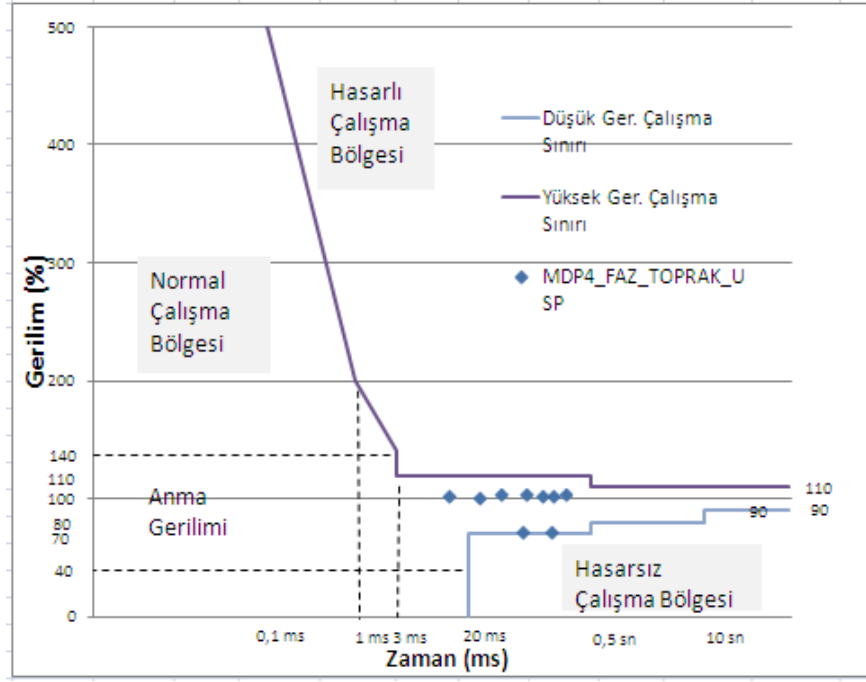


Şekil 5.24 : MDP3 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –ŞP – STE.

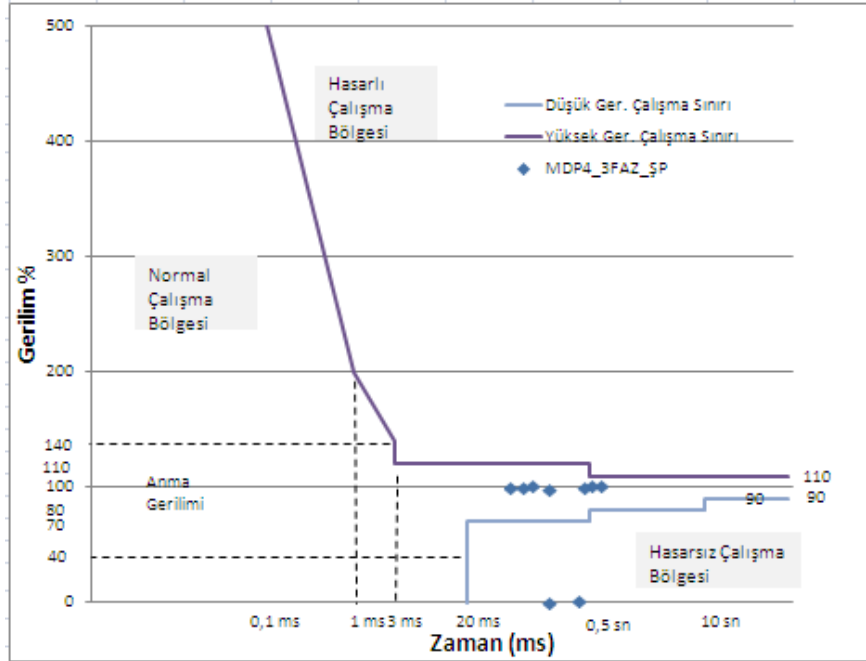
Şekil 5.25 ve Şekil 5.26’da fabrikanın elektrik dağıtım sisteminin 7 ve kampüsün diğer 2 noktasında, 3 faz ve faz-toprak kısa devre hatası olması durumlarında; MDP4 barasında oluşacak gerilim değerleri ve süreleri ITIC eğrisi üzerinde ayrı ayrı gösterilmiştir. Bu kısa devreler esnasında MDP4 barasında oluşan gerilim ve kısa devre noktalarındaki akım değerleri ve bu hataların temizlenme süreleri (t_{kesme}) EkA’da Çizelge A.10’da gösterilmiştir.

Şekilden görüleceği üzere; şebeke ile paralel çalışılırken, bu 9 noktadan herhangi birinde faz-toprak kısa devresi meydana geldiğinde MDP4 barasındaki gerilim bilgisayarlar ve IT cihazları için düzgün çalışma bölgesi dışına çıkmamaktadır. Ancak 2 noktadaki faz toprak kısa devre hatası durumunda MDP3 barasının gerilimi düşük gerilimli çalışma sınırına çok yaklaşmaktadır. Bu 2 noktada faz toprak kısa devre hatası meydana geldiğinde bu cihazların arıza durumuna geçmeleri de mümkündür. Bu noktalar E ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1’in ana OG dağıtım barası ile A fabrikasının TR5 trafosunun OG besleme kablosudur.

Şebeke ile paralel çalışma esnasında bu 9 noktada, 3 faz kısa devre hatası meydana geldiğinde; MDP4 barasında gerilim 7 noktadaki arıza durumunda düzgün çalışma bölgesi içinde kalmaktadır. 2 noktadaki kısa devrede ise gerilim, bilgisayar ve IT cihazlarının çalışamayacağı bölge içine girmektedir. Bu arıza noktaları; E ve G noktalarıdır. Bu iki noktada gerilim değeri, gerilim çökmesinin alt sınırı olan %10 değerinin de altına düşmektedir. Bu durum bir gerilim çökmesi değil; kesinti durumudur. Şekil 4.2 de kesintinin sınırları gösterilmiştir. Sonuç olarak şebeke ile paralel çalışma durumunda bu 2 noktadan birinde 3 faz kısa devresi olması durumunda, MDP4 barasından beslenen yükler hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir.



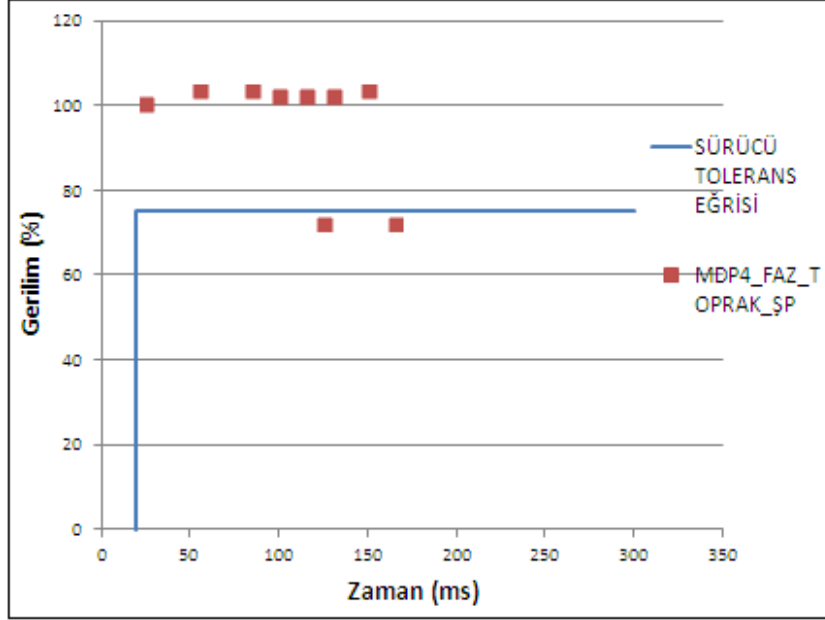
Şekil 5.25 : MDP4 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi- ŞP- ITIC.



Şekil 5.26 : MDP4 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi-ŞP-ITIC.

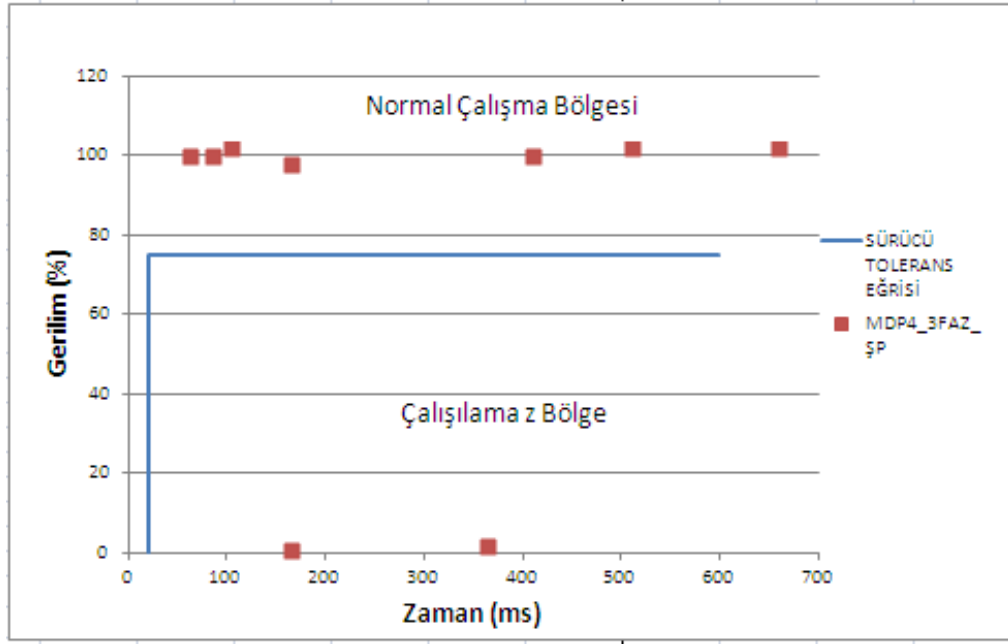
Şekil 5.27’de; 9 farklı noktada faz-toprak kısa devre durumunda MDP4 barasının durumu görülmektedir. Bu kez değerler tipik bir ac sürücü gerilim tolerans eğrisine işlenmiştir. 7 noktadaki kısa devre durumunda MDP4 barasının gerilim değeri çalışma sınır çizgisinin üstündedir. Bu noktalarda kısa devre olması durumunda bu baradan beslenen ac sürücüler düzgün şekilde çalışmaya devam edecektir. 2 noktada ise sınır çizgisinin altında kalmaktadır. Bu noktalar E ve G noktalarıdır. Yani

Fabrika_1'in ana OG dağıtım barası ile A fabrikasının TR5 trafosunun OG besleme kablosudur. Bu 2 noktada bir faz toprak kısa devresi meydana geldiğinde bu baradan beslenen sürücüler arıza durumuna geçeceklerdir.



Şekil 5.27 : MDP4 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –ŞP – STE.

Şekil 5.28’de üç faz kısa devre durumunda MDP4 barasının gerilim değerleri görülmektedir. 7 farklı noktada oluşan kısa devrede; bu baradan beslenen sürücüler düzgün çalışmaya devam edecektir. 2 noktadaki kısa devre sonucunda ise sürücüler hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir. Bu noktalar; E ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1’in ana OG barası ve tezimizin konusu olan A fabrikasına ait TR5 transformatörünün primer tarafındaki OG besleme kablosudur.



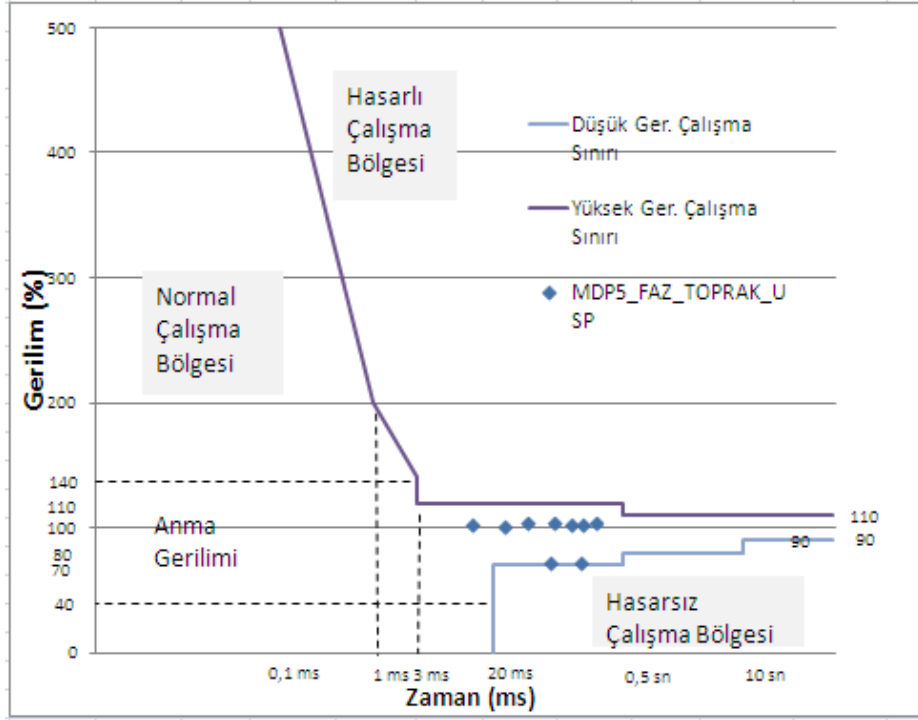
Şekil 5.28 : MDP4 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –ŞP – STE.

Şekil 5.29 ve şekil 5.30’da fabrikanın elektrik dağıtım sisteminin 7 ve kampüsün diğer 2 farklı noktasında, 3 faz ve faz-toprak kısa devre hatası olması durumlarında; MDP5 barasında oluşacak gerilim değerleri ve süreleri ITIC eğrisi üzerinde ayrı ayrı gösterilmiştir. Bu kısa devreler esnasında MDP5 barasında oluşan gerilim ve kısa devre noktalarındaki akım değerleri ve bu hataların temizlenme süreleri (t_{kesme}) EkA’da Çizelge A.13’te gösterilmiştir.

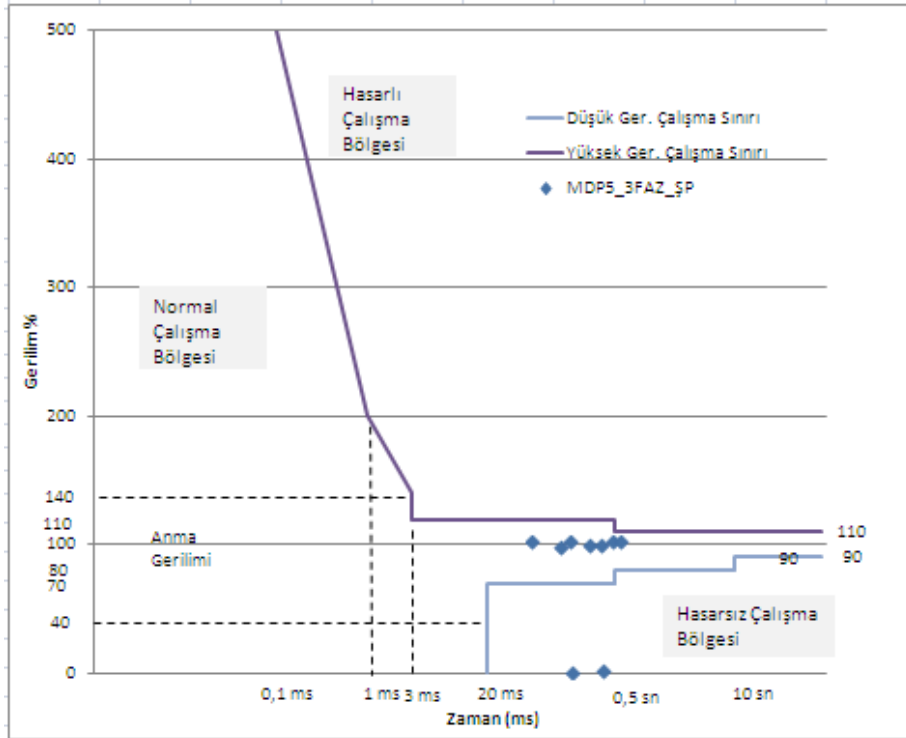
Şekilden görüleceği üzere; şebeke ile paralel çalışılırken, bu 9 noktadan herhangi birinde faz-toprak kısa devresi meydana geldiğinde MDP5 barasındaki gerilim bilgisayarlar ve IT cihazları için düzgün çalışma bölgesi dışına çıkmamaktadır. Ancak 2 noktadaki faz toprak kısa devre hatası durumunda MDP3 barasının gerilimi düşük gerilimli çalışma sınırına çok yaklaşmaktadır. Bu 2 noktada faz toprak kısa devre hatası meydana geldiğinde bu cihazların arıza durumuna geçmeleri de mümkündür. Bu noktalar E ve H noktalarıdır. Yani Fabrika_1’in ana OG dağıtım barası ile A fabrikasının TR1 trafosunun OG besleme kablosudur.

Şebeke ile paralel çalışma esnasında bu 9 noktada, 3 faz kısa devre hatası meydana geldiğinde; MDP5 barasında gerilim 7 noktadaki arıza durumunda düzgün çalışma bölgesi içinde kalmaktadır. 2 noktadaki kısa devrede ise gerilim, bilgisayar ve IT cihazlarının çalışamayacağı bölge içine girmektedir. Bu arıza noktaları; E ve H noktalarıdır. Bu üç noktada gerilim değeri, gerilim çökmesinin alt sınırı olan %10 değerinin de altına düşmektedir. Bu durum bir gerilim çökmesi değil; kesinti

durumudur. Şekil 4.2’de kesintinin sınırları gösterilmiştir. Sonuç olarak şebeke ile paralel çalışma durumunda bu 2 noktadan birinde 3 faz kısa devresi olması durumunda, MDP5 barasından beslenen yükler hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir.

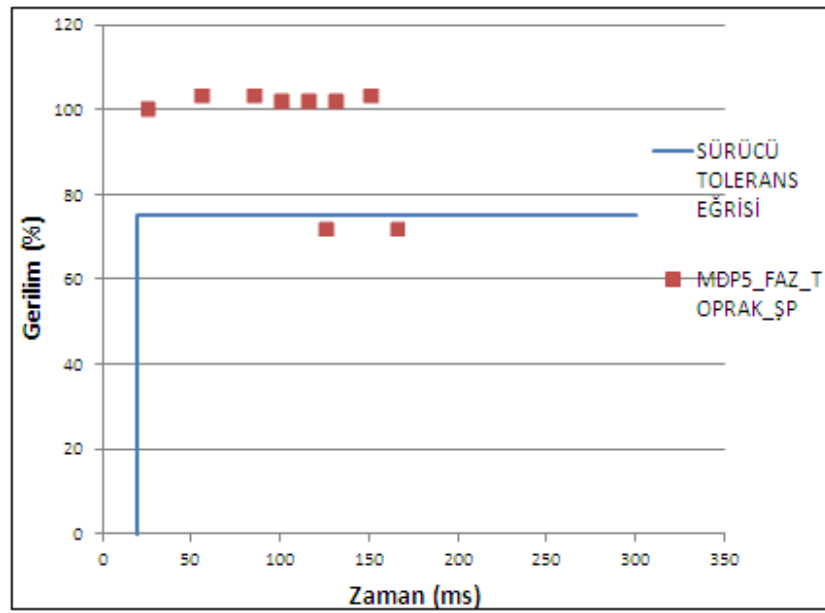


Şekil 5.29 : MDP5 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi- ŞP- ITIC.



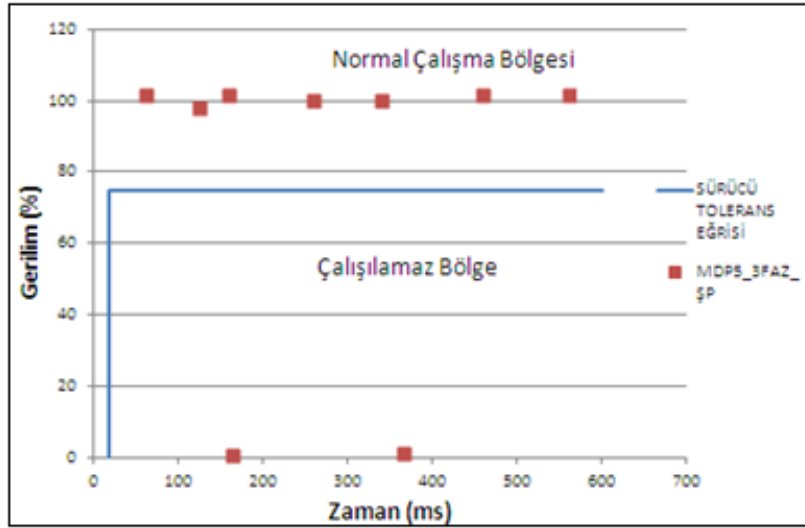
Şekil 5.30 : MDP5 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi-ŞP-ITIC.

Şekil 5.31’de; 9 farklı noktada faz-toprak kısa devre durumunda MDP5 barasının durumu görülmektedir. Bu kez değerler tipik bir ac sürücü gerilim tolerans eğrisine işlenmiştir. 7 noktadaki kısa devre durumunda MDP5 barasının gerilim değeri çalışma sınır çizgisinin üstündedir. Bu noktalarda kısa devre olması durumunda bu baradan beslenen ac sürücüler düzgün şekilde çalışmaya devam edecektir. 2 noktada ise sınır çizgisinin altında kalmaktadır. Bu noktalar E ve H noktalarıdır. Yani Fabrika_1’in ana OG dağıtım barası ile A fabrikasının TR1 trafosunun OG besleme kablodur. Bu 2 noktada bir faz toprak kısa devresi meydana geldiğinde bu baradan beslenen sürücülerin arıza durumuna geçmesi beklenmektedir.



Şekil 5.31 : MDP5 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –ŞP – STE.

Şekil 5.32’de üç faz kısa devre durumunda MDP5 barasının gerilim değerleri görülmektedir. 7 noktada oluşan kısa devrede; bu baradan beslenen sürücüler düzgün çalışmaya devam edecektir. 2 noktada ise sürücüler hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir. Bu noktalar; E ve H noktalarıdır. Yani Fabrika_1’in ana OG barası ve tezimizin konusu olan A fabrikasına ait TR1 transformatörünün primer tarafındaki OG besleme kablodur.



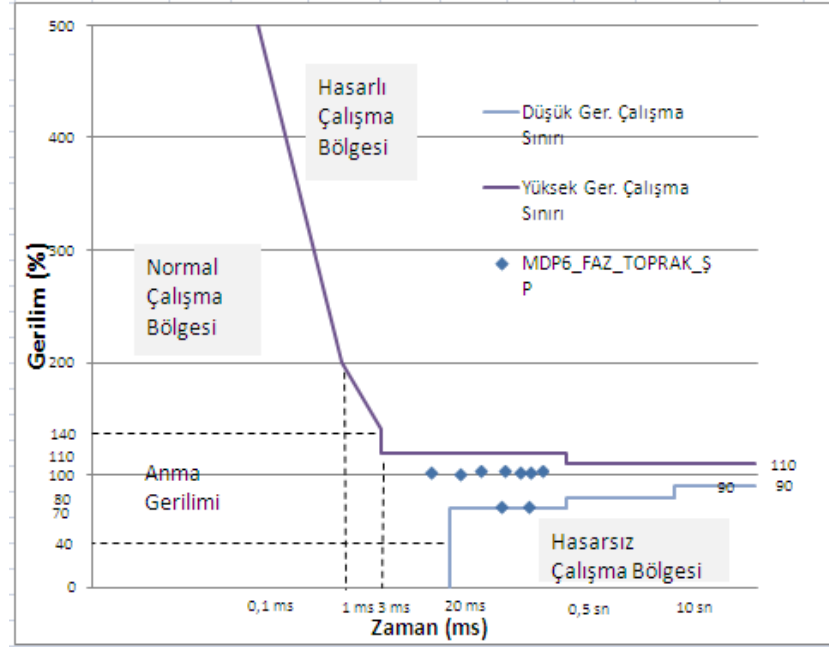
Şekil 5.32: MDP5 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –ŞP – STE.

Şekil 5.33 ve şekil 5.34’de fabrikanın elektrik dağıtım sisteminin 7 ve kampüsün diğer 2 farklı noktasında, 3 faz ve faz-toprak kısa devre hatası olması durumlarında; MDP6 barasında oluşacak gerilim değerleri ve süreleri ITIC eğrisi üzerinde ayrı ayrı gösterilmiştir. Bu kısa devreler esnasında MDP6 barasında oluşan gerilim ve kısa devre noktalarındaki akım değerleri ve bu hataların temizlenme süreleri (t_{kesme}) Ek A’da Çizelge A.16’da gösterilmiştir.

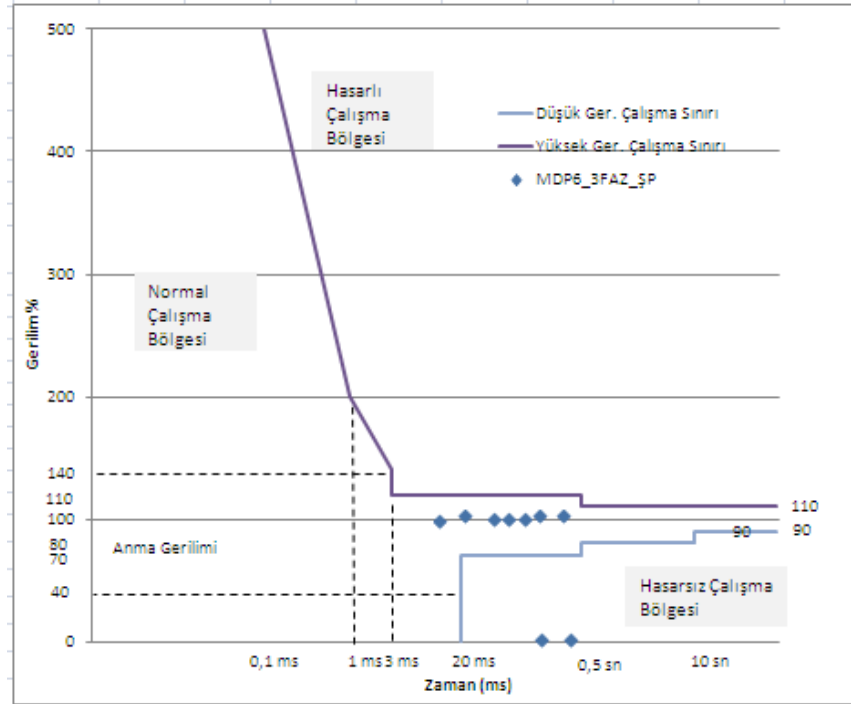
Şekilden görüleceği üzere; şebeke ile paralel çalışılırken, bu 9 noktadan herhangi birinde faz-toprak kısa devresi meydana geldiğinde MDP6 barasındaki gerilim bilgisayarlar ve IT cihazları için düzgün çalışma bölgesi dışına çıkmamaktadır. Ancak 2 noktadaki faz toprak kısa devre hatası durumunda MDP6 barasının gerilimi düşük gerilimli çalışma sınırına çok yaklaşmaktadır. Bu 2 noktada faz toprak kısa devre hatası meydana geldiğinde bu cihazların arıza durumuna geçmeleri de mümkündür. Bu noktalar E ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1’in ana OG dağıtım barası ile A fabrikasının TR5 trafosunun OG besleme kablosudur.

Şebeke ile paralel çalışma esnasında bu 9 noktada, 3 faz kısa devre hatası meydana geldiğinde; MDP6 barasında gerilim 7 noktadaki arıza durumunda düzgün çalışma bölgesi içinde kalmaktadır. 2 noktadaki kısa devrede ise gerilim, bilgisayar ve IT cihazlarının çalışamayacağı bölge içine girmektedir. Bu arıza noktaları; E ve G noktalarıdır. Bu üç noktada gerilim değeri, gerilim çökmesinin alt sınırı olan %10 değerinin de altına düşmektedir. Bu durum bir gerilim çökmesi değil; kesinti durumudur. Şekil 4.2 de kesintinin sınırları gösterilmiştir. Sonuç olarak şebeke ile paralel çalışma durumunda bu 2 noktadan birinde 3 faz kısa devresi olması

durumunda, MDP6 barasından beslenen yükler hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir.



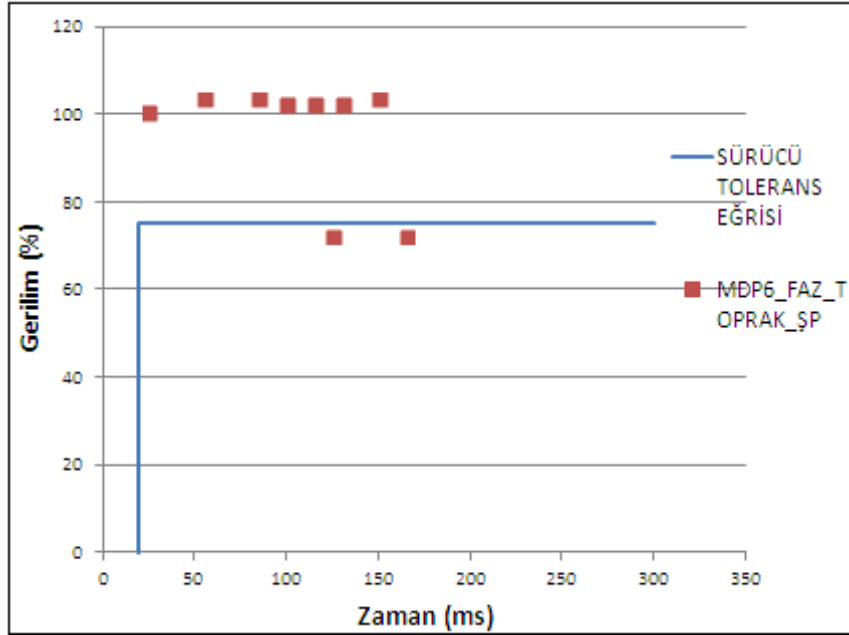
Şekil 5.33 : MDP6 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi- ŞP- ITIC.



Şekil 5.34: MDP6 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi-ŞP-ITIC.

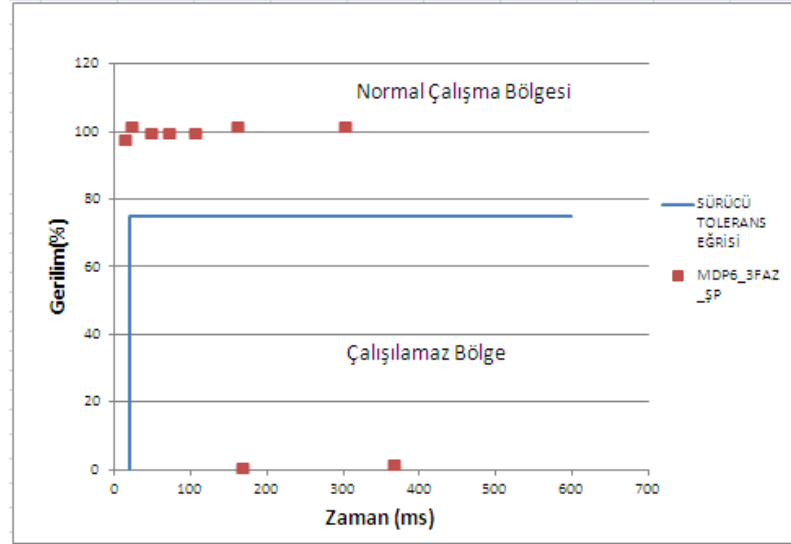
Şekil 5.35’de; 9 farklı noktada faz-toprak kısa devre durumunda MDP6 barasının durumu görülmektedir. Bu kez değerler tipik bir ac sürücü gerilim tolerans eğrisine işlenmiştir. 7 noktadaki kısa devre durumunda MDP6 barasının gerilim değeri

çalışma sınır çizgisinin üstündedir. Bu noktalarda kısa devre olması durumunda bu baradan beslenen ac sürücüler düzgün şekilde çalışmaya devam edecektir. 2 noktada ise sınır çizgisinin altında kalmaktadır. Bu noktalar E ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1'in ana OG dağıtım barası ile A fabrikasının TR5 trafosunun OG besleme kablodur. Bu 2 noktada bir faz toprak kısa devresi meydana geldiğinde bu baradan beslenen sürücülerin arıza durumuna geçmeleri beklenmektedir.



Şekil 5.35 : MDP6 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –ŞP – STE.

Şekil 5.36'da üç faz kısa devre durumunda MDP6 barasının gerilim değerleri görülmektedir. 7 noktada oluşan kısa devrede; bu baradan beslenen sürücüler düzgün çalışmaya devam edecektir. 2 noktada ise sürücüler hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir. Bu noktalar; E ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1'in ana OG barası ve tezimizin konusu olan A fabrikasına ait TR5 transformatörünün primer tarafındaki OG besleme kablodur.



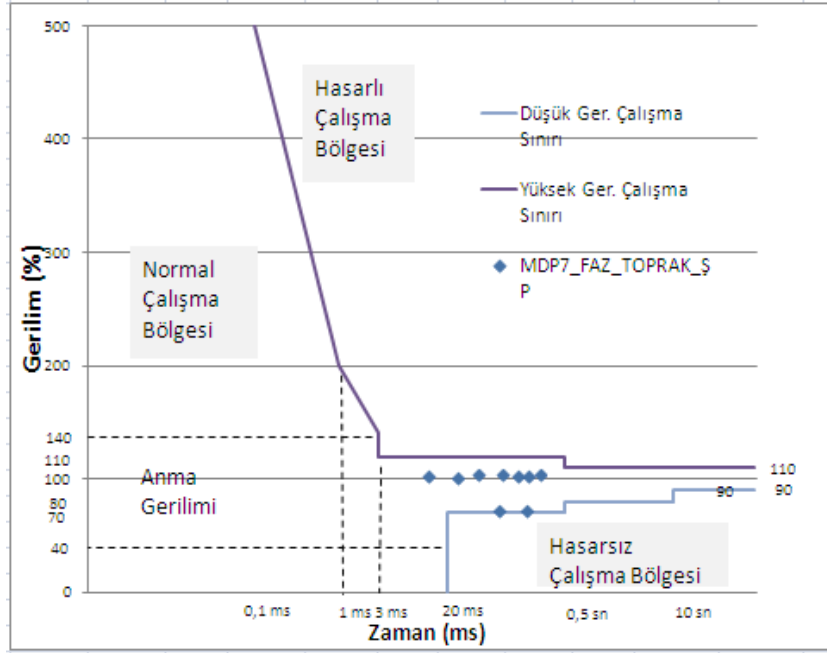
Şekil 5.36: MDP6 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –ŞP – STE.

Şekil 5.37 ve şekil 5.38’de fabrikanın elektrik dağıtım sisteminin 7 ve kampüsün diğer 2 farklı noktasında, 3 faz ve faz-toprak kısa devre hatası olması durumlarında; MDP7 barasında oluşacak gerilim değerleri ve süreleri ITIC eğrisi üzerinde ayrı ayrı gösterilmiştir. Bu kısa devreler esnasında MDP7 barasında oluşan gerilim ve kısa devre noktalarındaki akım değerleri ve bu hataların temizlenme süreleri (t_{kesme}) Ek A’da Çizelge A.19’da gösterilmiştir.

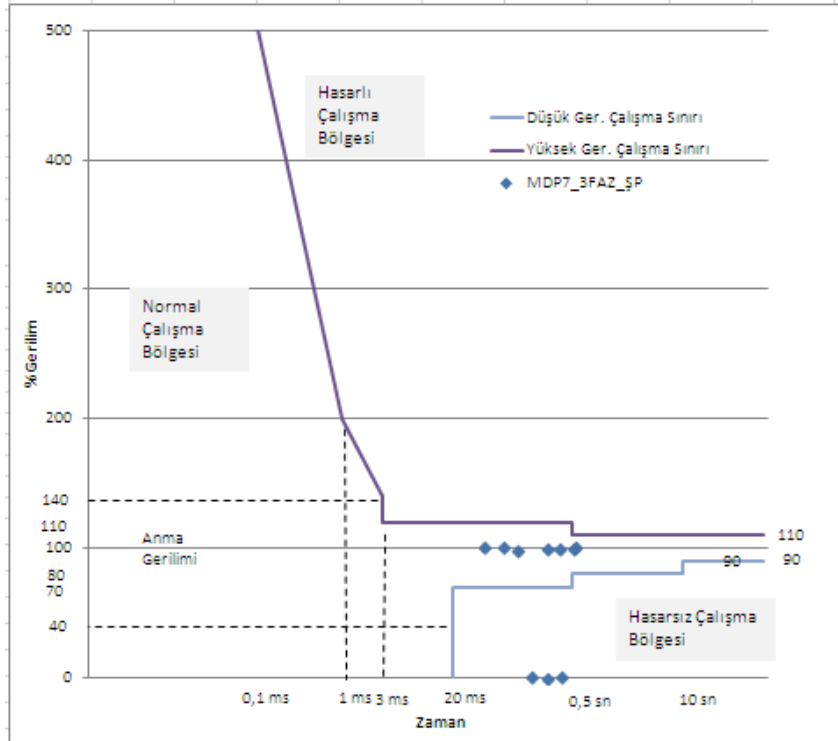
Şekilden görüleceği üzere; şebeke ile paralel çalışılırken, bu 9 noktadan herhangi birinde faz-toprak kısa devresi meydana geldiğinde MDP7 barasındaki gerilim bilgisayarlar ve IT cihazları için düzgün çalışma bölgesi dışına çıkmamaktadır. Ancak 2 noktadaki faz toprak kısa devre hatası durumunda MDP6 barasının gerilimi düşük gerilimli çalışma sınırına çok yaklaşmaktadır. Bu 2 noktada faz toprak kısa devre hatası meydana geldiğinde bu cihazların arıza durumuna geçmeleri de mümkündür. Bu noktalar E ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1’in ana OG dağıtım barası ile A fabrikasının TR5 trafosunun OG besleme kablosudur.

Şebeke ile paralel çalışma esnasında bu 10 noktada, 3 faz kısa devre hatası meydana geldiğinde; MDP7 barasında gerilim 7 noktadaki arıza durumunda düzgün çalışma bölgesi içinde kalmaktadır. 3 noktadaki kısa devrede ise gerilim, bilgisayar ve IT cihazlarının çalışamayacağı bölge içine girmektedir. Bu arıza noktaları; H, E ve G noktalarıdır. Bu üç noktada kısa devre meydana geldiğinde MDP7 barasındaki gerilim değeri, gerilim çökmesinin alt sınırı olan %10 değerinin de altına düşmektedir. Bu durum bir gerilim çökmesi değil; kesinti durumudur. Şekil 4.2 de kesintinin sınırları gösterilmiştir. Sonuç olarak şebeke ile paralel çalışma durumunda

bu üç noktadan birinde 3 faz kısa devresi olması durumunda, MDP7 barasından beslenen yükler hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir.

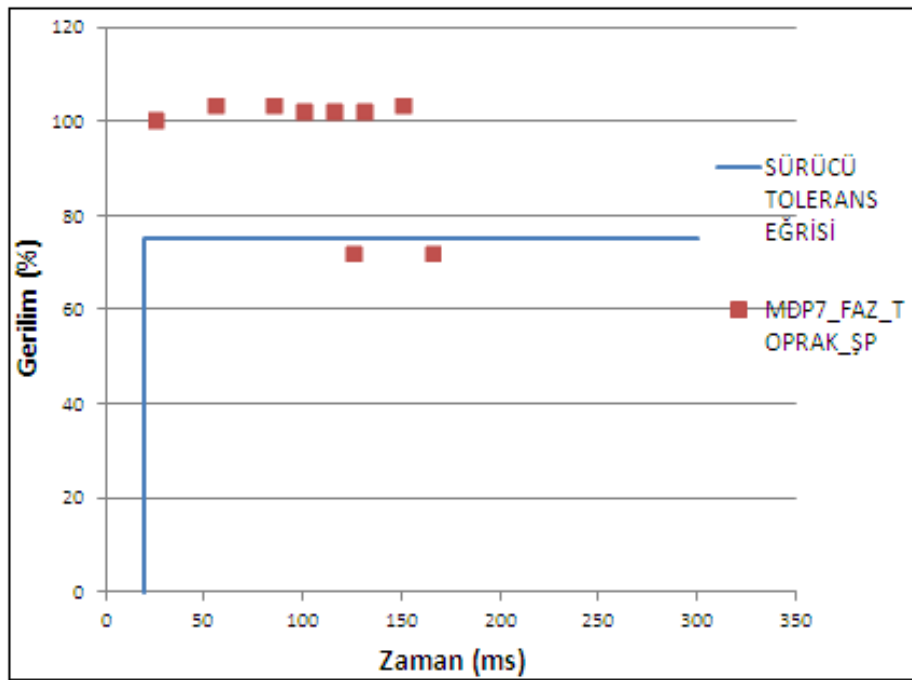


Şekil 5.37 : MDP7 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi- ŞP- ITIC.



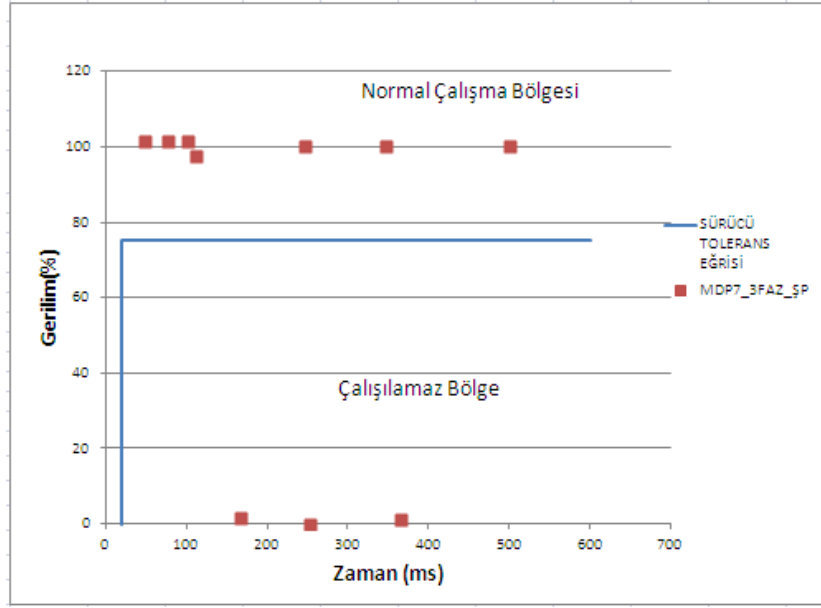
Şekil 5.38 : MDP7 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi-ŞP-ITIC.

Şekil 5.39’da; 9 farklı noktada faz-toprak kısa devre durumunda MDP7 barasının durumu görülmektedir. Bu kez değerler tipik bir ac sürücü gerilim tolerans eğrisine işlenmiştir. 7 noktadaki kısa devre durumunda MDP6 barasının gerilim değeri çalışma sınır çizgisinin üstündedir. Bu noktalarda kısa devre olması durumunda bu baradan beslenen ac sürücüler düzgün şekilde çalışmaya devam edecektir. 2 noktada ise sınır çizgisinin altında kalmaktadır. Bu noktalar E ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1’in ana OG dağıtım barası ile A fabrikasının TR5 trafosunun OG besleme kablodur. Bu 2 noktada bir faz toprak kısa devresi meydana geldiğinde bu baradan beslenen sürücülerin arıza durumuna geçmeleri beklenmektedir.



Şekil 5.39 : MDP7 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –ŞP – STE.

Şekil 5.40’da üç faz kısa devre durumunda MDP7 barasının gerilim değerleri görülmektedir. 7 noktada oluşan kısa devrede; bu baradan beslenen sürücüler düzgün çalışmaya devam edecektir. 3 noktada ise sürücüler hata verip çalışmayacaktır. Bu noktalar; E, F, ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1’in ana OG barası, Fabrika_1 TR1 transformatörünün primer tarafı ve tezin konusu olan A fabrikasına ait TR5 transformatörünün primer tarafındaki OG besleme kablodur.



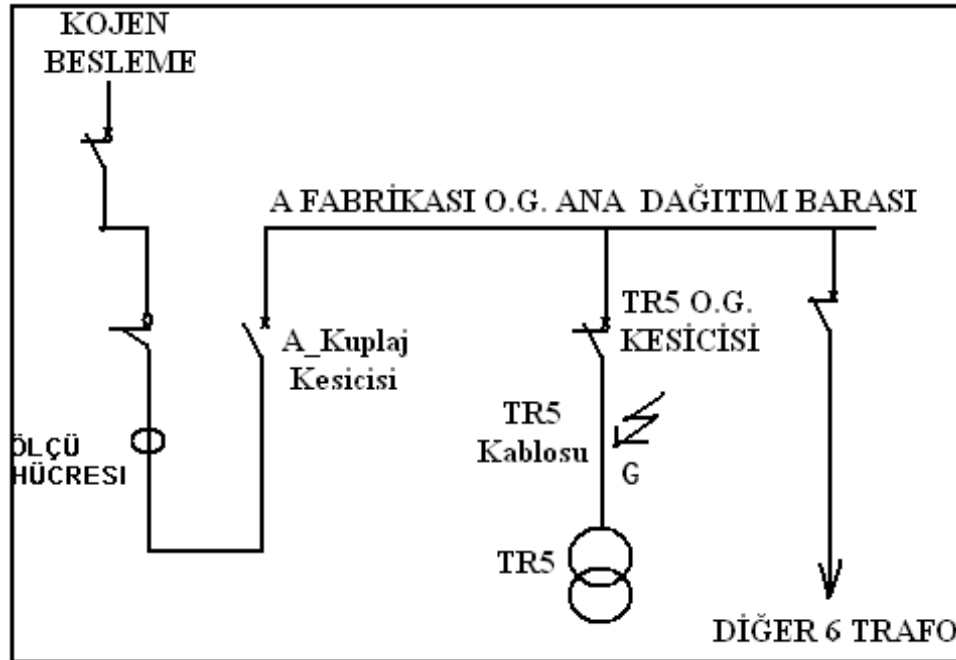
Şekil 5.40 : MDP7 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –ŞP – STE.

Yukarıda kojenerasyonun şebeke ile paralel çalışması durumunda A fabrikasında bulunan 7 adet MDP barasının faz toprak ve 3 faz kısa devre sonucunda durumları incelenmiştir. Paralel çalışma durumunda, faz toprak kısa devrelerinde sürücü gerilim tolerans eğrisine göre yalnızca 2 noktadaki kısa devre hatası durumunda gerilim çökmesi durumu gözlenmiştir. Bu noktadaki faz toprak kısa devreleri bilgisayar ve benzeri IT cihazları için sınır değere çok yakın bir değerde, sınırın üstünde kalmıştır. 3 faz kısa devrelerinde ise gerilim çökmesi durumu gözlenmemiştir. Ancak kısa süreli kesinti durumları ile karşılaşmıştır. Kısa süreli kesinti de bir elektrik enerji kalitesi sorunudur. Kesinti durumları A fabrikasındaki transformatörlerin primer tarafında ve Fabrika_1'in ana OG barasında meydana gelen 3 faz kısa devreleri sonucu meydana gelmektedir. Bu noktalar E ve G ile işaretlenen noktalardır. Ayrıca, A fabrikasında yalnızca G noktasında değil, diğer 6 adet dağıtım transformatörünün primer tarafında ayrı ayrı 3 faz kısa devresi meydana geldiğinde de, diğer dağıtım baralarında kesinti durumu görülmesi beklenmektedir.

Şebeke ile paralel çalışma durumunda, G noktasında yani A fabrikasına ait TR5 transformatörünün primer tarafındaki OG kablosunda faz toprak kısa devresi olduğunda, bu arıza diğer baralarda hissedilmez. 3 faz kısa devresi meydana geldiğinde ise diğer baralarda kısa süreli kesinti şeklinde hissedilir. Ancak, bu durum OG kablosunu koruyan kesicinin arızayı temizlemesi durumunda geçerlidir. Fakat kısa devre oluştuğunda, TR5_CB1 kesicisi ile A_GİRİŞ_KUPLAJ kesicisi aynı sürede açma sinyali vermektedir. Eğer TR5_CB1 kesicisi açarsa sadece arızalı olan

hattın enerjisi kesilerek arıza temizlenir ve A fabrikasının diğer transformatörleri çalışmaya devam eder. Fakat A_GİRİŞ_KUPLAJ kesicisi açarsa tüm fabrika enerjisiz kalır. Çünkü kuplaj hücresi A fabrikasını kojenerasyona bağlayan OG hücresidir. Ayrıca jeneratör transfer paneli jeneratörü devreye almak için A fabrikasının ana OG dağıtım odasında kuplaj hücresinden önce bulunan ölçü hücresindeki gerilim varlığını izlemektedir. Ölçü hücresinde gerilim olduğu için jeneratör transfer paneli, fabrikanın enerjisiz kaldığını algılamaz ve dizel jeneratör devreye girmez. Böylece tüm A fabrikası enerjisiz kalır. Bu uzun süreli kesinti olarak adlandırılan bir enerji kalitesi problemidir.

Burada G noktasındaki kısa devre için ortaya çıkan bu durum, diğer dağıtım transformatörlerinin primer tarafından meydana gelecek olan kısa devreler için de geçerlidir. Bunu göstermek için MDP7 barası için gerilim çökmesi durumu incelenirken, A fabrikasının TR1 transformatörünün primer tarafındaki OG kablusunda yani H noktasında da kısa devre oluşturulmuş ve G noktası ile aynı sonucun ortaya çıktığı görülmüştür. Bu sonuçlar A fabrikasının ana OG dağıtım hücrelerindeki rölelerde seçicilikle (selektivite) ilgili sorunlar olduğunu göstermektedir. Bu durum Şekil 5.41’de tek hat şeması üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 5.41 : A fabrikasının enerjisiz kalması durumu.

Şebeke ile paralel çalışma durumu için eklerde verilen çizelgelerde (Çizelge A.1, Çizelge A.4, Çizelge A.7, Çizelge A.10, Çizelge A.13, Çizelge A.16, Çizelge A.19)

faz-toprak kısa devre akımlarının (I_k), üç faz kısa devre akımlarından biraz daha büyük olduğu görülmektedir. Normalde, üç faz kısa devre akımlarının faz-toprak kısa devre akımlarından büyük olması beklenir. IEC 60909 standardına göre; kural olarak en çok karşılaşılan 3 faz kısa devredir. Transformatörün yakınındaki topraklanmış nötr ile ya da nötrü topraklanmış olan transformatörde kısa devre baş gösterirse; faz-toprak kısa devre akımı üç faz kısa devre akımından daha büyük olabilir. Bu durumla, bağlantı kümesi Yz, Dy, Dz olan ve AG devresinde y veya z sargısı topraklanmış olan transformatörlerde karşılaşılır [11].

A fabrikasında bulunan 7 adet transformatörün bağlantı şekli Dyn11'dir. Faz-toprak kısa devresinde pozitif ve negatif ters bileşenlerin yanında sıfır bileşen de etkili olmaktadır. Bu transformatörlerin sekonder taraflarının yıldız noktaları doğrudan topraklanmıştır. Bu da hesaplamalarda sıfır bileşenin oldukça küçülmesini sağlamaktadır. Bu durumda faz toprak kısa devre akımları, üç faz kısa devre akımlarından daha büyük olmaktadır. Şebeke ile paralel çalışma için anlatılan bu durum, ada çalışma ve dizel generatörden çalışma durumları için de geçerlidir. Bu durum diğer çizelgelerde görülmektedir.

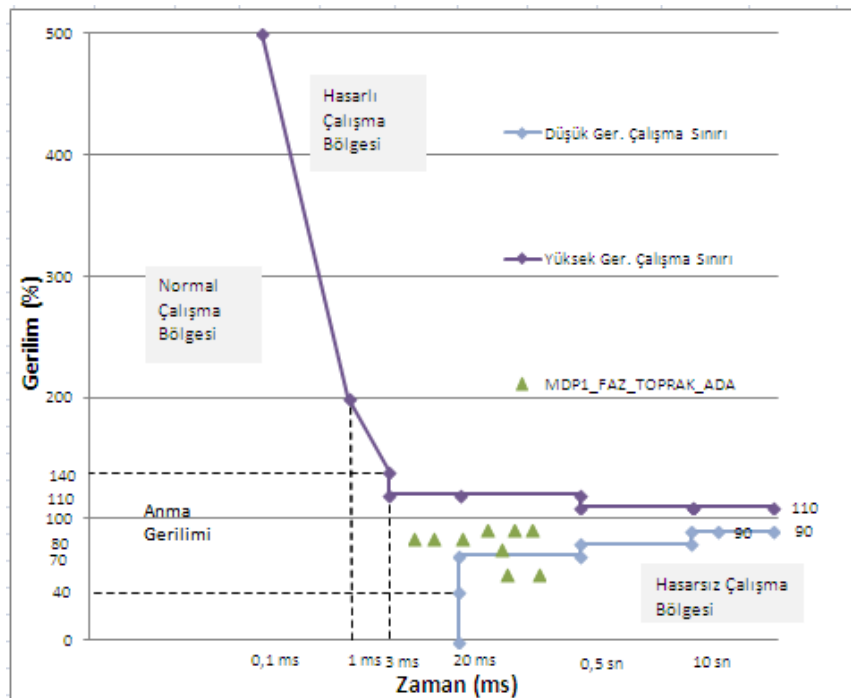
Gerçek durumda ise, transformatörlerin yıldız noktaları doğrudan topraklanmış olsa da zamanla, yıldız noktası ile toprak arasında çevresel etkenlerden dolayı bir geçiş direnci oluşmaktadır. A fabrikasının transformatörlerinin yıldız noktalarının ölçülmüş toprak geçiş dirençleri 0,32 ohm ile 0,97 ohm arasındadır. Bu direnç değerleri ile hesaplama yapıldığında faz toprak kısa devre akımları oldukça düşmektedir. Bu durumda faz toprak kısa devrelerini koruma röleleri veya ag kesicileri algılayamayacaktır. Bu tezde gerilim çökmeleri incelendiğinden ve gerilim çökmesinin büyüklüğü kısa devre akımıyla orantılı olduğundan, bu toprak geçişleri hesaba katılmamış ve faz toprak kısa devre akımlarının alacağı maksimum değerler hesaplanmıştır.

Yıldız noktası doğrudan topraklanmış transformatörlerde, koruma; kısa devre akımlarının sınırlandırılmaması üzerine bina edilir. Kısa devre esnasında aşırı akımların akması sağlanarak arıza noktasına en yakın AG kesicisinin veya rölenin arızayı algılaması beklenir. Bu sebeple bu transformatörlerin yıldız noktalarının toprak geçiş dirençlerinin sıfıra yakın olması sağlanarak emniyetli bir koruma düzeni meydana getirilmelidir.

5.2.2 Kojenerasyon ada çalışma durumu için yapılan hesaplar

Şekil 5.42 ve 5.43’de ada çalışma durumunda 9 farklı noktada faz-toprak ve üç faz kısa devre hatası olması durumunda MDP1 barasının durumu ayrı ayrı gösterilmiştir. Ada çalışma durumundaki bu hesaplama sonuçları Ek A’da Çizelge A.2’de gösterilmiştir.

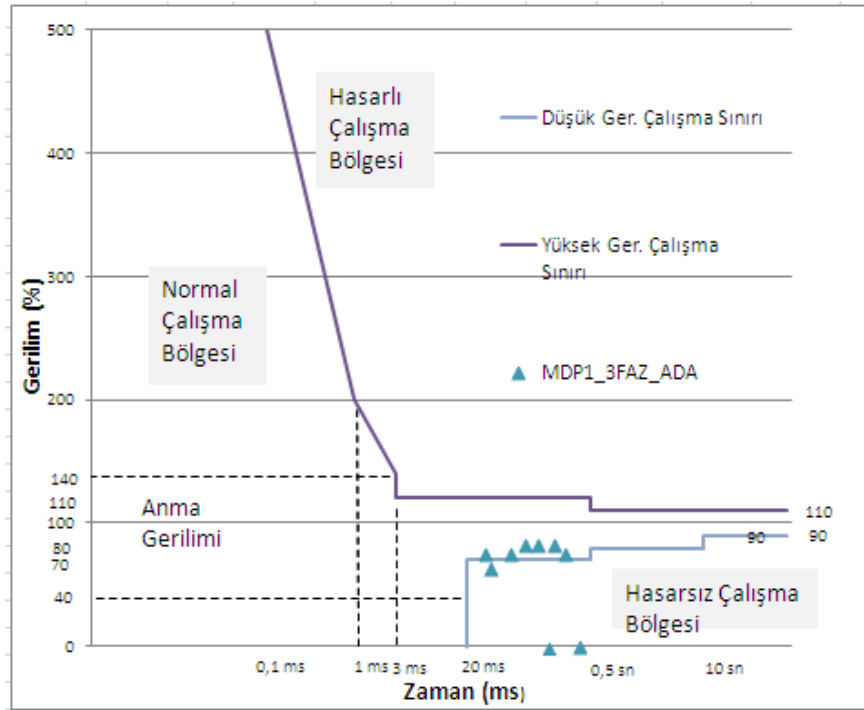
Şekil 5.42’den görüldüğü üzere; 6 noktadaki faz-toprak kısa devrelerinde MDP1 barasının gerilimi düzgün çalışma bölgesi içinde kalmaktadır. Bu durumda bilgisayar ve IT cihazları ve benzeri cihazların bu hatalardan etkilenmemeleri beklenmektedir. Yalnızca F noktasında yani Fabrika_1’in TR1 çıkış tarafında bir kısa devre durumunda; gerilim değeri çalışma sınırına çok yakındır. Bu noktada bir faz toprak kısa devresi olması durumunda bu MDP1 barasında gerilim çökmesi olayı görülebilir. 2 noktadaki faz toprak kısa devre hatası durumunda ise MDP1 barasının gerilim değeri düşük gerilimli çalışma sınırının altında, hasarsız çalışma bölgesi içine girmektedir. Bu durumda gerilim çökmesi yaşanır. Dolayısıyla MDP1 barasından beslenen bilgisayar ve IT benzeri cihazların bu kısa devrelerden etkilenip arızaya geçmeleri beklenmektedir. Bu 2 nokta E ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1’in ana OG barası ve A fabrikasının TR5 trafosunun primer tarafındaki besleme kablosudur.



Şekil 5.42 : MDP1 faz-toprak kısa devresi gerilim çökme-Ada çalışma – ITIC.

Şekil 5.43’de üç faz kısa devreleri sonucu MDP1 barasının durumu görülmektedir. 6 noktadaki kısa devre durumunda; baradaki gerilim bilgisayarlar ve benzeri cihazlar

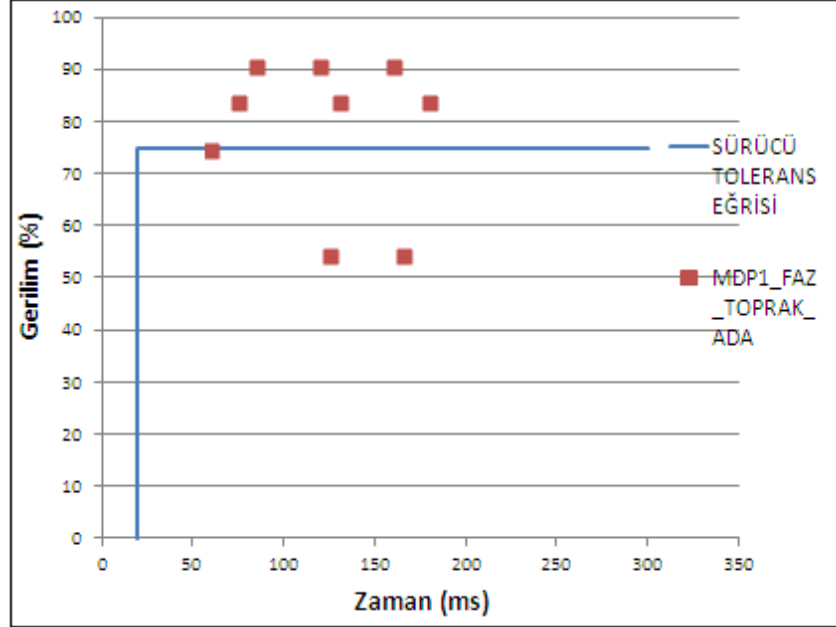
için düzgün çalışma bölgesinde kalmaktadır. 3 noktada kısa devre oluştuğunda bu baradaki gerilim değeri hasarsız çalışma bölgesi diye adlandırılan bölgeye düşmektedir. Bu noktalarda kısa devre olması durumunda bu cihazların arıza durumuna geçmeleri beklenmektedir. Bu noktalar F,E ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1 'in ana OG dağıtım barası, Fabrika_1'in TR1 transformatörü sekonder tarafı ve A fabrikasının TR5 transformatörünün primer tarafındaki OG kablosudur. Bu noktalardan yalnızca F noktasında meydana gelen 3 faz kısa devresi MDP1 barasında gerilim çökmesine neden olur. E ve G noktalarında meydana gelen 3 faz kısa devre hataları MDP1 barasının gerilimini nominal gerilimin %10'unun da altına düşürdüğünden, bu enerji kalitesi problemi kısa süreli kesinti olarak kendini gösterir.



Şekil 5.43 : MDP1 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi-ada çalışma-ITIC.

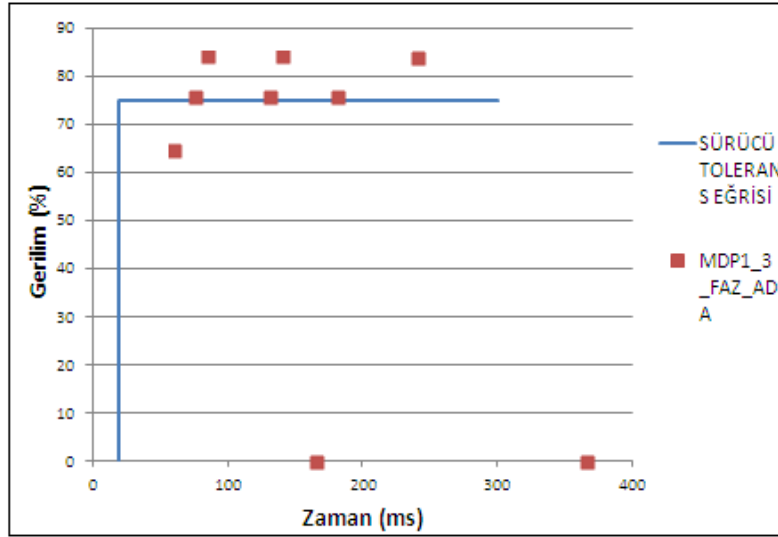
Şekil 5.44'de; 9 farklı noktada faz-toprak kısa devre durumunda MDP1 barasının durumu görülmektedir. Değerler tipik bir ac sürücü gerilim tolerans eğrisine işlenmiştir. 7 noktada meydana gelen faz-toprak kısa devresinde gerilim değerleri çalışma sınır eğrisinin üzerindedir. Bu noktalarda kısa devre olması durumunda bu baradan beslenen ac sürücüler düzgün şekilde çalışmaya devam edecektir. Yalnızca F noktasında yani Fabrika_1'e ait Trafo-1'in alçak gerilim barasında bir faz toprak kısa devresi meydana geldiğinde, MDP1 barasındaki gerilim sürücü gerilim-tolerans eğrisinin tam üzerinde kalmaktadır. Bu noktada bir faz toprak kısa devresi olması durumunda sürücülerin etkilenmesi beklenebilir. 2 noktada meydana gelen faz toprak

kısa devresinde ise MDP1 barasının gerilimi eğrinin altında çalışamaz bölgeye girmektedir. Bu durumda bu baradan beslenen ac sürücülerin bu hatalardan etkilenip arıza durumuna geçmeleri beklenmektedir.



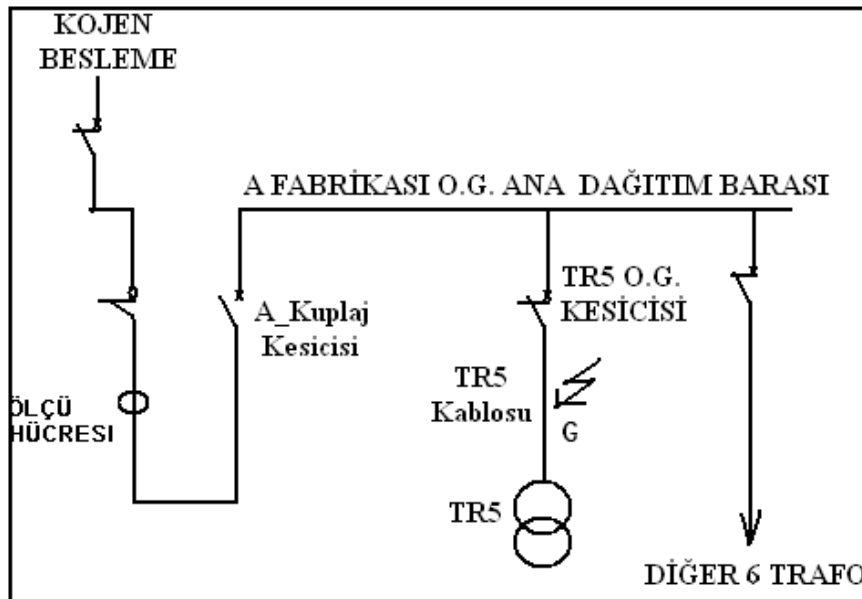
Şekil 5.44 : MDP1 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –Ada – STE.

Şekil 5.45’de üç faz kısa devre durumunda MDP1 barasının gerilim değerleri görülmektedir. 6 noktada oluşan kısa devrede; bu baradan beslenen sürücülerin düzgün çalışmaya devam etmesi beklenmektedir. 3 noktada ise sürücüler hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir. Bu noktalar; E,F, ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1’in ana OG barası, Fabrika_1 TR1 transformatörünün sekonder tarafı ve tezin konusu olan A fabrikasına ait TR5 transformatörünün primer tarafındaki OG besleme kablosudur. F noktasındaki 3 faz kısa devre hatası MDP1 barasında gerilim çökmesine neden olur. Ancak E ve G noktalarındaki 3 faz kısa devre hataları MDP1 barasının gerilim değerini nominal gerilimin %10’unun altına düşürdüğünden, gerilim çökmesine değil, kısa süreli kesintiye neden olurlar.



Şekil 5.45 : MDP1 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –Ada – STE.

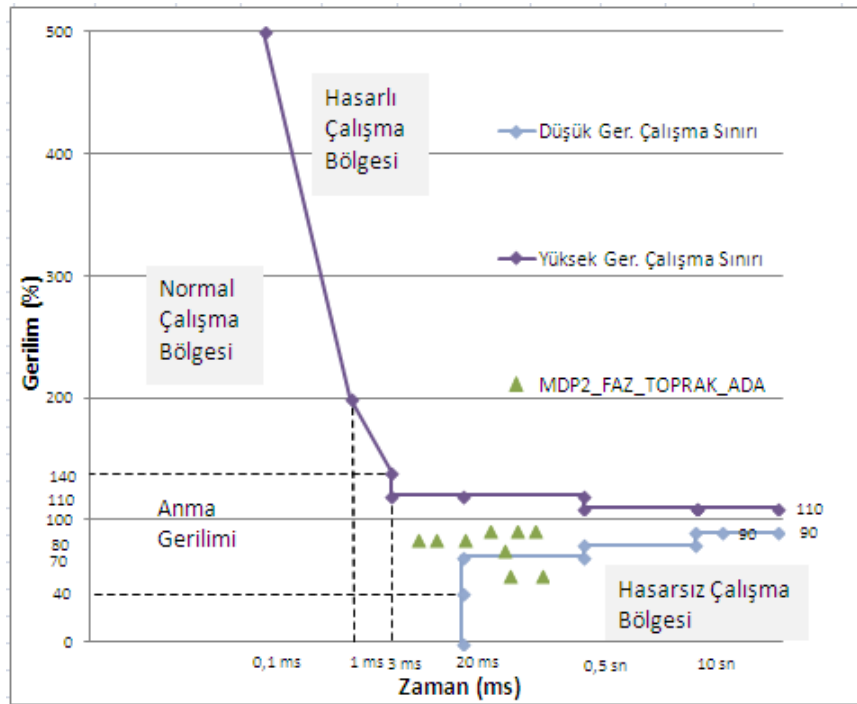
G noktasında yani TR5 transformatörünün primer tarafında bir kısa devre olduğunda; bu hattı koruyan TR5 rölesi ile, fabrikayı kojenerasyon tesisine bağlayan A_GİRİŞ_KPLJ hücresinin rölesi 100 msde açma sinyali vermektedir. Hangisinin önce açacağı bilinmemektedir. Eğer kuplaj hücresi kesicisi önce açarsa tüm fabrika enerjisiz kalır. Gerilim çökmesi ile sonuçlanabilecek bir kısa devre hatası, uzun süreli gerilim kesintisine dönüşebilmektedir. Aynı durum 3 faz kısa devre hatası olması durumunda da oluşabilir. Kojenerasyon tesisinin şebeke ile paralel çalışması esnasındaki kısa devre hatalarında da aynı durumla karşılaşıldığı Bölüm 5.2.1’de anlatılmıştır. Bu durumu gösteren tek hat şeması Şekil 5.46’da verilmiştir.



Şekil 5.46 : G noktasındaki kısa devre ve A_Kuplaj hücresinin açması durumunda oluşan A fabrikasının tek hat şeması.

Şekil 5.47 ve 5.48’de ada çalışma durumunda 9 farklı noktada faz-toprak ve üç faz kısa devre hatası olması durumunda MDP2 barasının durumu ayrı ayrı gösterilmiştir. Ada çalışma durumundaki bu hesaplama sonuçları Ek A Çizelge A.5’de gösterilmiştir.

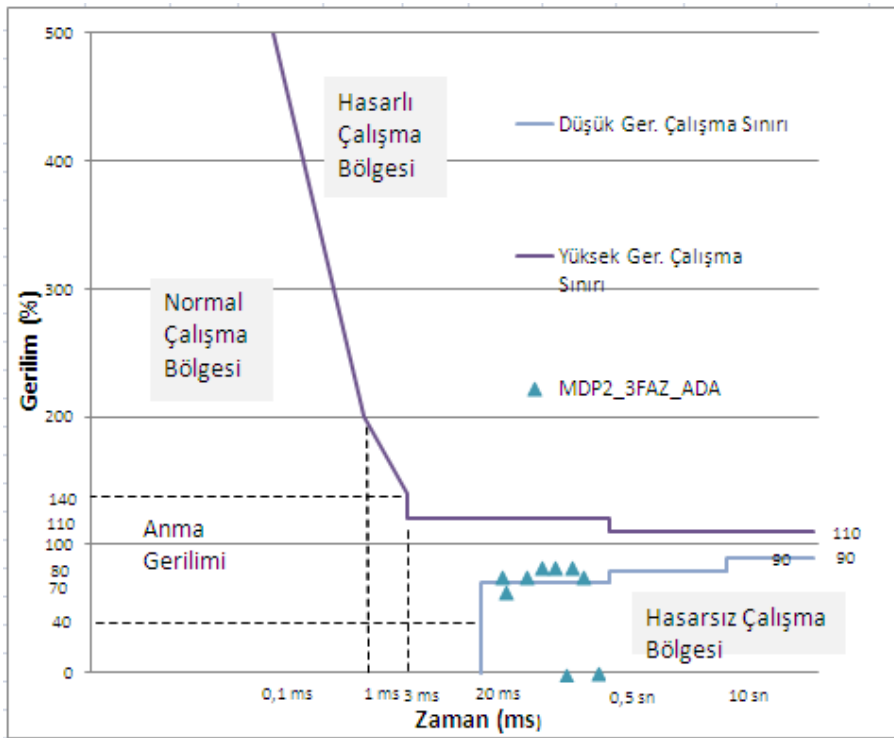
Şekil 5.47’de görüldüğü üzere; 6 noktadaki faz-toprak kısa devrelerinde MDP2 barasının gerilimi düzgün çalışma bölgesi içinde kalmaktadır. Bu durumda bilgisayar ve IT cihazları ve benzeri cihazlar bu hatalardan etkilenmemeleri beklenmektedir. Yalnızca F noktasında yani Fabrika_1’in TR1 çıkış tarafında bir kısa devre durumunda; gerilim değeri çalışma sınırına çok yakındır. Bu noktada bir faz toprak kısa devresi olması durumunda MDP2 barasında gerilim çökmesi olayı görülebilir. 2 noktadaki faz toprak kısa devre hatası durumunda ise MDP2 barasının gerilim değeri düşük gerilimli çalışma sınırının altında, hasarsız çalışma bölgesi içine girmektedir. Bu durumda gerilim çökmesi yaşanır. Dolayısıyla MDP2 barasından beslenen bilgisayar ve IT benzeri cihazların bu kısa devrelerden etkilenip arızaya geçmeleri beklenmektedir. Bu 2 nokta E ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1’in ana OG barası ve A fabrikasının TR5 trafosunun primer tarafındaki besleme kablosudur.



Şekil 5.47 : MDP2 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi-Ada çalışma-ITIC.

Şekil 5.48’de üç faz kısa devreleri sonucu MDP2 barasının durumu görülmektedir. 6 noktadaki kısa devre durumunda; baradaki gerilim bilgisayarlar ve benzeri cihazlar için düzgün çalışma bölgesinde kalmaktadır. 3 noktada kısa devre oluştuğunda bu

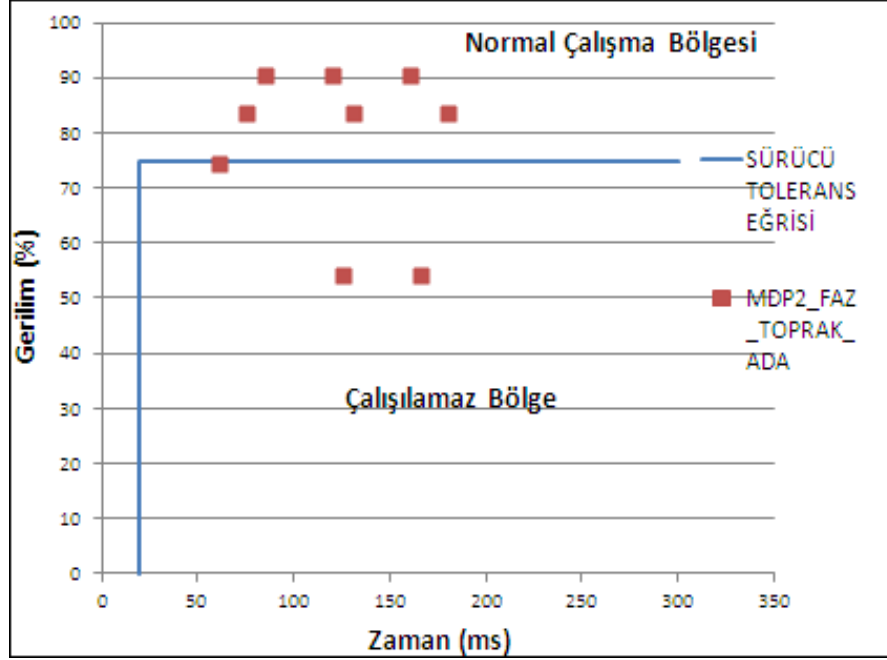
baradaki gerilim değeri hasarsız çalışma bölgesi diye adlandırılan bölgeye düşmektedir. Bu noktalarda kısa devre olması durumunda bu cihazlar arıza durumuna geçerler. Bu noktalar F,E ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1 'in ana OG dağıtım barası, Fabrika_1'in TR1 transformatörü sekonder tarafı ve A fabrikasının TR5 transformatörünün primer tarafındaki OG kablo sudur. Bu noktalardan yalnızca F noktasında meydana gelen 3 faz kısa devresi MDP2 barasında gerilim çökmesine neden olur. E ve G noktalarında meydana gelen 3 faz kısa devre hataları MDP2 barasının gerilimini nominal gerilimin %10'unun da altına düşürdüğünden, bu enerji kalitesi problemi kısa süreli kesinti olarak kendini gösterir.



Şekil 5.48 : MDP2 üç faz kısa devresi gerilim çökmesi-Ada çalışma – ITIC.

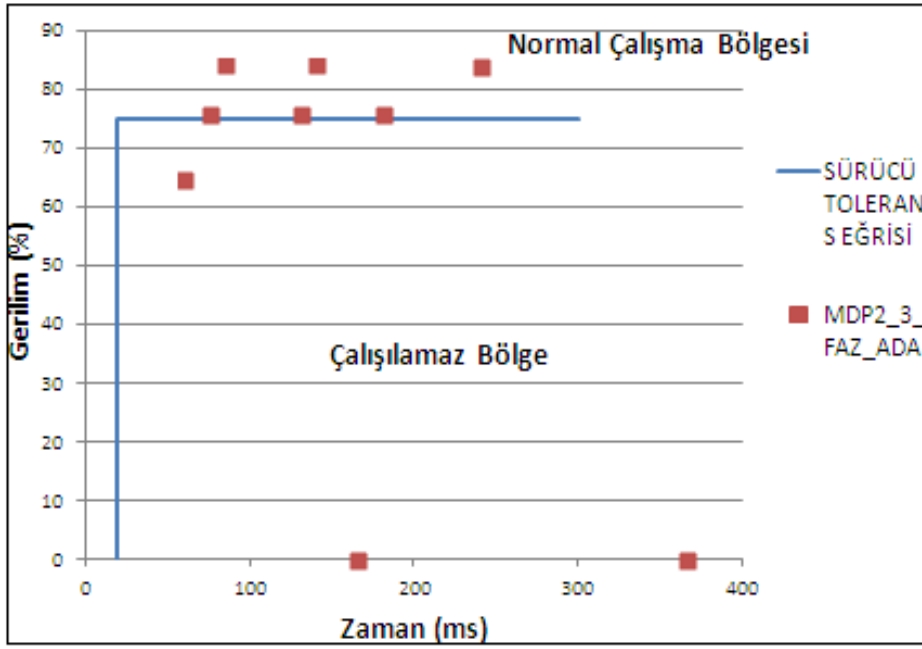
Şekil 5.49'da; 9 farklı noktada faz-toprak kısa devre durumunda MDP2 barasının durumu görülmektedir. Değerler tipik bir ac sürücü gerilim tolerans eğrisine işlenmiştir. 7 noktada meydana gelen faz-toprak kısa devresinde gerilim değerleri çalışma sınır eğrisinin üzerindedir. Bu noktalarda kısa devre olması durumunda bu baradan beslenen ac sürücüler düzgün şekilde çalışmaya devam edecektir. Yalnızca F noktasında yani Fabrika_1'e ait Trafo-1'in alçak gerilim barasında bir faz toprak kısa devresi meydana geldiğinde, MDP2 barasındaki gerilim sürücü gerilim-tolerans eğrisininin tam üzerinde kalmaktadır. Bu noktada bir faz toprak kısa devresi olması durumunda sürücülerin etkilenmesi beklenebilir. 2 noktada meydana gelen faz toprak

kısa devresinde ise MDP2 barasının gerilimi eğrinin altında çalışamaz bölgeye girmektedir. Bu durumda bu baradan beslenen ac sürücülerin bu hatalardan etkilenip arıza durumuna geçmeleri beklenmektedir.



Şekil 5.49 : MDP2 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –Ada – STE.

Şekil 5.50’de üç faz kısa devre durumunda MDP2 barasının gerilim değerleri görülmektedir. 6 noktada oluşan kısa devrede; bu baradan beslenen sürücüler düzgün çalışmaya devam edecektir. 3 noktada ise sürücüler hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir. Bu noktalar; E,F, ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1’in ana OG barası, Fabrika_1 TR1 transformatörünün sekonder tarafı ve tezin konusu olan A fabrikasına ait TR5 transformatörünün primer tarafındaki OG besleme kablosudur. F noktasındaki 3 faz kısa devre hatası MDP2 barasında gerilim çökmesine neden olur. Ancak E ve G noktalarındaki 3 faz kısa devre hataları MDP2 barasının gerilim değerini nominal gerilimin %10’unun altına düşürdüğünden, gerilim çökmesine değil, kısa süreli kesintiye neden olurlar.

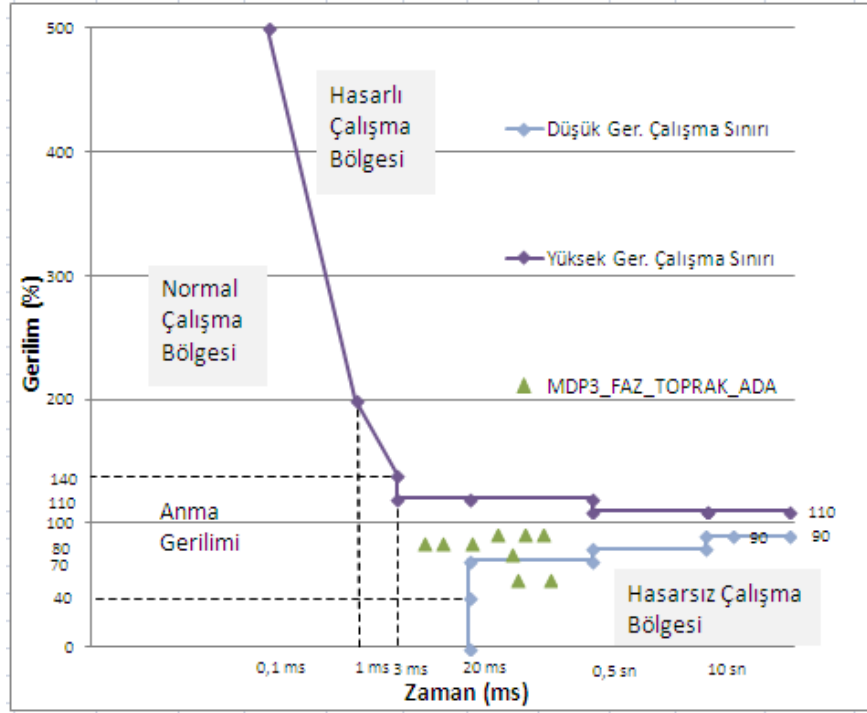


Şekil 5.50 : MDP2 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –Ada – STE.

G noktasında yani Trafo-5 ‘in primer tarafında bir 3 faz kısa devresi olduğunda, A fabrikasının kuplaj hücresinin açabileceği ve bu durumda bir kesinti durumu ortaya çıkacağı MDP1 barası için yapılan açıklamalarda belirtilmektedir. Bu durum MDP2 barası ve diğer tüm 4 dağıtım barası için de geçerlidir.

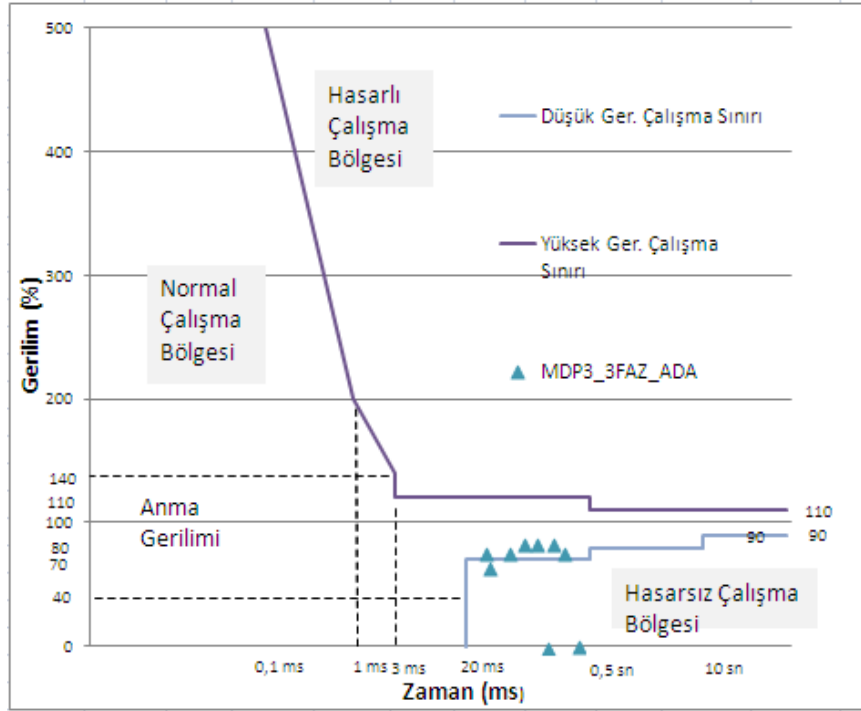
Şekil 5.51 ve 5.52’de ada çalışma durumunda 9 noktada faz-toprak ve üç faz kısa devre hatası olması durumunda MDP3 barasının durumu ayrı ayrı gösterilmiştir. Ada çalışma durumundaki bu hesaplama sonuçları Ek A Çizelge A.8’de gösterilmiştir.

Şekil 5.51’den görüldüğü üzere; 6 noktadaki faz-toprak kısa devrelerinde MDP3 barasının gerilimi düzgün çalışma bölgesi içinde kalmaktadır. Bu durumda bilgisayar ve IT cihazları ve benzeri cihazlar bu hatalardan etkilenmeyecektir. Yalnızca F noktasında yani Fabrika_1’in TR1 çıkış tarafında bir kısa devre durumunda; gerilim değeri çalışma sınırına çok yakındır. Bu noktada bir faz toprak kısa devresi olması durumunda bu MDP3 barasında gerilim çökmesi olayı görülebilir. 2 noktadaki faz toprak kısa devre hatası durumunda ise MDP3 barasının gerilim değeri düşük gerilimli çalışma sınırının altında, hasarsız çalışma bölgesi içine girmektedir. Bu durumda gerilim çökmesi yaşanır. Dolayısıyla MDP3 barasından beslenen bilgisayar ve IT benzeri cihazların bu kısa devrelerden etkilenip arızaya geçmeleri beklenmektedir. Bu 2 nokta E ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1’in ana OG barası ve A fabrikasının TR5 trafosunun primer tarafındaki besleme kablosudur.



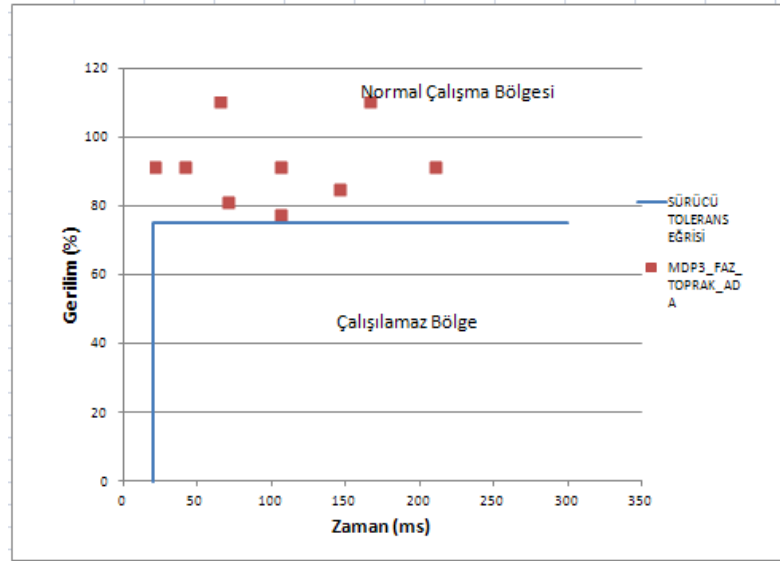
Şekil 5.51 : MDP3 faz-toprak kısa devresi gerilim çökmesi-Ada çalışma-ITIC.

Şekil 5.52’de üç faz kısa devreleri sonucu MDP3 barasının durumu görülmektedir. 6 noktadaki kısa devre durumunda; baradaki gerilim bilgisayarlar ve benzeri cihazlar için düzgün çalışma bölgesinde kalmaktadır. 3 noktada kısa devre oluştuğunda bu baradaki gerilim değeri hasarsız çalışma bölgesi diye adlandırılan bölgeye düşmektedir. Bu noktalarda kısa devre olması durumunda bu cihazlar arıza durumuna geçerler. Bu noktalar F,E ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1 ‘in ana OG dağıtım barası, Fabrika_1’in TR1 transformatörü sekonder tarafı ve A fabrikasının TR5 transformatörünün primer tarafındaki OG kablodur. Bu noktalardan yalnızca F noktasında meydana gelen 3 faz kısa devresi MDP3 barasında gerilim çökmesine neden olur. E ve G noktalarında meydana gelen 3 faz kısa devre hataları MDP3 barasının gerilimini nominal gerilimin %10’unun da altına düşürdüğünden, bu enerji kalitesi problemi; kısa süreli kesinti olarak kendini gösterir. Yukarıda diğer baralar için de anlatıldığı üzere, G noktasında yani TR5’in primer tarafındaki bir 3 faz kısa devresinde A fabrikasının kuplaj hücresinin açma ihtimali olduğundan A fabrikası enerjisiz kalabilmektedir.



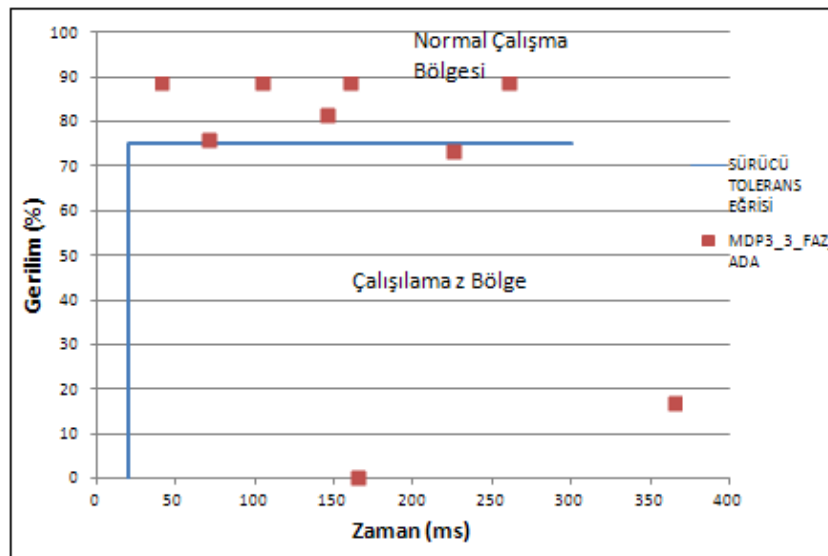
Şekil 5.52 : MDP3 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi-Ada çalışma- ITIC.

Şekil 5.53’de; 9 farklı noktada faz-toprak kısa devre durumunda MDP3 barasının durumu görülmektedir. Değerler tipik bir ac sürücü gerilim tolerans eğrisine işlenmiştir. 7 noktada meydana gelen faz-toprak kısa devresinde gerilim değerleri çalışma sınır eğrisinin üzerindedir. Bu noktalarda kısa devre olması durumunda bu baradan beslenen ac sürücüler düzgün şekilde çalışmaya devam edecektir. Yalnızca F noktasında yani Fabrika_1’e ait Trafo-1’in alçak gerilim barasında bir faz toprak kısa devresi meydana geldiğinde, MDP3 barasındaki gerilim sürücü gerilim-tolerans eğrisinin tam üzerinde kalmaktadır. Bu noktada bir faz toprak kısa devresi olması durumunda sürücülerin etkilenmesi beklenebilir. 2 noktada meydana gelen faz toprak kısa devresinde ise MDP3 barasının gerilimi eğrinin altında çalışamaz bölgeye girmektedir. Bu durumda bu baradan beslenen ac sürücülerin bu hatalardan etkilenip arıza durumuna geçmeleri beklenmektedir.



Şekil 5.53 : MDP3 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –Ada – STE.

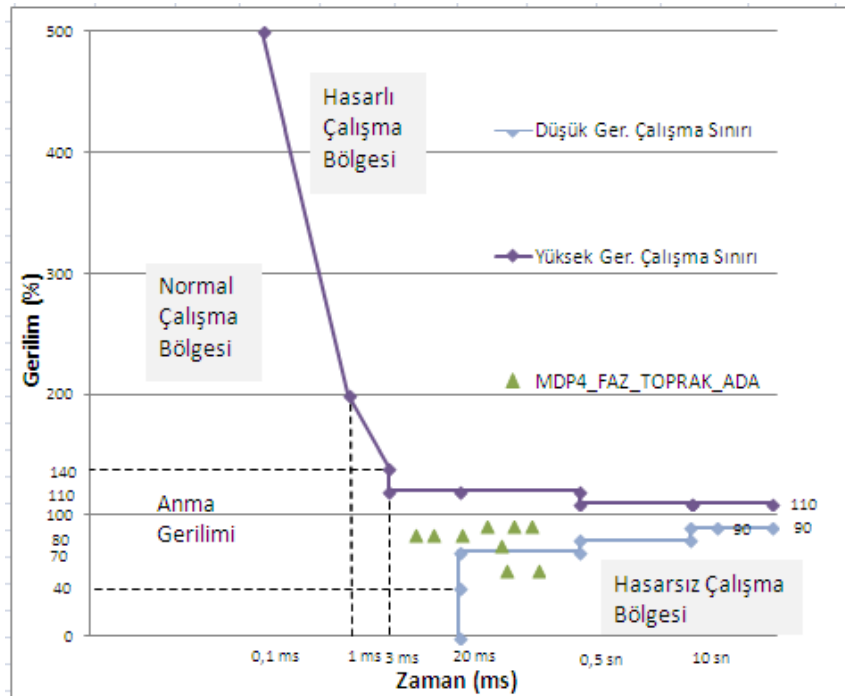
Şekil 5.54’de üç faz kısa devre durumunda MDP3 barasının gerilim değerleri görülmektedir. 6 noktada oluşan kısa devrede; bu baradan beslenen sürücüler düzgün çalışmaya devam edecektir. 3 noktada ise sürücüler hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir. Bu noktalar; E,F, ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1’in ana OG barası, Fabrika_1 TR1 transformatörünün sekonder tarafı ve tezin konusu olan A fabrikasına ait TR5 transformatörünün primer tarafındaki OG besleme kablosudur. F noktasındaki 3 faz kısa devre hatası MDP3 barasında gerilim çökmesine neden olur. Ancak E ve G noktalarındaki 3 faz kısa devre hataları MDP3 barasının gerilim değerini nominal gerilimin %10’unun altına düşürdüğünden, gerilim çökmesine değil, kısa süreli kesintiye neden olurlar.



Şekil 5.54 : MDP3 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –Ada – STE.

Şekil 5.55 ve 5.56’te ada çalışma durumunda 9 farklı noktada faz-toprak ve üç faz kısa devre hatası olması halinde MDP4 barasının durumu ayrı ayrı gösterilmiştir. Ada çalışma durumundaki bu hesaplama sonuçları Ek A Çizelge A.11’de gösterilmiştir.

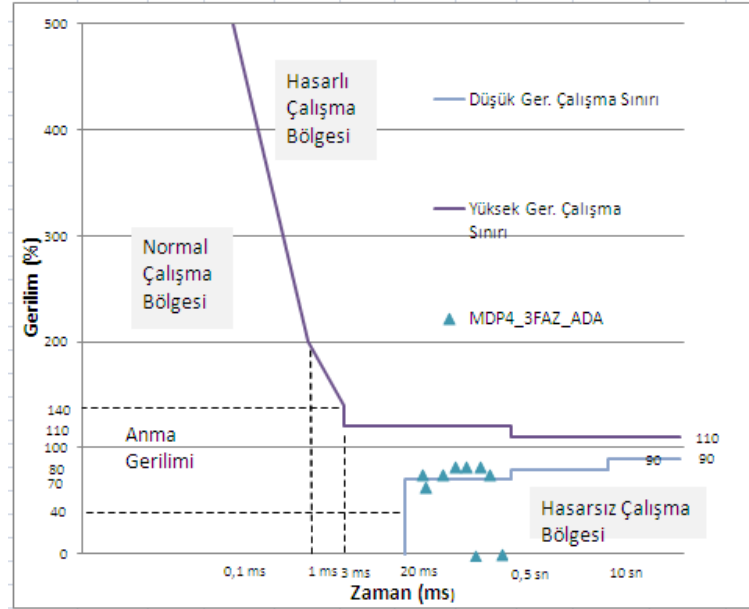
Şekil 5.55’de görüldüğü üzere; 7 noktadaki faz-toprak kısa devrelerinde MDP4 barasının gerilimi düzgün çalışma bölgesi içinde kalmaktadır. Bu durumda bilgisayar ve IT cihazları ve benzeri cihazlar bu hatalardan etkilenmeyecektir. Yalnızca F noktasında yani Fabrika_1’in TR1 çıkış tarafında bir kısa devre durumunda; gerilim değeri çalışma sınırına çok yakındır. Bu noktada bir faz toprak kısa devresi olması durumunda bu MDP4 barasında gerilim çökmesi olayı görülebilir. 2 noktadaki faz toprak kısa devre hatası durumunda ise MDP4 barasının gerilim değeri düşük gerilimli çalışma sınırının altında, hasarsız çalışma bölgesi içine girmektedir. Bu durumda gerilim çökmesi yaşanır. Dolayısıyla MDP4 barasından beslenen bilgisayar ve IT benzeri cihazların bu kısa devrelerden etkilenip arızaya geçmeleri beklenmektedir. Bu 2 nokta E ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1’in ana OG barası ve A fabrikasının TR5 trafosunun primer tarafındaki besleme kablosudur.



Şekil 5.55 : MDP4 faz-toprak kısa devresi gerilim çökmesi-Ada çalışma-ITIC.

Şekil 5.56’de üç faz kısa devreleri sonucu MDP4 barasının durumu görülmektedir. 6 noktadaki kısa devre durumunda; baradaki gerilim bilgisayarlar ve benzeri cihazlar için düzgün çalışma bölgesinde kalmaktadır. 3 noktada kısa devre oluştuğunda bu

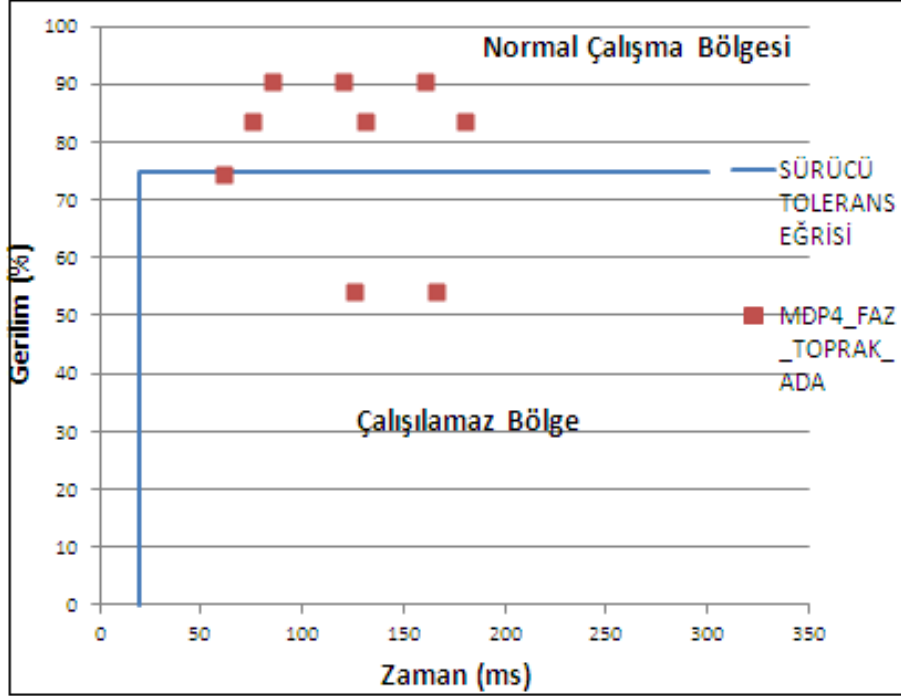
baradaki gerilim değeri hasarsız çalışma bölgesi diye adlandırılan bölgeye düşmektedir. Bu noktalarda kısa devre olması durumunda bu cihazlar arıza durumuna geçerler. Bu noktalar F,E ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1 ‘in ana OG dağıtım barası, Fabrika_1’in TR1 transformatörü sekonder tarafı ve A fabrikasının TR5 transformatörünün primer tarafındaki OG kablosudur. Bu noktalardan yalnızca F noktasında meydana gelen 3 faz kısa devresi MDP4 barasında gerilim çökmesine neden olur. E ve G noktalarında meydana gelen 3 faz kısa devre hataları MDP4 barasının gerilimini nominal gerilimin %10’unun da altına düşürdüğünden, bu enerji kalitesi problemi; kısa süreli kesinti olarak kendini gösterir. Yukarıda diğer baralar için de anlatıldığı üzere, G noktasında yani TR5’in primer tarafındaki bir 3 faz kısa devresinde A fabrikasının kuplaj hücresinin açma ihtimali olduğundan A fabrikası enerjisiz kalabilmektedir.



Şekil 5.56 : MDP4 üç faz kısa devresi gerilim çökmesi-Ada çalışma – ITIC.

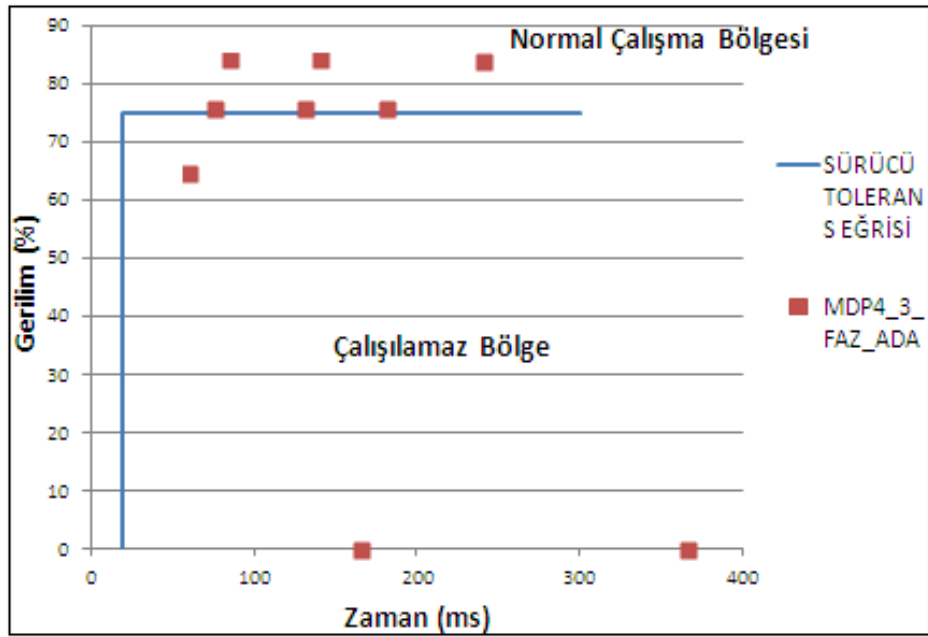
Şekil 5.57’de; 9 farklı noktada faz-toprak kısa devre durumunda MDP4 barasının durumu görülmektedir. Değerler tipik bir ac sürücü gerilim tolerans eğrisine işlenmiştir. 7 noktada meydana gelen faz-toprak kısa devresinde gerilim değerleri çalışma sınır eğrisinin üzerindedir. Bu noktalarda kısa devre olması durumunda bu baradan beslenen ac sürücüler düzgün şekilde çalışmaya devam edecektir. Yalnızca F noktasında yani Fabrika_1’e ait Trafo-1’in alçak gerilim barasında bir faz toprak kısa devresi meydana geldiğinde, MDP4 barasındaki gerilim sürücü gerilim-tolerans eğrisinin tam üzerinde kalmaktadır. Bu noktada bir faz toprak kısa devresi olması durumunda sürücülerin etkilenmesi beklenebilir. 2 noktada meydana gelen faz toprak

kısa devresinde ise MDP4 barasının gerilimi eğrinin altında çalışamaz bölgeye girmektedir. Bu durumda bu baradan beslenen ac sürücülerin bu hatalardan etkilenip arıza durumuna geçmeleri beklenmektedir.



Şekil 5.57 : MDP4 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –Ada – STE.

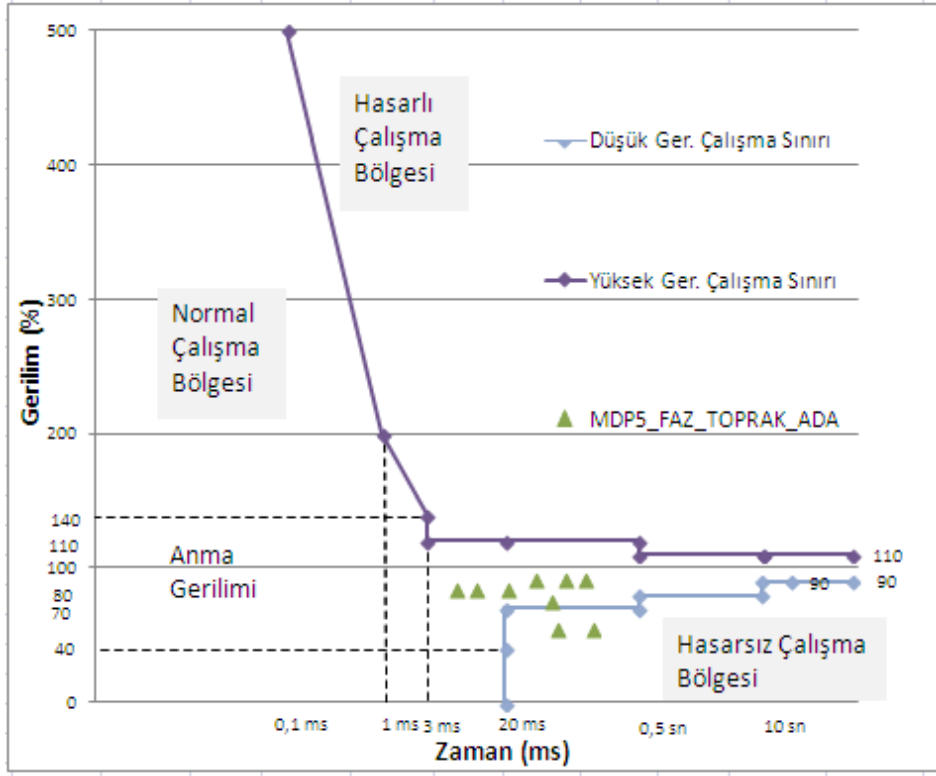
Şekil 5.58’de üç faz kısa devre durumunda MDP4 barasının gerilim değerleri görülmektedir. 6 noktada oluşan kısa devrede; bu baradan beslenen sürücüler düzgün çalışmaya devam edecektir. 3 noktada ise sürücüler hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir. Bu noktalar; E,F, ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1’in ana OG barası, Fabrika_1 TR1 transformatörünün sekonder tarafı ve tezin konusu olan A fabrikasına ait TR5 transformatörünün primer tarafındaki OG besleme kablosudur. F noktasındaki 3 faz kısa devre hatası MDP4 barasında gerilim çökmesine neden olur. Ancak E ve G noktalarındaki 3 faz kısa devre hataları MDP4 barasının gerilim değerini nominal gerilimin %10’unun altına düşürdüğünden, gerilim çökmesine değil, kısa süreli kesintiye neden olurlar. Yukarıda da bahsedildiği üzere G noktasında bir 3 faz kısa devresinde A fabrikasının kuplaj hücresinin açma ihtimali vardır. Bu durumda A fabrikası enerjisiz kalabilmektedir.



Şekil 5.58 : MDP4 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –Ada – STE.

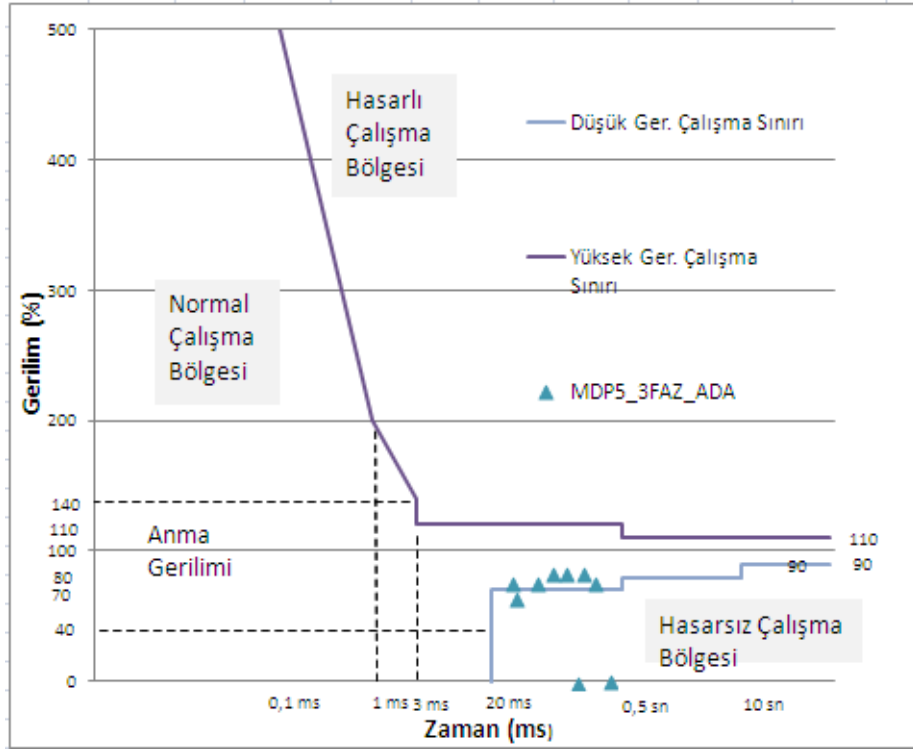
Şekil 5.59 ve 5.60’da ada çalışma durumunda 9 farklı noktada faz-toprak ve üç faz kısa devre hatası olması durumunda MDP5 barasının durumu ayrı ayrı gösterilmiştir. Ada çalışma durumundaki bu hesaplama sonuçları Ek A Çizelge A.14’de gösterilmiştir.

Şekil 5.59’den görüldüğü üzere; 7 noktadaki faz-toprak kısa devrelerinde MDP5 barasının gerilimi düzgün çalışma bölgesi içinde kalmaktadır. Bu durumda bilgisayar ve IT cihazları ve benzeri cihazlar bu hatalardan etkilenmeyecektir. Yalnızca F noktasında yani Fabrika_1’in TR1 çıkış tarafında bir kısa devre durumunda; gerilim değeri çalışma sınırına çok yakındır. Bu noktada bir faz toprak kısa devresi olması durumunda MDP5 barasında gerilim çökmesi olayı görülebilir. 2 noktadaki faz toprak kısa devre hatası durumunda ise MDP5 barasının gerilim değeri düşük gerilimli çalışma sınırının altında, hasarsız çalışma bölgesi içine girmektedir. Bu durumda gerilim çökmesi yaşanır. Dolayısıyla MDP5 barasından beslenen bilgisayar ve IT benzeri cihazların bu kısa devrelerden etkilenip arızaya geçmeleri beklenmektedir. Bu 2 nokta E ve H noktalarıdır. Yani Fabrika_1’in ana OG barası ve A fabrikasının TR1 trafosunun primer tarafındaki besleme kablodur.



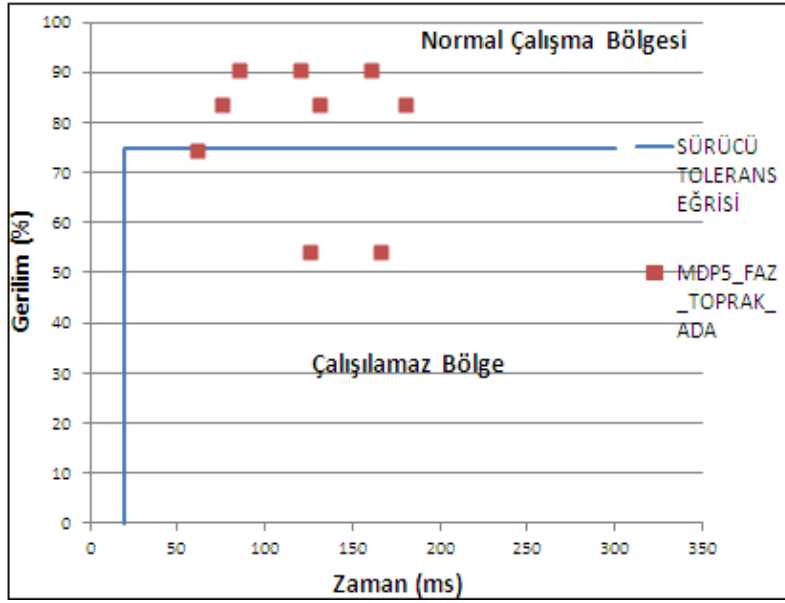
Şekil 5.59 : MDP5 faz-toprak kısa devresi gerilim çökmesi-Ada çalışma-ITIC.

Şekil 5.60'da üç faz kısa devreleri sonucu MDP5 barasının durumu görülmektedir. 6 noktadaki kısa devre durumunda; baradaki gerilim bilgisayarlar ve benzeri cihazlar için düzgün çalışma bölgesinde kalmaktadır. 3 noktada kısa devre oluştuğunda bu baradaki gerilim değeri hasarsız çalışma bölgesi diye adlandırılan bölgeye düşmektedir. Bu noktalarda kısa devre olması durumunda bu cihazlar arıza durumuna geçerler. Bu noktalar F,E ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1 'in ana OG dağıtım barası, Fabrika_1'in TR1 transformatörü sekonder tarafı ve A fabrikasının TR5 transformatörünün primer tarafındaki OG kablo sudur. Bu noktalardan yalnızca F noktasında meydana gelen 3 faz kısa devresi MDP5 barasında gerilim çökmesine neden olur. E ve H noktalarında meydana gelen 3 faz kısa devre hataları MDP5 barasının gerilimini nominal gerilimin %10'unun da altına düşürdüğünden, bu enerji kalitesi problemi; kısa süreli kesinti olarak kendini gösterir. Yukarıda diğer baralar için de anlatıldığı üzere, H noktasında yani TR1'in primer tarafındaki bir 3 faz kısa devresinde A fabrikasının kuplaj hücresinin açma ihtimali olduğundan A fabrikası enerjisiz kalabilmektedir.



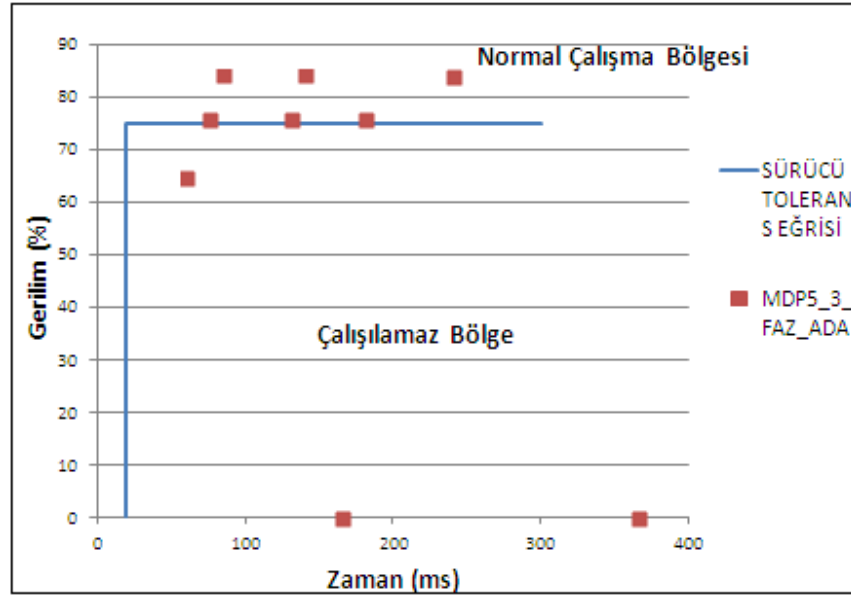
Şekil 5.60 : MDP5 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi-Ada çalışma-ITIC.

Şekil 5.61’de; 9 farklı noktada faz-toprak kısa devre durumunda MDP5 barasının durumu görülmektedir. Değerler tipik bir ac sürücü gerilim tolerans eğrisine işlenmiştir. 7 noktada meydana gelen faz-toprak kısa devresinde gerilim değerleri çalışma sınır eğrisinin üzerindedir. Bu noktalarda kısa devre olması durumunda bu baradan beslenen ac sürücüler düzgün şekilde çalışmaya devam edecektir. Yalnızca F noktasında yani Fabrika_1’e ait Trafo-1’in alçak gerilim barasında bir faz toprak kısa devresi meydana geldiğinde, MDP5 barasındaki gerilim sürücü gerilim-tolerans eğrisinin tam üzerinde kalmaktadır. Bu noktada bir faz toprak kısa devresi olması durumunda sürücülerin etkilenmesi beklenebilir. 2 noktada meydana gelen faz toprak kısa devresinde ise MDP5 barasının gerilimi eğrinin altında çalışılamaz bölgeye girmektedir. Bu durumda bu baradan beslenen ac sürücülerin bu hatalardan etkilenip arıza durumuna geçmeleri beklenmektedir.



Şekil 5.61 : MDP5 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –Ada – STE.

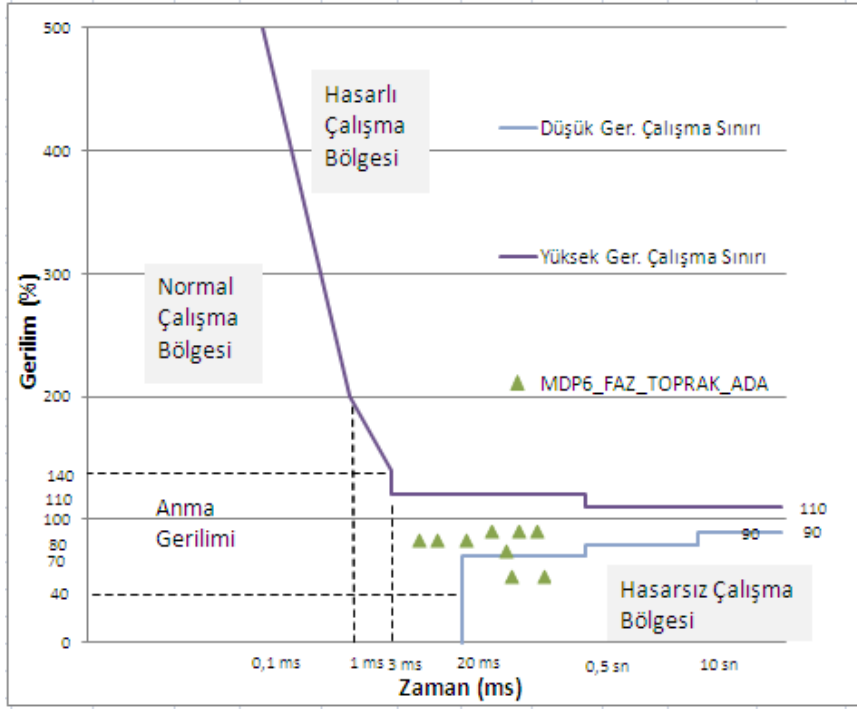
Şekil 5.62’de üç faz kısa devre durumunda MDP5 barasının gerilim değerleri görülmektedir. 6 noktada oluşan kısa devrede; bu baradan beslenen sürücüler düzgün çalışmaya devam edecektir. 3 noktada ise sürücüler hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir. Bu noktalar; E,F, ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1’in ana OG barası, Fabrika_1 TR1 transformatörünün sekonder tarafı ve tezin konusu olan A fabrikasına ait TR5 transformatörünün primer tarafındaki OG besleme kablosudur. F noktasındaki 3 faz kısa devre hatası MDP5 barasında gerilim çökmesine neden olur. Ancak E ve H noktalarındaki 3 faz kısa devre hataları MDP5 barasının gerilim değerini nominal gerilimin %10’unun altına düşürdüğünden, gerilim çökmesine değil, kısa süreli kesintiye neden olurlar. Yukarıda da bahsedildiği üzere H noktasında bir 3 faz kısa devresinde A fabrikasının kuplaj hücresinin açma ihtimali vardır. Bu durumda A fabrikası enerjisiz kalabilmektedir.



Şekil 5.62 : MDP5 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –Ada – STE.

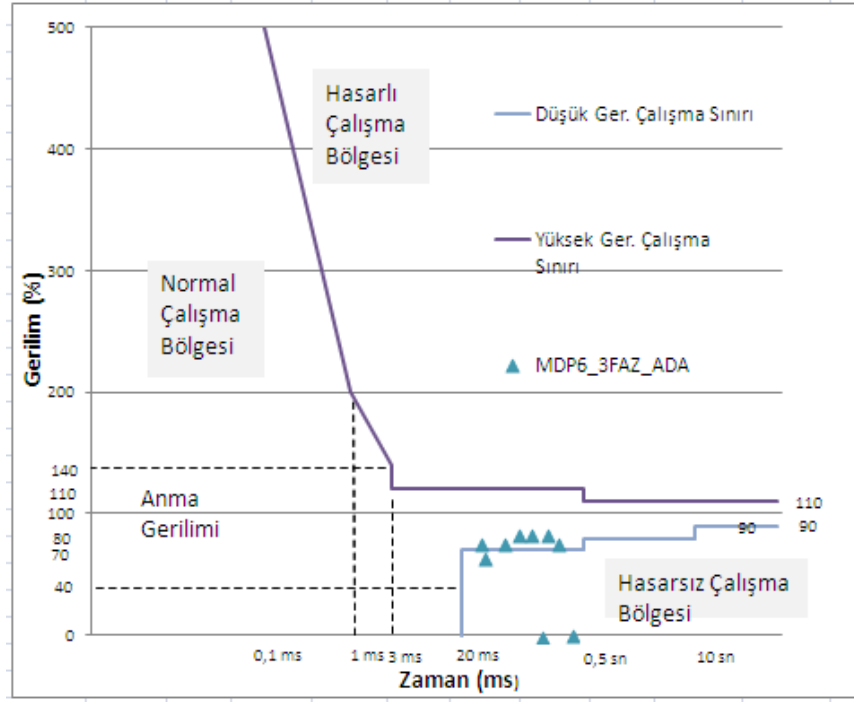
Şekil 5.63 ve 5.64’de ada çalışma durumunda 9 farklı noktada faz-toprak ve üç faz kısa devre hatası olması durumunda MDP6 barasının durumu ayrı ayrı gösterilmiştir. Ada çalışma durumundaki bu hesaplama sonuçları Ek A Çizelge A.17’de gösterilmiştir.

Şekil 5.63’de görüldüğü üzere; 7 noktadaki faz-toprak kısa devrelerinde MDP6 barasının gerilimi düzgün çalışma bölgesi içinde kalmaktadır. Bu durumda bilgisayar ve IT cihazları ve benzeri cihazlar bu hatalardan etkilenmeyecektir. Yalnızca F noktasında yani Fabrika_1’in TR1 çıkış tarafında bir kısa devre durumunda; gerilim değeri çalışma sınırına çok yakındır. Bu noktada bir faz toprak kısa devresi olması durumunda MDP6 barasında gerilim çökmesi olayı görülebilir. 2 noktadaki faz toprak kısa devre hatası durumunda ise MDP6 barasının gerilim değeri düşük gerilimli çalışma sınırının altında, hasarsız çalışma bölgesi içine girmektedir. Bu durumda gerilim çökmesi yaşanır. Dolayısıyla MDP6 barasından beslenen bilgisayar ve IT benzeri cihazların bu kısa devrelerden etkilenip arızaya geçmeleri beklenmektedir. Bu 2 nokta E ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1’in ana OG barası ve A fabrikasının TR5 trafosunun primer tarafındaki besleme kablosudur.



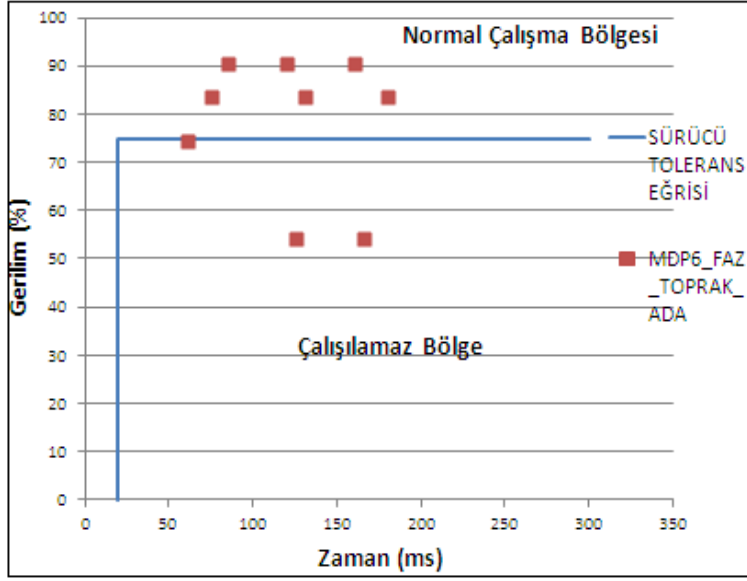
Şekil 5.63 : MDP6 faz-toprak kısa devresi gerilim çökmesi-Ada çalışma-ITIC.

Şekil 5.64’de üç faz kısa devreleri sonucu MDP6 barasının durumu görülmektedir. 6 noktadaki kısa devre durumunda; baradaki gerilim bilgisayarlar ve benzeri cihazlar için düzgün çalışma bölgesinde kalmaktadır. 3 noktada kısa devre oluştuğunda bu baradaki gerilim değeri hasarsız çalışma bölgesi diye adlandırılan bölgeye düşmektedir. Bu noktalarda kısa devre olması durumunda bu cihazlar arıza durumuna geçerler. Bu noktalar F,E ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1 ‘in ana OG dağıtım barası, Fabrika_1’in TR1 transformatörü sekonder tarafı ve A fabrikasının TR5 transformatörünün primer tarafındaki OG kablo sudur. Bu noktalardan yalnızca F noktasında meydana gelen 3 faz kısa devresi MDP6 barasında gerilim çökmesine neden olur. E ve G noktalarında meydana gelen 3 faz kısa devre hataları MDP6 barasının gerilimini nominal gerilimin %10’unun da altına düşürdüğünden, bu enerji kalitesi problemi; kısa süreli kesinti olarak kendini gösterir. Yukarıda diğer baralar için de anlatıldığı üzere, G noktasında yani TR5’in primer tarafındaki bir 3 faz kısa devresinde A fabrikasının kuplaj hücresinin açma ihtimali olduğundan A fabrikası enerjisiz kalabilmektedir.



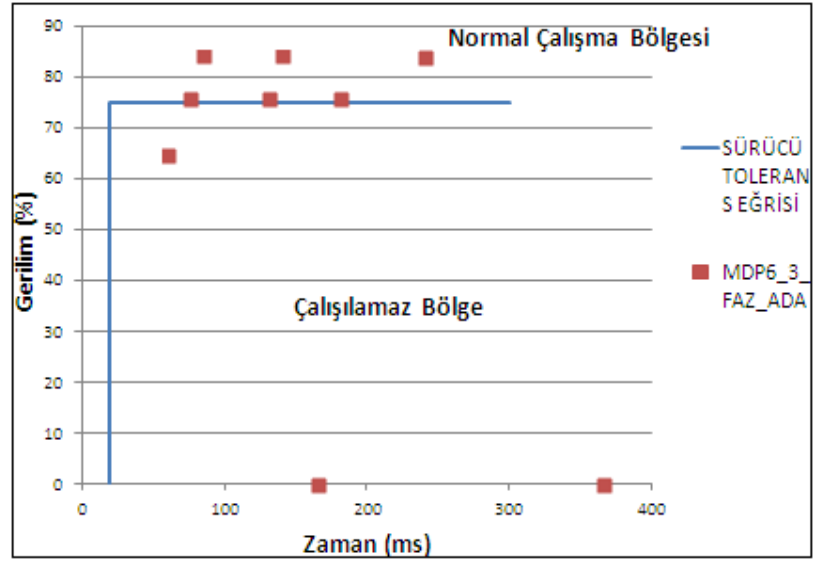
Şekil 5.64 : MDP6 üç faz kısa devresi gerilim çökmesi-Ada çalışma – ITIC.

Şekil 5.65’de; 9 farklı noktada faz-toprak kısa devre durumunda MDP6 barasının durumu görülmektedir. Değerler tipik bir ac sürücü gerilim tolerans eğrisine işlenmiştir. 7 noktada meydana gelen faz-toprak kısa devresinde gerilim değerleri çalışma sınır eğrisinin üzerindedir. Bu noktalarda kısa devre olması durumunda bu baradan beslenen ac sürücüler düzgün şekilde çalışmaya devam edecektir. Yalnızca F noktasında yani Fabrika_1’e ait Trafo-1’in alçak gerilim barasında bir faz toprak kısa devresi meydana geldiğinde, MDP6 barasındaki gerilim sürücü gerilim-tolerans eğrisininin tam üzerinde kalmaktadır. Bu noktada bir faz toprak kısa devresi olması durumunda sürücülerin etkilenmesi beklenebilir. 2 noktada meydana gelen faz toprak kısa devresinde ise MDP6 barasının gerilimi eğrinin altında çalışamaz bölgeye girmektedir. Bu durumda bu baradan beslenen ac sürücülerin bu hatalardan etkilenip arıza durumuna geçmeleri beklenmektedir.



Şekil 5.65 : MDP6 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –Ada – STE.

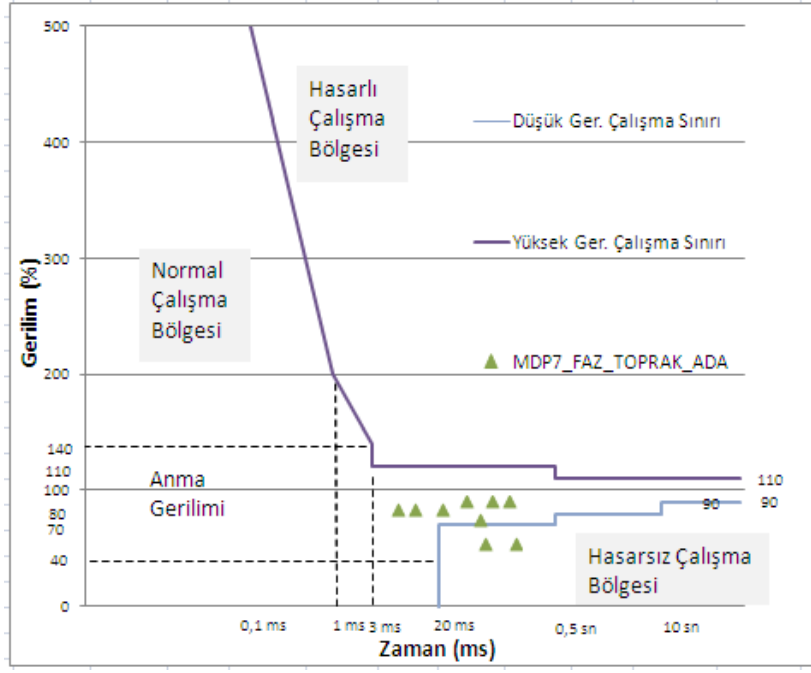
Şekil 5.66’da üç faz kısa devre durumunda MDP6 barasının gerilim değerleri görülmektedir. 6 noktada oluşan kısa devrede; bu baradan beslenen sürücüler düzgün çalışmaya devam edecektir. 3 noktada ise sürücüler hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir. Bu noktalar; E,F, ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1’in ana OG barası, Fabrika_1 TR1 transformatörünün sekonder tarafı ve tezin konusu olan A fabrikasına ait TR5 transformatörünün primer tarafındaki OG besleme kablosudur. F noktasındaki 3 faz kısa devre hatası MDP6 barasında gerilim çökmesine neden olur. Ancak E ve G noktalarındaki 3 faz kısa devre hataları MDP6 barasının gerilim değerini nominal gerilimin %10’unun altına düşürdüğünden, gerilim çökmesine değil, kısa süreli kesintiye neden olurlar. Yukarıda da bahsedildiği üzere G noktasında bir 3 faz kısa devresinde A fabrikasının kuplaj hücresinin açma ihtimali vardır. Bu durumda A fabrikası enerjisiz kalabilmektedir.



Şekil 5.66 : MDP6 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –Ada – STE.

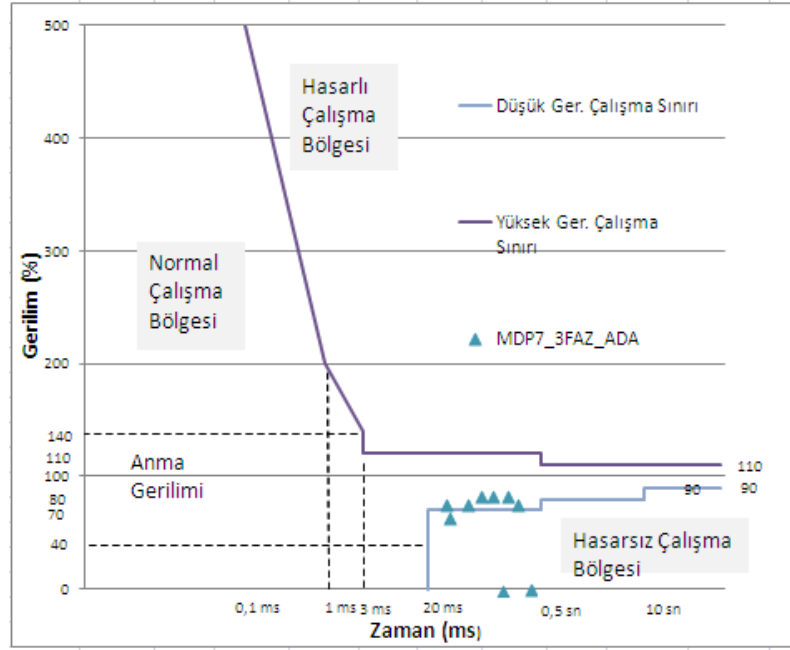
Şekil 5.67 ve 5.68’da ada çalışma durumunda 7 farklı noktada faz-toprak ve üç faz kısa devre hatası olması durumunda MDP7 barasının durumu ayrı ayrı gösterilmiştir. Ada çalışma durumundaki bu hesaplama sonuçları Ek A Çizelge A.20’de gösterilmiştir.

Şekil 5.67’de görüldüğü üzere; 6 noktadaki faz-toprak kısa devrelerinde MDP7 barasının gerilimi düzgün çalışma bölgesi içinde kalmaktadır. Bu durumda bilgisayar ve IT cihazları ve benzeri cihazlar bu hatalardan etkilenmeyecektir. Yalnızca F noktasında yani Fabrika_1’in TR1 çıkış tarafında bir kısa devre durumunda; gerilim değeri çalışma sınırına çok yakındır. Bu noktada bir faz toprak kısa devresi olması durumunda MDP7 barasında gerilim çökmesi olayı görülebilir. 2 noktadaki faz toprak kısa devre hatası durumunda ise MDP7 barasının gerilim değeri düşük gerilimli çalışma sınırının altında, hasarsız çalışma bölgesi içine girmektedir. Bu durumda gerilim çökmesi yaşanır. Dolayısıyla MDP7 barasından beslenen bilgisayar ve IT benzeri cihazların bu kısa devrelerden etkilenip arızaya geçmeleri beklenmektedir. Bu 2 nokta E ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1’in ana OG barası ve A fabrikasının TR5 trafosunun primer tarafındaki besleme kablodur.



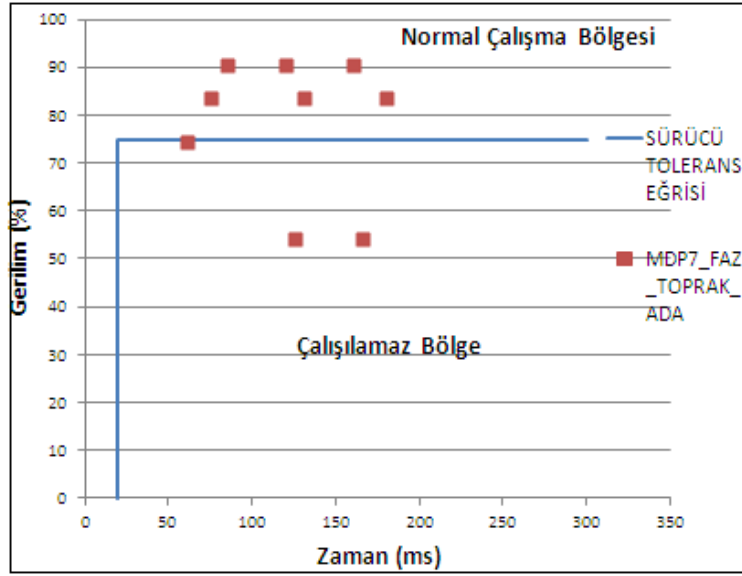
Şekil 5.67 : MDP7 faz-toprak kısa devresi gerilim çökmesi-Ada çalışma-ITIC.

Şekil 5.68’de üç faz kısa devreleri sonucu MDP7 barasının durumu görülmektedir. 6 noktadaki kısa devre durumunda; baradaki gerilim bilgisayarlar ve benzeri cihazlar için düzgün çalışma bölgesinde kalmaktadır. 3 noktada kısa devre oluştuğunda bu baradaki gerilim değeri hasarsız çalışma bölgesi diye adlandırılan bölgeye düşmektedir. Bu noktalarda kısa devre olması durumunda bu cihazlar arıza durumuna geçerler. Bu noktalar F,E ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1 ‘in ana OG dağıtım barası, Fabrika_1’in TR1 transformatörü sekonder tarafı ve A fabrikasının TR5 transformatörünün primer tarafındaki OG kablosudur. Bu noktalardan yalnızca F noktasında meydana gelen 3 faz kısa devresi MDP7 barasında gerilim çökmesine neden olur. E ve G noktalarında meydana gelen 3 faz kısa devre hataları MDP7 barasının gerilimini nominal gerilimin %10’unun da altına düşürdüğünden, bu enerji kalitesi problemi; kısa süreli kesinti olarak kendini gösterir. Yukarıda diğer baralar için de anlatıldığı üzere, G noktasında yani TR5’in primer tarafındaki bir 3 faz kısa devresinde A fabrikasının kuplaj hücresinin açma ihtimali olduğundan A fabrikası enerjisiz kalabilmektedir.



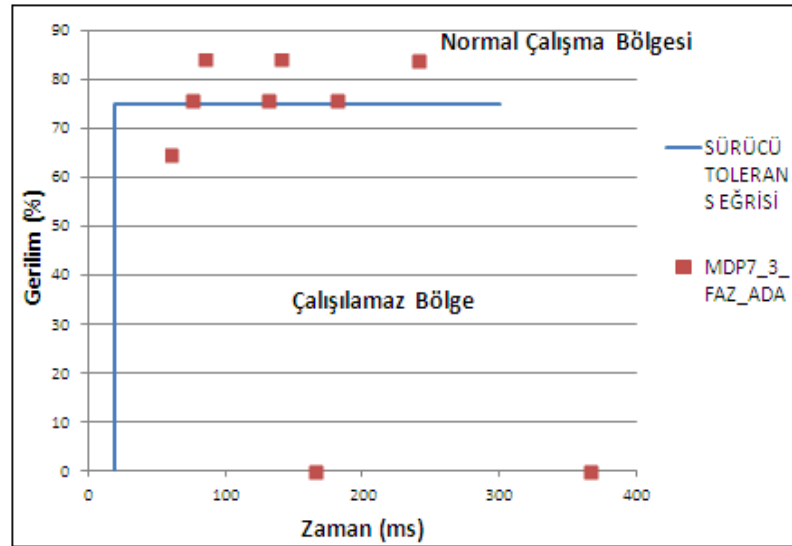
Şekil 5.68 : MDP7 üç faz kısa devresi gerilim çökmesi-Ada çalışma – ITIC.

Şekil 5.69'da; 9 farklı noktada faz-toprak kısa devre durumunda MDP7 barasının durumu görülmektedir. Değerler tipik bir ac sürücü gerilim tolerans eğrisine işlenmiştir. 7 noktada meydana gelen faz-toprak kısa devresinde gerilim değerleri çalışma sınır eğrisinin üzerindedir. Bu noktalarda kısa devre olması durumunda bu baradan beslenen ac sürücüler düzgün şekilde çalışmaya devam edecektir. Yalnızca F noktasında yani Fabrika_1'e ait Trafo-1'in alçak gerilim barasında bir faz toprak kısa devresi meydana geldiğinde, MDP7 barasındaki gerilim sürücü gerilim-tolerans eğrisinin tam üzerinde kalmaktadır. Bu noktada bir faz toprak kısa devresi olması durumunda sürücülerin etkilenmesi beklenebilir. 2 noktada meydana gelen faz toprak kısa devresinde ise MDP7 barasının gerilimi eğrinin altında çalışamaz bölgeye girmektedir. Bu durumda bu baradan beslenen ac sürücülerin bu hatalardan etkilenip arıza durumuna geçmeleri beklenmektedir.



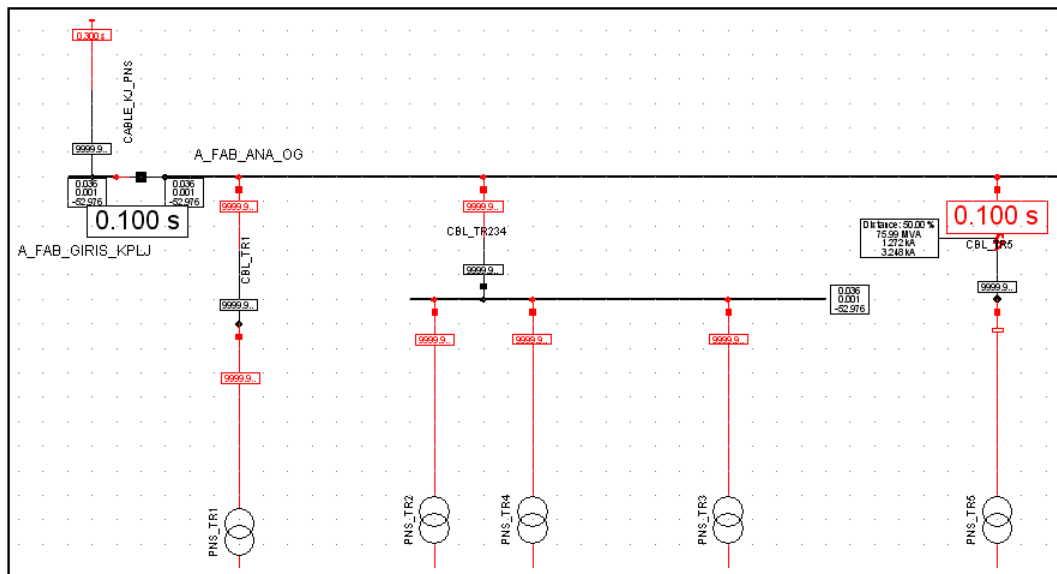
Şekil 5.69 : MDP7 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –Ada – STE.

Şekil 5.70’de üç faz kısa devre durumunda MDP7 barasının gerilim değerleri görülmektedir. 6 noktada oluşan kısa devrede; bu baradan beslenen sürücüler düzgün çalışmaya devam edecektir. 3 noktada ise sürücüler hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir. Bu noktalar; E,F, ve G noktalarıdır. Yani Fabrika_1’in ana OG barası, Fabrika_1 TR1 transformatörünün sekonder tarafı ve tezin konusu olan A fabrikasına ait TR5 transformatörünün primer tarafındaki OG besleme kablosudur. F noktasındaki 3 faz kısa devre hatası MDP7 barasında gerilim çökmesine neden olur. Ancak E ve G noktalarındaki 3 faz kısa devre hataları MDP7 barasının gerilim değerini nominal gerilimin %10’unun altına düşürdüğünden, gerilim çökmesine değil, kısa süreli kesintiye neden olurlar. Yukarıda da bahsedildiği üzere G noktasında bir 3 faz kısa devresinde A fabrikasının kuplaj hücresinin açma ihtimali vardır. Bu durumda A fabrikası enerjisiz kalabilmektedir.



Şekil 5.70 : MDP7 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –Ada – STE.

Bu bölümde anlatıldığı ve Şekil 5.71’de görüldüğü üzere ada çalışma durumunda da şebeke ile paralel çalışma durumunda görülen seçicilik problemi yaşanmaktadır. Yani A fabrikasının transformatörlerinin primer tarafında meydana gelen kısa devrelerde arızaya en yakın olan röle ile kuplaj hücresinin koruma rölesi aynı sürede (100 ms) açma sinyali vermektedirler. Arıza noktasına yakın olan koruma rölesinin kumanda ettiği kesici açarsa arıza temizlenir ve yalnızca yukarıda belirtilen baralarda gerilim çökmesi hissedilebilir. Fakat A_GİRİŞ_KUPLAJ kesicisi açarsa tüm fabrika enerjisiz kalır. Yukarıda bahsedildiği üzere bu, uzun süreli kesinti olarak adlandırılan bir enerji kalitesi problemini ortaya çıkarır. Bu durum daha önce Şekil 5.46’da tek hat şeması üzerinde gösterilmiştir.

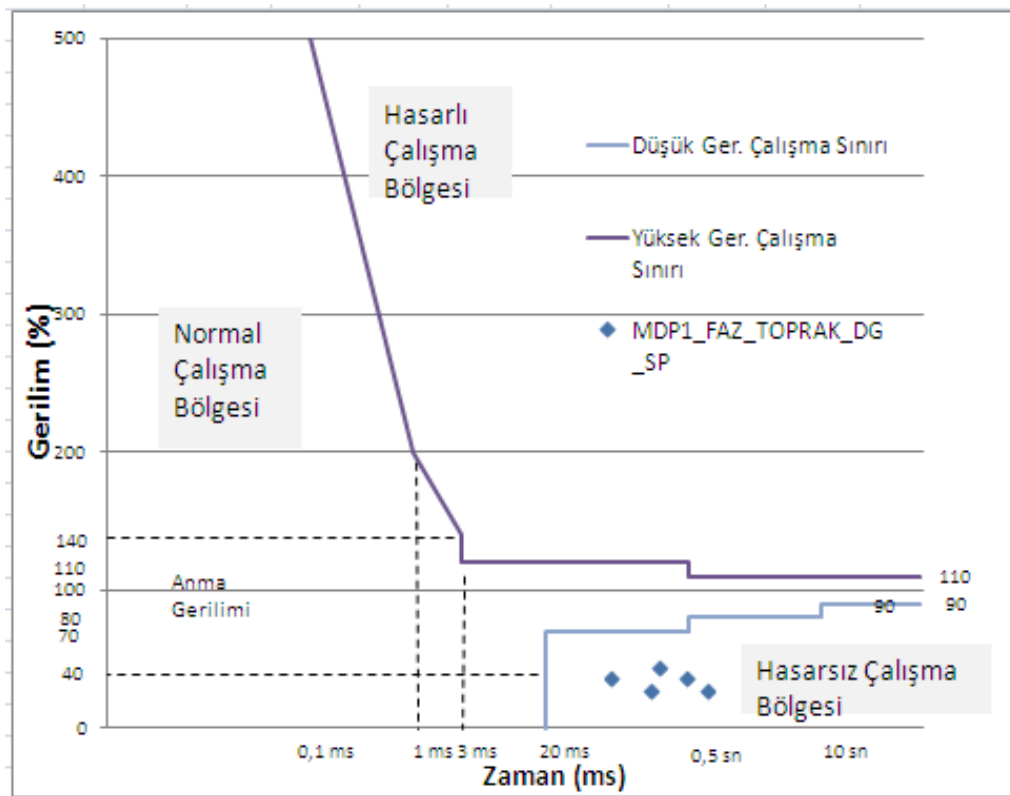


Şekil 5.71 : TR5 og kesicisi yerine kuplaj hücresinin açması durumu.

5.2.3 Dizel generatörden çalışma durumu için yapılan hesaplar

Bu bölümde A fabrikasının kendi dağıtım sisteminde bulunan dizel generatörden beslendiği durumda, A fabrikasının bazı noktalarında faz toprak ve 3 faz kısa devreleri meydana gelmesi sonucu, farikaya ait alçak gerilim dağıtım panolarının durumu incelenmektedir.

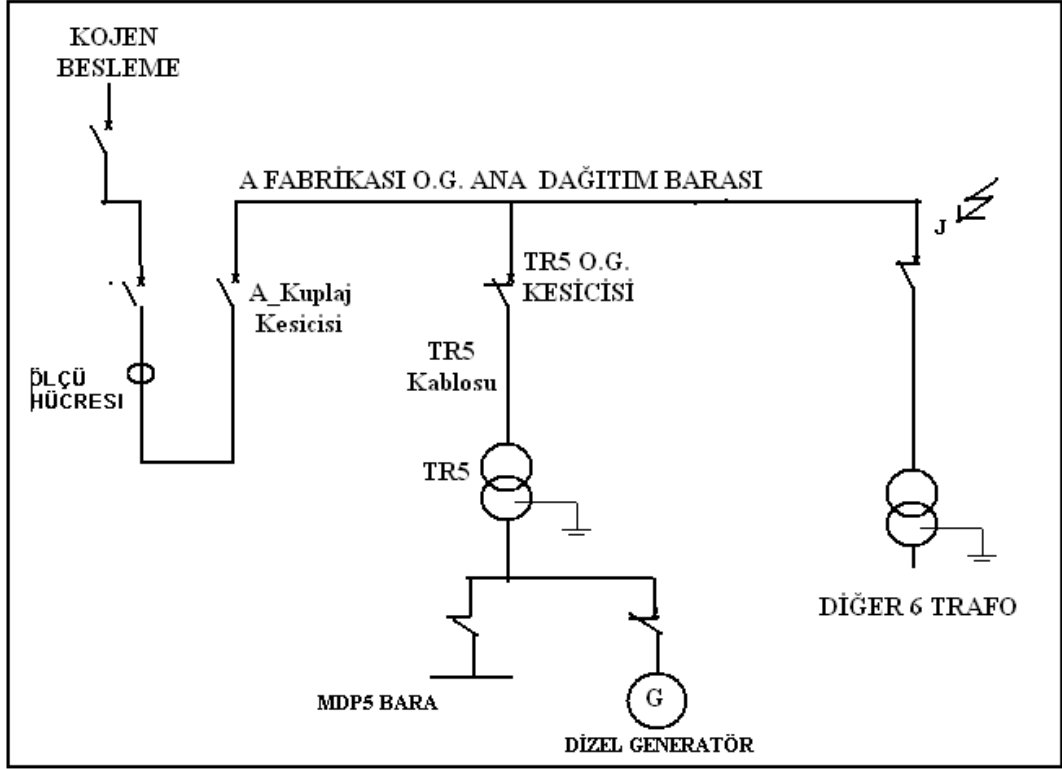
Şekil 5.72 ve 5.74’de 5 farklı noktada faz toprak ve 3 faz kısa devre hatası meydana geldiğinde MDP1 barasındaki durum ITIC eğrisi üzerinde ayrı ayrı gösterilmiştir. Bu değerler aynı zamanda tablo halinde Ek A’da Çizelge A.3’de gösterilmiştir. Şekil 5.72’de görüldüğü üzere bu 5 noktada kısa devre oluştuğunda MDP1 barasındaki gerilim değerleri, hasarsız çalışma bölgesi içine girmektedir. Bu durumda bu baradan beslenen bilgisayar ve benzeri IT cihazları bu hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir.



Şekil 5.72 : MDP1 faz-toprak kısa devresi gerilim çökmesi-DG çalışma-ITIC.

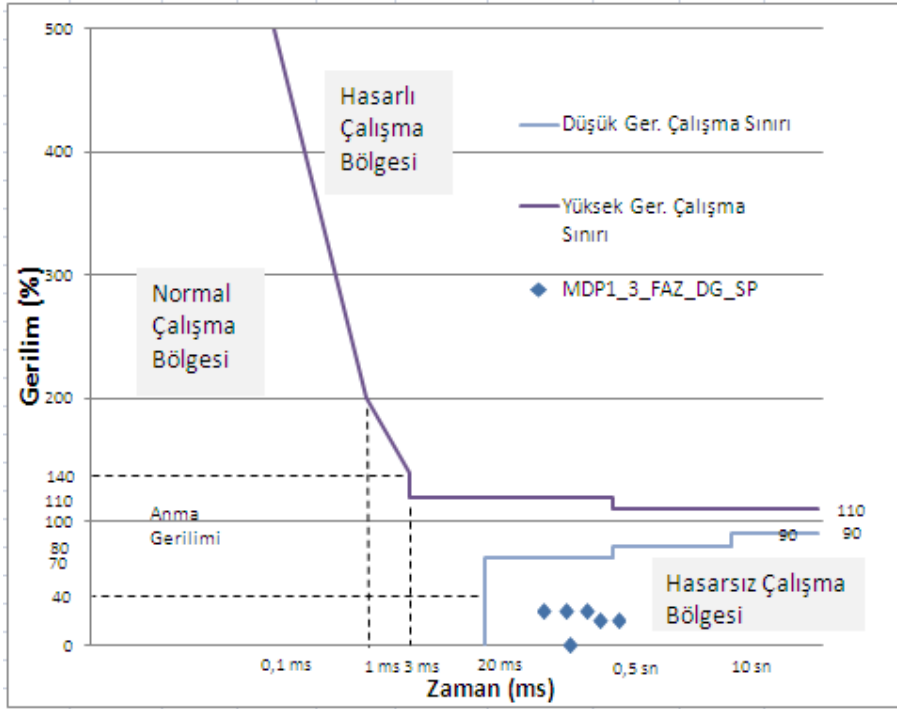
Dizel generatörden çalışırken A fabrikasını besleyen transformatörlerin primer tarafları üçgen bağlıdır. Dizel generatörün gerilimini 400 V tan 34.5 kV a yükselten TR5 transformatörünün primeri yani dizel generatör tarafı yıldız bağlı ve topraklı ve sekonder tarafı üçgen bağlıdır. Bu yüzden J noktası gibi diğer transformatörlerin primer taraflarında bir faz toprak kısa devresi meydana geldiğinde akım

akmayacağından koruma röleleri bu hatayı algılayamazlar. Dizel generatör de arıza noktasını beslemeye devam eder. Bu durum Şekil 5.73’de gösterilmiştir.



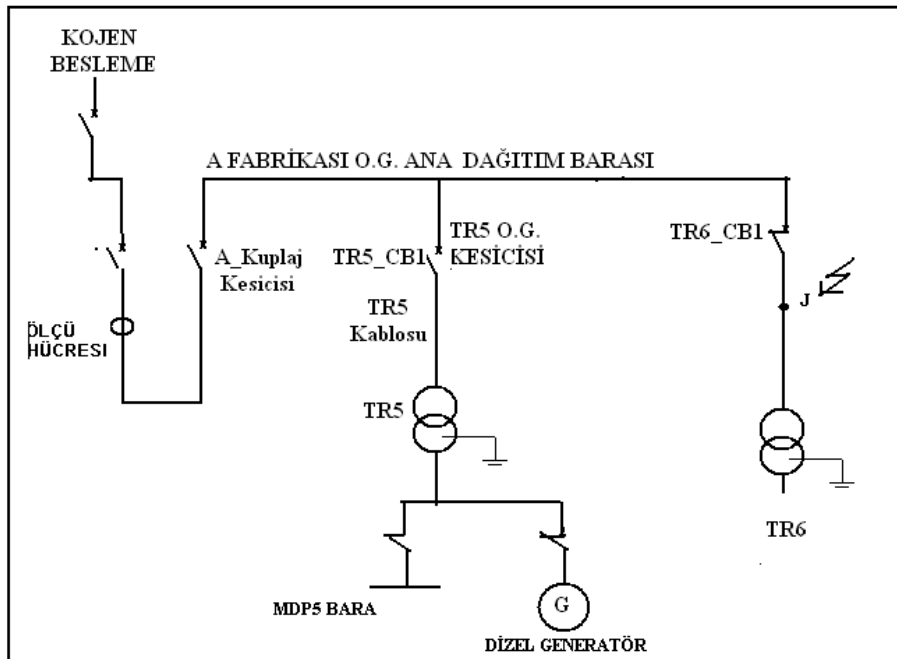
Şekil 5.73 : Transformatörlerin primerinde faz toprak kısa devresi durumu.

Şekil 5.74’de 6 farklı noktada 3 faz kısa devre hatası meydana geldiğinde MDP1 barasındaki durum ITIC eğrisi üzerinde gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere bu 5 noktada kısa devre oluştuğunda MDP1 barasındaki gerilim değerleri, hasarsız çalışma bölgesi içine girmektedir. Bu durumda bu baradan beslenen bilgisayar ve benzeri IT cihazları bu hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir.



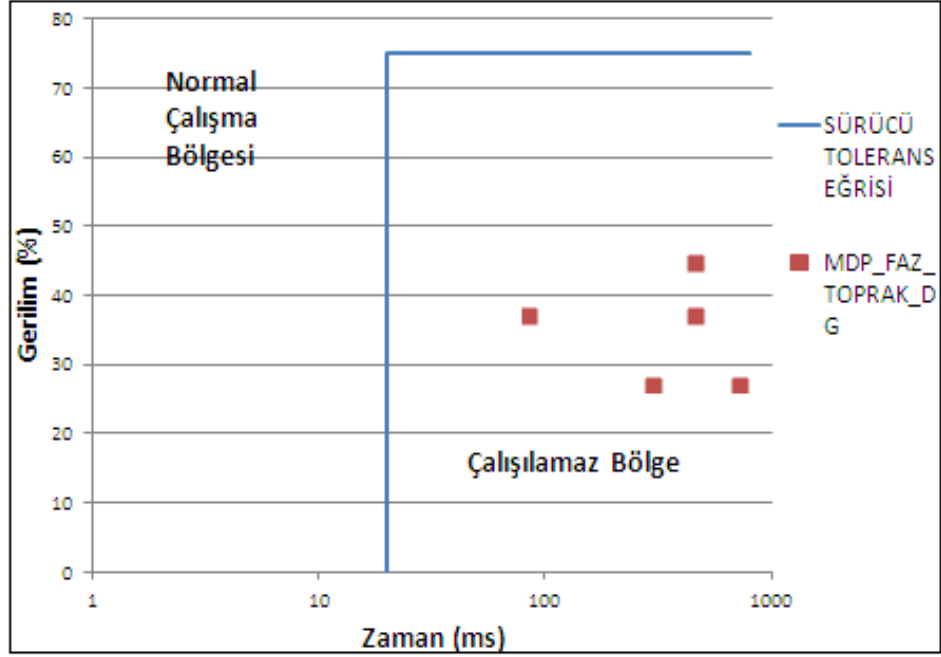
Şekil 5.74 : MDP 3 faz kısa devresinde gerilim çökmesi-DG çalışma – ITIC.

J noktasında yani 6. noktada TR6'nın primer tarafındaki kabloda bir 3 faz kısa devresi oluştuğunda bu kabloyu koruyan TR6_CB1 kesicisi değil; generatörden çalışma durumunda A fabrikasının ana OG dağıtım barasını besleyen TR5'i koruyan TR5_CB1 kesicisi açar. Bu durumda dizel generatör A fabrikasını besleyemez ve fabrika tamamen enerjisiz kalır. Bu bir uzun süreli kesinti durumudur. Bu durum Şekil 5.75'de gösterilmiştir.



Şekil 5.75 : J noktasındaki 3 faz kısa devresinde TR5_CB1 kesicisinin açması.

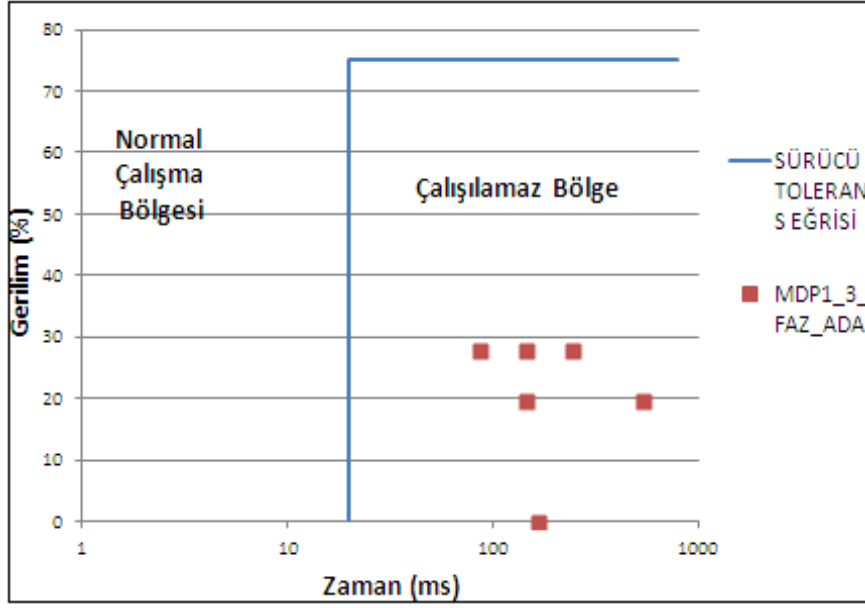
Şekil 5.76’da 5 farklı noktada tek faz kısa devresi oluştuğunda MDP1 barasındaki gerilim değerleri, ac sürücüler için kullanılan tipik gerilim tolerans eğrisi üzerinde gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere bu 5 farklı noktada tek faz kısa devresi olduğunda MDP1 barasının gerilim değerleri hasarsız çalışma bölgesi içine girmektedir. Bu durumda bu baradan beslenen ac sürücüler bu hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir.



Şekil 5.76 : MDP1 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –DG – STE.

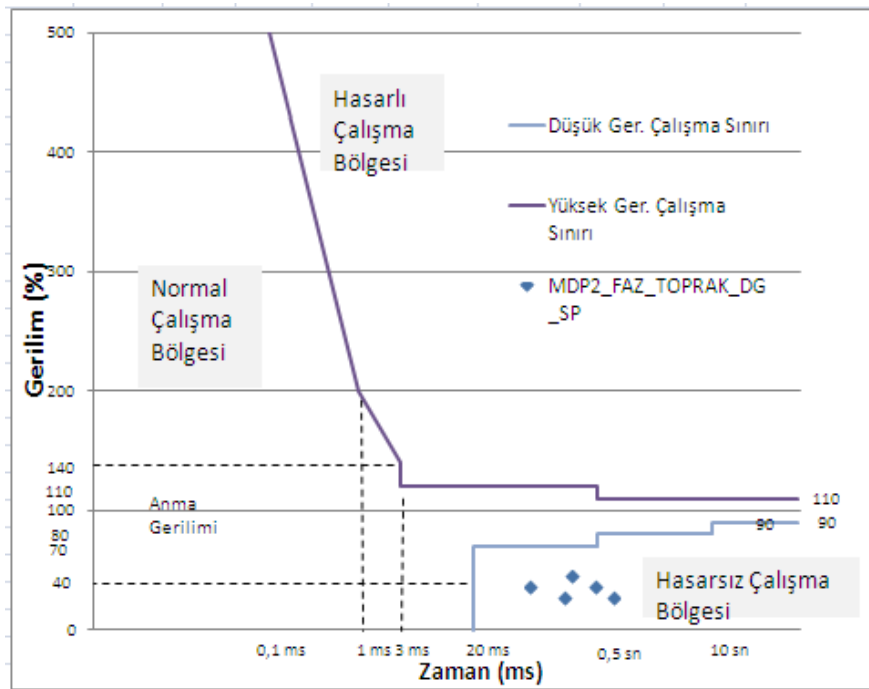
Şekil 5.77’de 6 farklı noktada 3 faz kısa devresi oluştuğunda MDP1 barasındaki gerilim değerleri, ac sürücüler için kullanılan tipik gerilim tolerans eğrisi üzerinde gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere bu 5 noktada kısa 3 faz kısa devresi olduğunda MDP1 barasının gerilim değerleri hasarsız çalışma bölgesi içine girmektedir. Bu durumda bu baradan beslenen ac sürücüler bu hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir.

J noktasında yani 6. noktada TR6’nın primer tarafındaki kabloda bir 3 faz kısa devresi oluştuğunda bu kabloyu koruyan TR6_CB1 kesicisi değil; generatörden çalışma durumunda A fabrikasının ana OG dağıtım barasını besleyen TR5’i koruyan TR5_CB1 kesicisi açar. Bu durumda dizel generatör A fabrikasını besleyemez ve fabrika tamamen enerjisiz kalır. Bu bir uzun süreli kesinti durumudur.



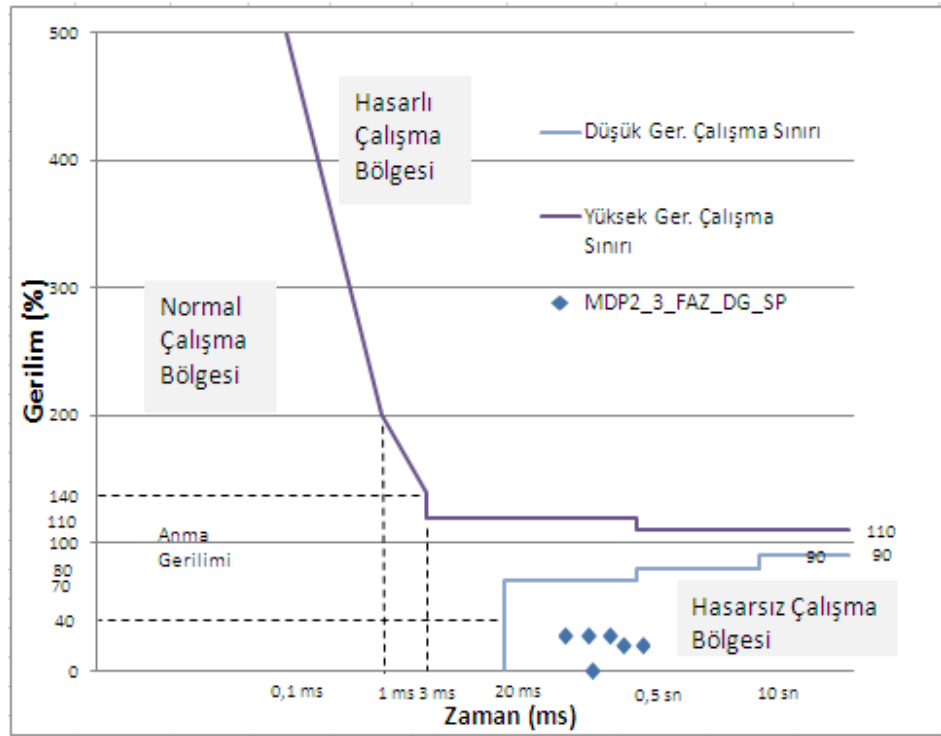
Şekil 5.77 : MDP1 3 faz kısa devresinde gerilim çökmesi –DG – STE.

Şekil 5.78 ve 5.79’da 5 farklı noktada faz toprak ve 3 faz kısa devre hatası meydana geldiğinde MDP2 barasındaki durum ITIC eğrisi üzerinde ayrı ayrı gösterilmiştir. Bu değerler aynı zamanda tablo halinde Ek A’da Çizelge A.6’da gösterilmiştir. Şekil 5.78’de görüldüğü üzere bu 5 noktada kısa devre oluştuğunda MDP2 barasındaki gerilim değerleri, hasarsız çalışma bölgesi içine girmektedir. Bu durumda bu baradan beslenen bilgisayar ve benzeri IT cihazları bu hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir.



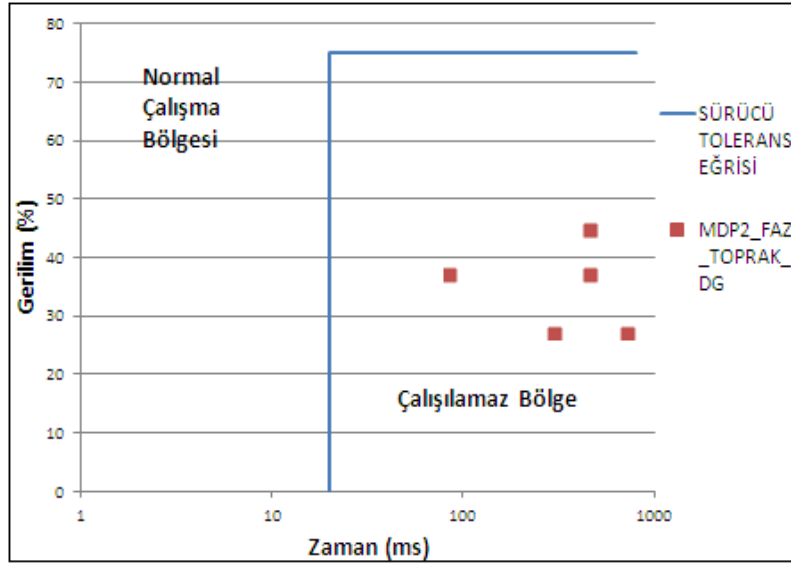
Şekil 5.78 : MDP2 faz-toprak kısa devresi gerilim çökmesi-DG çalışma-ITIC.

Şekil 5.79’da 6 farklı noktada 3 faz kısa devre hatası meydana geldiğinde MDP2 barasındaki durum ITIC eğrisi üzerinde gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere bu 5 noktada kısa devre oluştuğunda MDP2 barasındaki gerilim değerleri, hasarsız çalışma bölgesi içine girmektedir. Bu durumda bu baradan beslenen bilgisayar ve benzeri IT cihazları bu hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir. J noktasında yani 6. noktada TR6’nın primer tarafındaki kabloda bir 3 faz kısa devresi oluştuğunda bu kabloyu koruyan TR6_CB1 kesicisi değil; generatörden çalışma durumunda A fabrikasının ana OG dağıtım barasını besleyen TR5’i koruyan TR5_CB1 kesicisi açar. Bu durumda dizel generatör A fabrikasını besleyemez ve fabrika tamamen enerjisiz kalır. Bu bir uzun süreli kesinti durumudur.



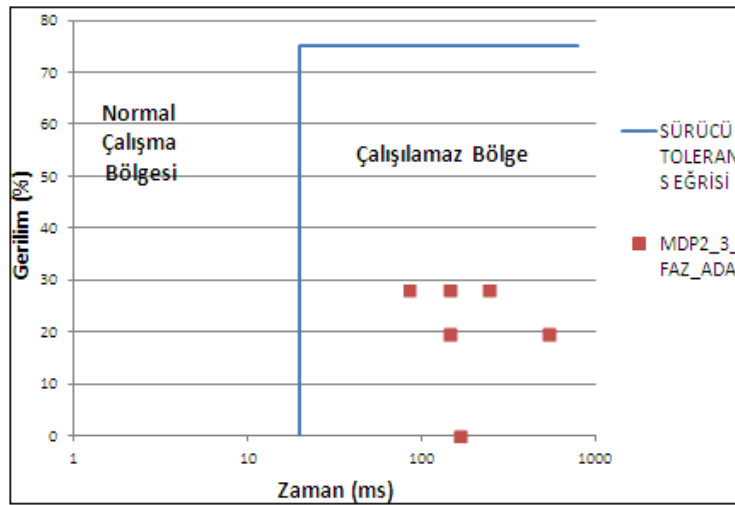
Şekil 5.79 : MDP2 3 faz kısa devresinde gerilim çökmesi-DG çalışma – ITIC.

Şekil 5.80’de 5 farklı noktada tek faz kısa devresi oluştuğunda MDP2 barasındaki gerilim değerleri, ac sürücüler için kullanılan tipik gerilim tolerans eğrisi üzerinde gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere bu 5 noktada kısa tek faz kısa devresi olduğunda MDP2 barasının gerilim değerleri hasarsız çalışma bölgesi içine girmektedir. Bu durumda bu baradan beslenen ac sürücüler bu hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir.



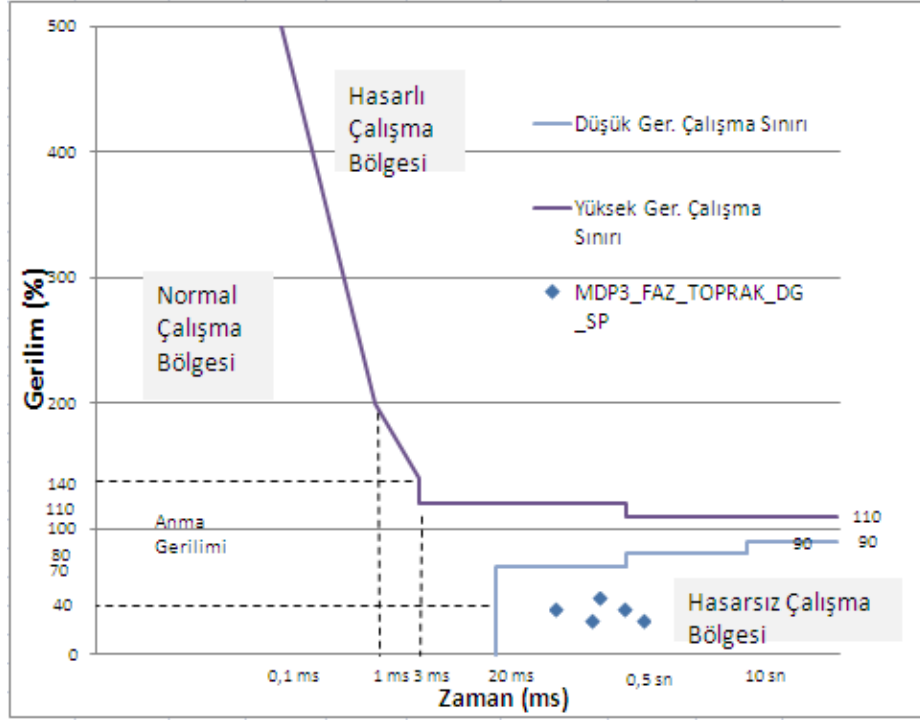
Şekil 5.80 : MDP2 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –DG – STE.

Şekil 5.81’de 6 farklı noktada 3 faz kısa devresi oluştuğunda MDP2 barasındaki gerilim değerleri, ac sürücüler için kullanılan tipik gerilim tolerans eğrisi üzerinde gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere bu 5 noktada kısa 3 faz kısa devresi olduğunda MDP2 barasının gerilim değerleri hasarsız çalışma bölgesi içine girmektedir. Bu durumda bu beslenen ac sürücüler bu hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir. J noktasında yani 6. noktada TR6’nın primer tarafındaki kabloda bir 3 faz kısa devresi oluştuğunda bu kabloyu koruyan TR6_CB1 kesicisi değil; generatörden çalışma durumunda A fabrikasının ana OG dağıtım barasını besleyen TR5’i koruyan TR5_CB1 kesicisi açar. Bu durumda dizel generatör A fabrikasını besleyemez ve fabrika tamamen enerjisiz kalır. Bu bir uzun süreli kesinti durumudur.



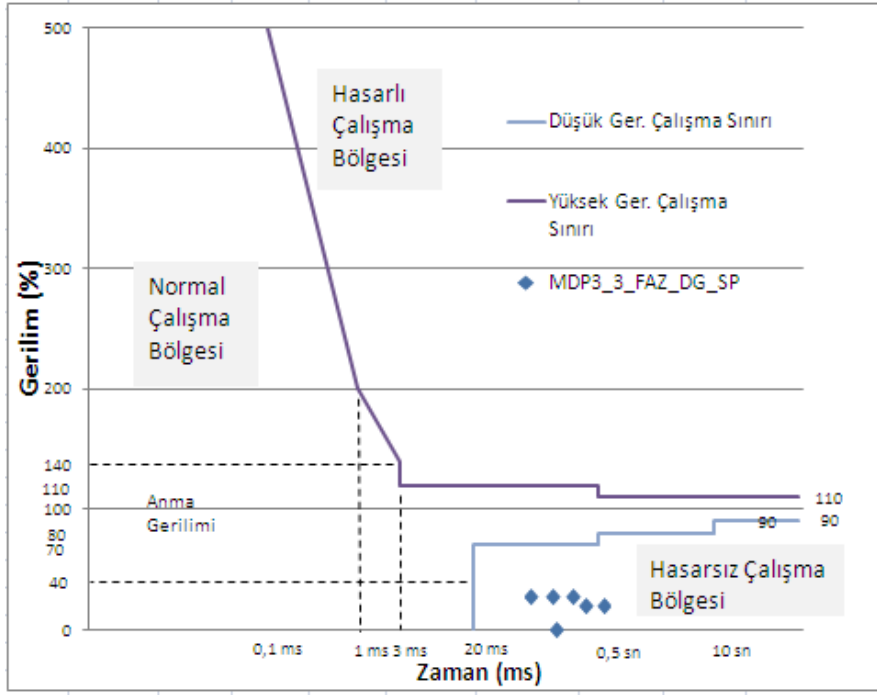
Şekil 5.81 : MDP2 3 faz kısa devresinde gerilim çökmesi –DG – STE.

Şekil 5.82 ve 5.83’de 5 farklı noktada faz toprak ve 3 faz kısa devre hatası meydana geldiğinde MDP3 barasındaki durum ITIC eğrisi üzerinde ayrı ayrı gösterilmiştir. Bu değerler aynı zamanda tablo halinde Ek A’da Çizelge A.9’da gösterilmiştir. Şekil 5.82’de görüldüğü üzere bu 5 noktada kısa devre oluştuğunda MDP3 barasındaki gerilim değerleri, hasarsız çalışma bölgesi içine girmektedir. Bu durumda bu baradan beslenen bilgisayar ve benzeri IT cihazları bu hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir.



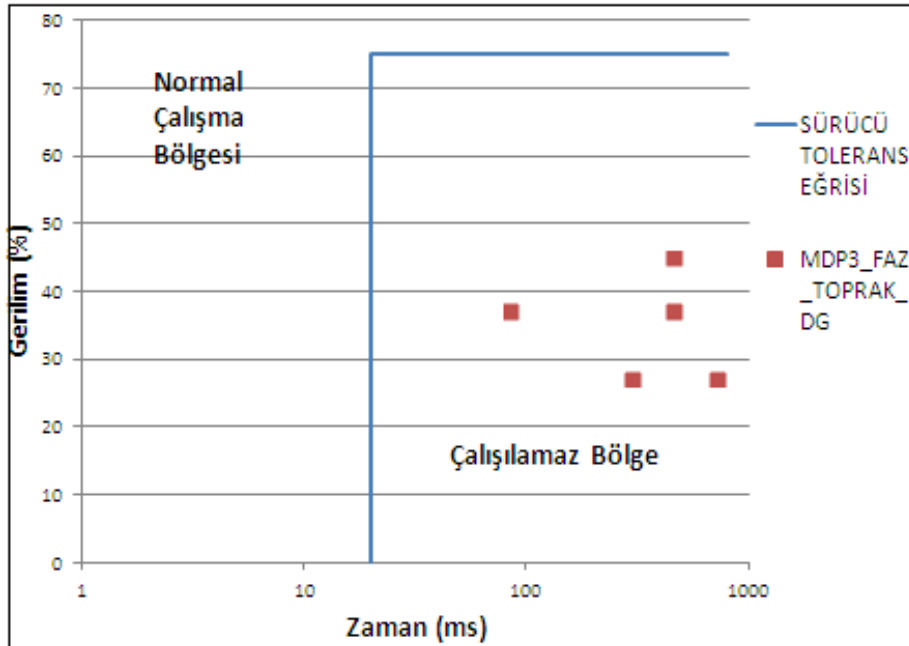
Şekil 5.82 : MDP3 faz-toprak kısa devresi gerilim çökmesi-DG çalışma-ITIC.

Şekil 5.83’de 6 farklı noktada 3 faz kısa devre hatası meydana geldiğinde MDP3 barasındaki durum ITIC eğrisi üzerinde gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere bu 6 noktada kısa devre oluştuğunda MDP3 barasındaki gerilim değerleri, hasarsız çalışma bölgesi içine girmektedir. Bu durumda bu baradan beslenen bilgisayar ve benzeri IT cihazları bu hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir. J noktasında yani 6. noktada TR6’nın primer tarafındaki kabloda bir 3 faz kısa devresi oluştuğunda bu kabloyu koruyan TR6_CB1 kesicisi değil; generatörden çalışma durumunda A fabrikasının ana OG dağıtım barasını besleyen TR5’i koruyan TR5_CB1 kesicisi açar. Bu durumda dizel generatör A fabrikasını besleyemez ve fabrika tamamen enerjisiz kalır. Bu bir uzun süreli kesinti durumudur.



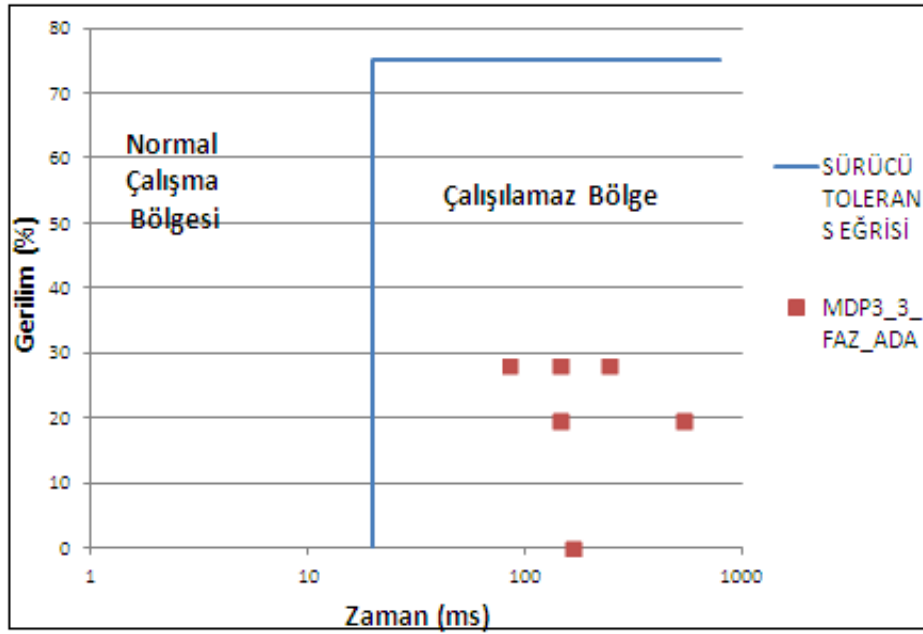
Şekil 5.83 : MDP3 3 faz kısa devresinde gerilim çökmesi-DG çalışma – ITIC.

Şekil 5.84’de 5 farklı noktada tek faz kısa devresi oluştuğunda MDP3 barasındaki gerilim değerleri, ac sürücüler için kullanılan tipik gerilim tolerans eğrisi üzerinde gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere bu 5 noktada kısa tek faz kısa devresi olduğunda MDP3 barasının gerilim değerleri hasarsız çalışma bölgesi içine girmektedir. Bu durumda bu baradan beslenen ac sürücüler bu hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir.



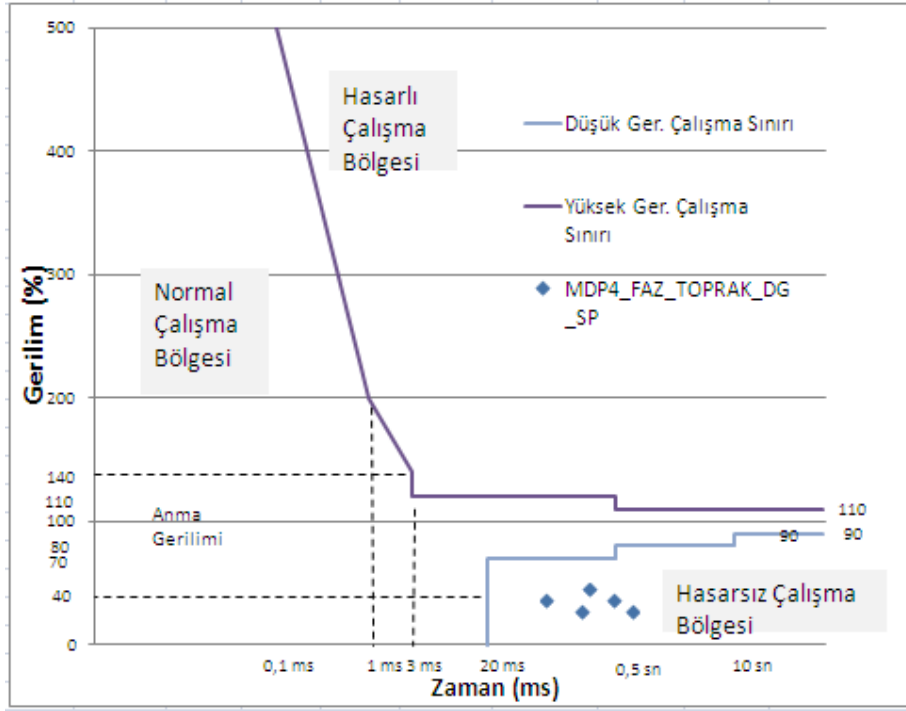
Şekil 5.84 : MDP3 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –DG – STE.

Şekil 5.85’de 7 farklı noktada 3 faz kısa devresi oluştuğunda MDP3 barasındaki gerilim değerleri, ac sürücüler için kullanılan tipik gerilim tolerans eğrisi üzerinde gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere bu 7 noktada kısa 3 faz kısa devresi olduğunda MDP3 barasının gerilim değerleri normal çalışma bölgesi içine girmektedir. Bu durumda bu baradan beslenen ac sürücüler bu hatalardan etkilenmezler ve normal çalışmalarına devam ederler. J noktasında yani 6. noktada TR6’nın primer tarafındaki kabloda bir 3 faz kısa devresi oluştuğunda bu kabloyu koruyan TR6_CB1 kesicisi değil; generatörden çalışma durumunda A fabrikasının ana OG dağıtım barasını besleyen TR5’i koruyan TR5_CB1 kesicisi açar. Bu durumda dizel generatör A fabrikasını besleyemez ve fabrika tamamen enerjisiz kalır. Bu bir uzun süreli kesinti durumudur.



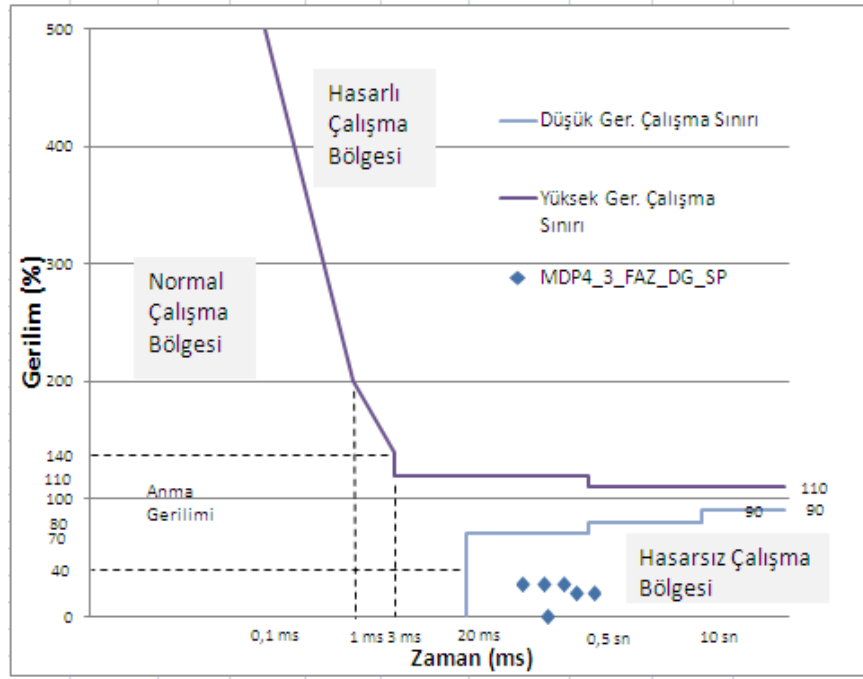
Şekil 5.85 : MDP3 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –DG – STE.

Şekil 5.86 ve 5.87’de 7 farklı noktada faz toprak ve 3 faz kısa devre hatası meydana geldiğinde MDP4 barasındaki durum ITIC eğrisi üzerinde ayrı ayrı gösterilmiştir. Bu değerler aynı zamanda tablo halinde Ek A’da Çizelge A.12’de gösterilmiştir. Şekil 5.86’da görüldüğü üzere 5 noktada faz toprak kısa devresi oluştuğunda MDP4 barasındaki gerilim değerleri, hasarsız çalışma bölgesi içine girmektedir. Bu durumda bu baradan beslenen bilgisayar ve benzeri IT cihazları bu hatalardan etkileneceklerdir. Yani cihazlar arıza durumuna geçeceklerdir.



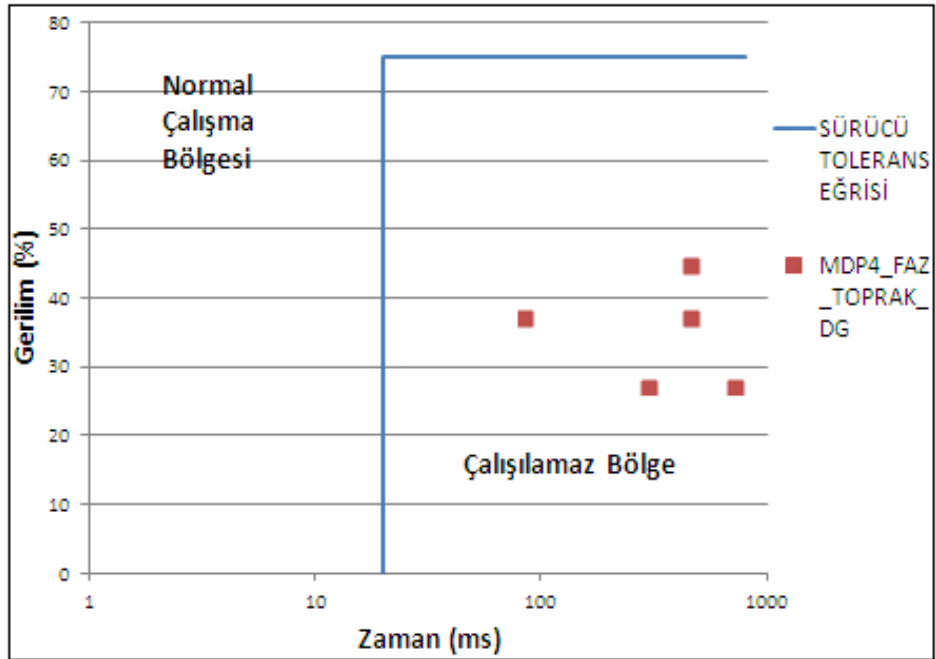
Şekil 5.86 : MDP4 faz-toprak kısa devresi gerilim çökmesi-DG çalışma-ITIC.

Şekil 5.87’de 7 farklı noktada 3 faz kısa devre hatası meydana geldiğinde MDP4 barasındaki durum ITIC eğrisi üzerinde gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere 5 noktada kısa devre oluştuğunda MDP4 barasındaki gerilim değerleri, hasarsız çalışma bölgesi içine girmektedir. Bu durumda bu baradan beslenen bilgisayar ve benzeri IT cihazları bu hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir. J noktasında yani 6. noktada TR6’nın primer tarafındaki kabloda bir 3 faz kısa devresi oluştuğunda bu kabloyu koruyan TR6_CB1 kesicisi değil; generatörden çalışma durumunda A fabrikasının ana OG dağıtım barasını besleyen TR5’i koruyan TR5_CB1 kesicisi açar. Bu durumda dizel generatör A fabrikasını besleyemez ve fabrika tamamen enerjisiz kalır. Bu bir uzun süreli kesinti durumudur.



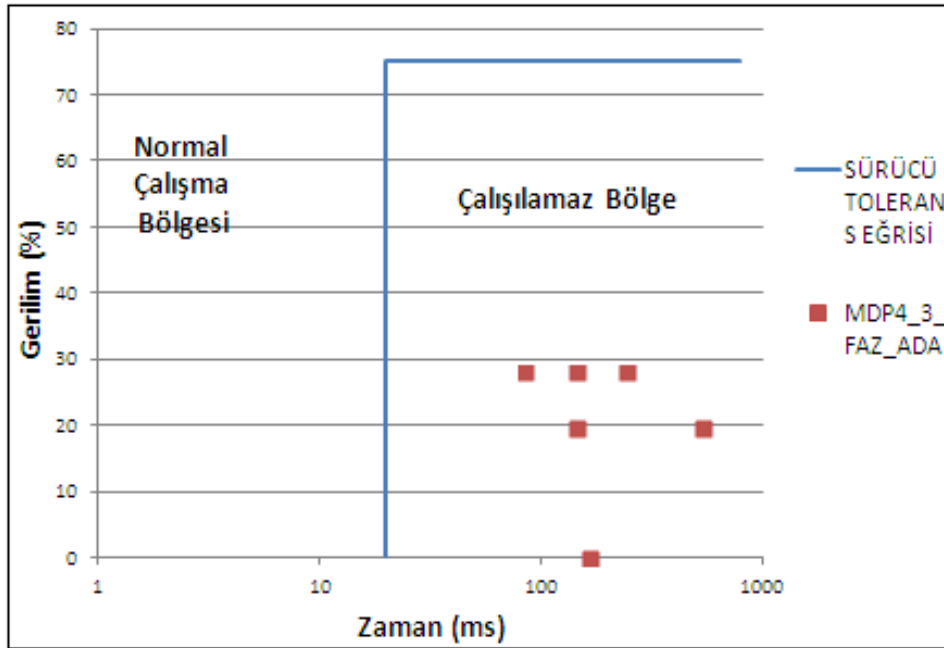
Şekil 5.87 : MDP4 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi-DG çalışma – ITIC.

Şekil 5.88’de 5 farklı noktada tek faz kısa devresi oluştuğunda MDP4 barasındaki gerilim değerleri, ac sürücüler için kullanılan tipik gerilim tolerans eğrisi üzerinde gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere bu 5 noktada kısa tek faz kısa devresi olduğunda MDP4 barasının gerilim değerleri çalışamaz bölge içine girmektedir. Bu durumda bu baradan beslenen ac sürücüler bu hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir.



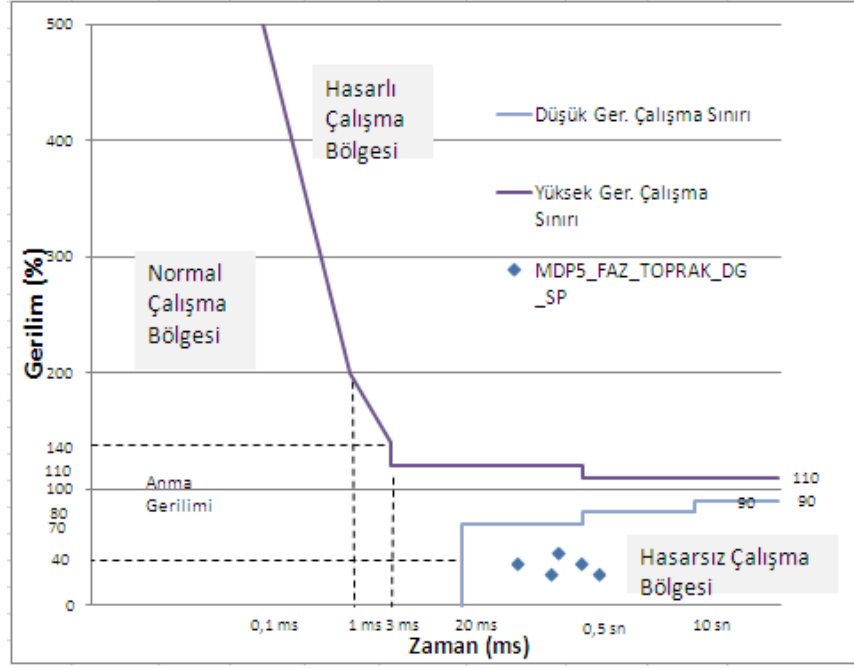
Şekil 5.88 : MDP4 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –DG – STE.

Şekil 5.89’da 5 farklı noktada 3 faz kısa devresi oluştuğunda MDP4 barasındaki gerilim değerleri, ac sürücüler için kullanılan tipik gerilim tolerans eğrisi üzerinde gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere 5 noktada 3 faz kısa devresi olduğunda MDP3 barasının gerilim değerleri çalışamaz bölge içine girmektedir. Bu durumda bu baradan beslenen ac sürücüler bu hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir. J noktasında yani 6. noktada TR6’nın primer tarafındaki kabloda bir 3 faz kısa devresi oluştuğunda bu kabloyu koruyan TR6_CB1 kesicisi değil; generatörden çalışma durumunda A fabrikasının ana OG dağıtım barasını besleyen TR5’i koruyan TR5_CB1 kesicisi açar. Bu durumda dizel generatör A fabrikasını besleyemez ve fabrika tamamen enerjisiz kalır. Bu bir uzun süreli kesinti durumudur.



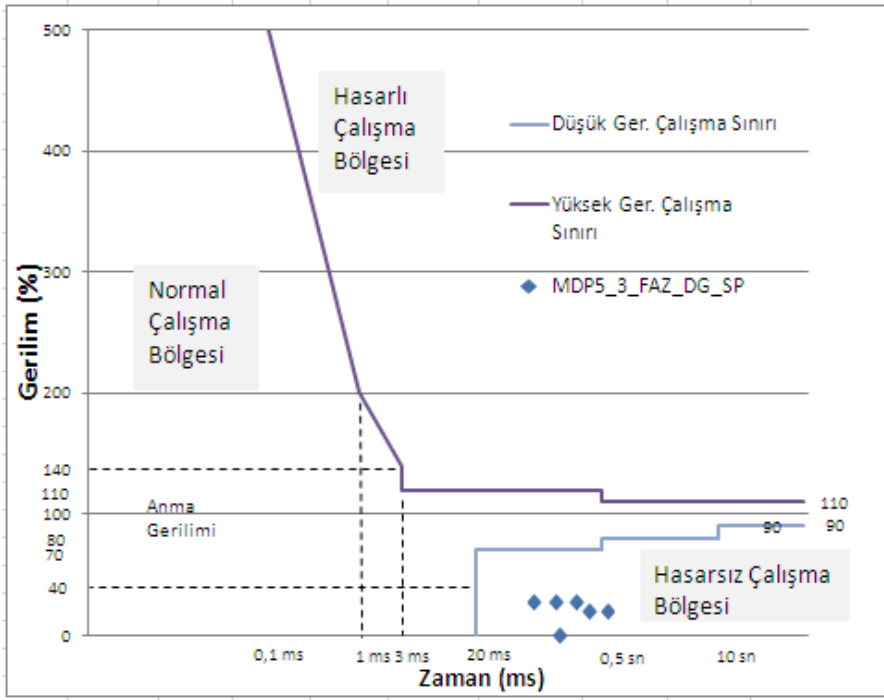
Şekil 5.89 : MDP4 3 faz kısa devresinde gerilim çökmesi –DG – STE.

Şekil 5.90 ve 5.91’de 8 noktada faz toprak ve 3 faz kısa devre hatası meydana geldiğinde MDP5 barasındaki durum ITIC eğrisi üzerinde ayrı ayrı gösterilmiştir. Bu değerler aynı zamanda tablo halinde Ek A’da Çizelge A.15’de gösterilmiştir. Şekil 5.91’de görüldüğü üzere 6 noktada faz toprak kısa devresi oluştuğunda MDP5 barasındaki gerilim değerleri, hasarsız çalışma bölgesi içine girmektedir. Bu durumda bu baradan beslenen bilgisayar ve benzeri IT cihazları bu hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir.



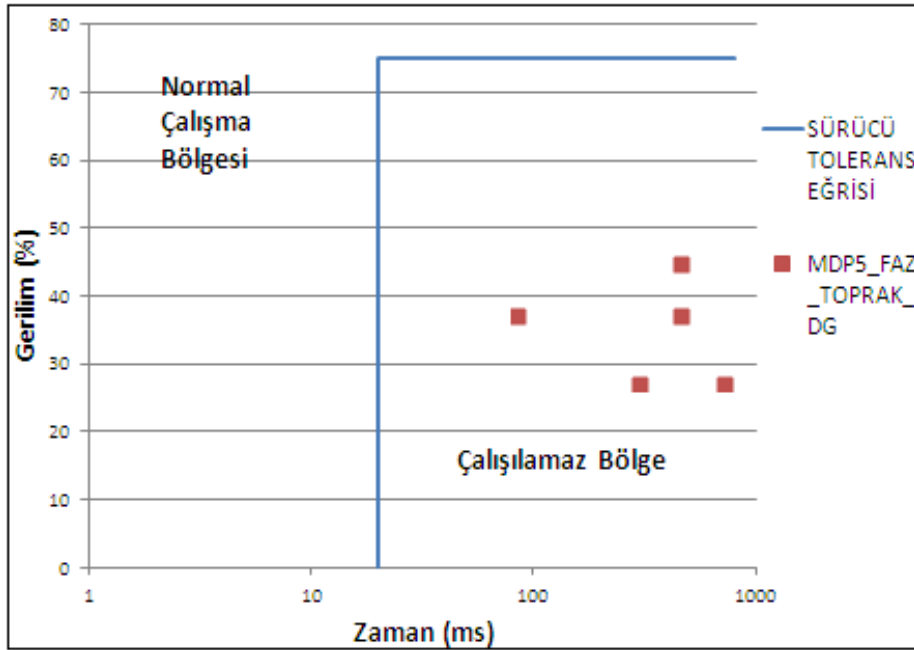
Şekil 5.90 : MDP5 faz-toprak kısa devresi gerilim çökmesi-DG çalışma-ITIC.

Şekil 5.91’de 6 farklı noktada 3 faz kısa devre hatası meydana geldiğinde MDP5 barasındaki durum ITIC eğrisi üzerinde gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere 5 noktada kısa devre oluştuğunda MDP5 barasındaki gerilim değerleri, hasarsız çalışma bölgesi içine girmektedir. Bu durumda bu baradan beslenen bilgisayar ve benzeri IT cihazları bu hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir. J noktasında yani 6. noktada TR6’nın primer tarafındaki kabloda bir 3 faz kısa devresi oluştuğunda bu kabloyu koruyan TR6_CB1 kesicisi değil; generatörden çalışma durumunda A fabrikasının ana OG dağıtım barasını besleyen TR5’i koruyan TR5_CB1 kesicisi açar. Bu durumda dizel generatör A fabrikasını besleyemez ve fabrika tamamen enerjisiz kalır. Bu bir uzun süreli kesinti durumudur.



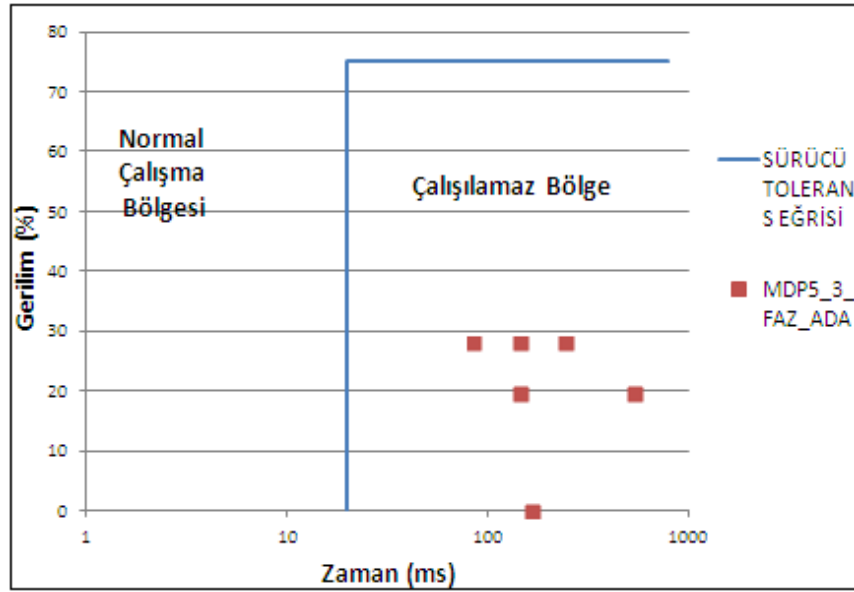
Şekil 5.91 : MDP5 3 faz kısa devresinde gerilim çökmesi-DG çalışma – ITIC.

Şekil 5.92’de 6 farklı noktada faz toprak kısa devresi olduğunda MDP5 barasındaki gerilim değerleri, ac sürücüler için kullanılan tipik gerilim tolerans eğrisi üzerinde gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere bu 6 noktada kısa tek faz kısa devresi olduğunda MDP5 barasının gerilim değerleri çalışamaz bölge içine girmektedir. Bu durumda bu baradan beslenen ac sürücüler bu hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir.



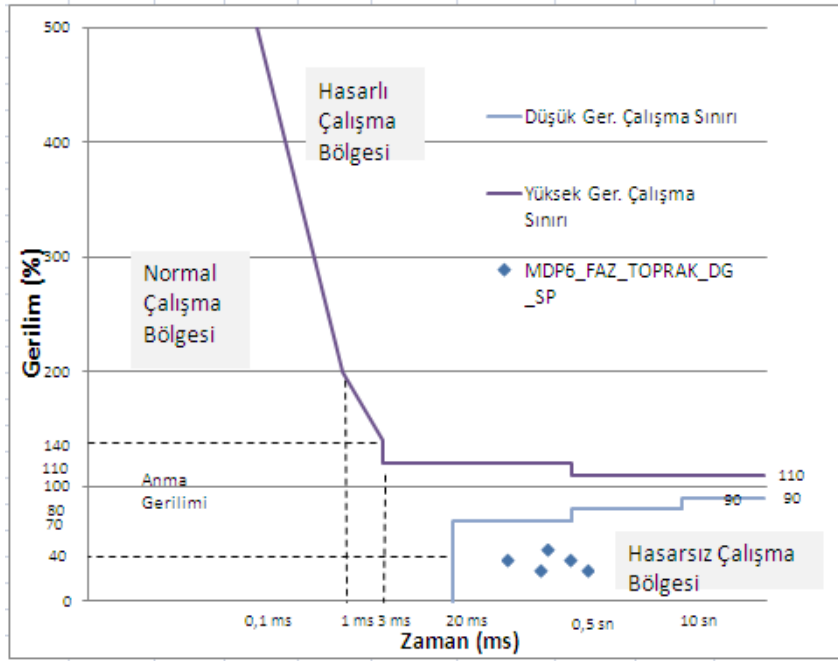
Şekil 5.92 : MDP5 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –DG – STE.

Şekil 5.93’de 6 farklı noktada 3 faz kısa devresi oluştuğunda MDP5 barasındaki gerilim değerleri, ac sürücüler için kullanılan tipik gerilim tolerans eğrisi üzerinde gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere 5 noktada 3 faz kısa devresi olduğunda MDP5 barasının gerilim değerleri çalışılabilir bölge içine girmektedir. Bu durumda bu baradan beslenen ac sürücüler bu hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir. J noktasında yani 6. noktada TR6’nın primer tarafındaki kabloda bir 3 faz kısa devresi oluştuğunda bu kabloyu koruyan TR6_CB1 kesicisi değil; generatörden çalışma durumunda A fabrikasının ana OG dağıtım barasını besleyen TR5’i koruyan TR5_CB1 kesicisi açar. Bu durumda dizel generatör A fabrikasını besleyemez ve fabrika tamamen enerjisiz kalır. Bu bir uzun süreli kesinti durumudur.



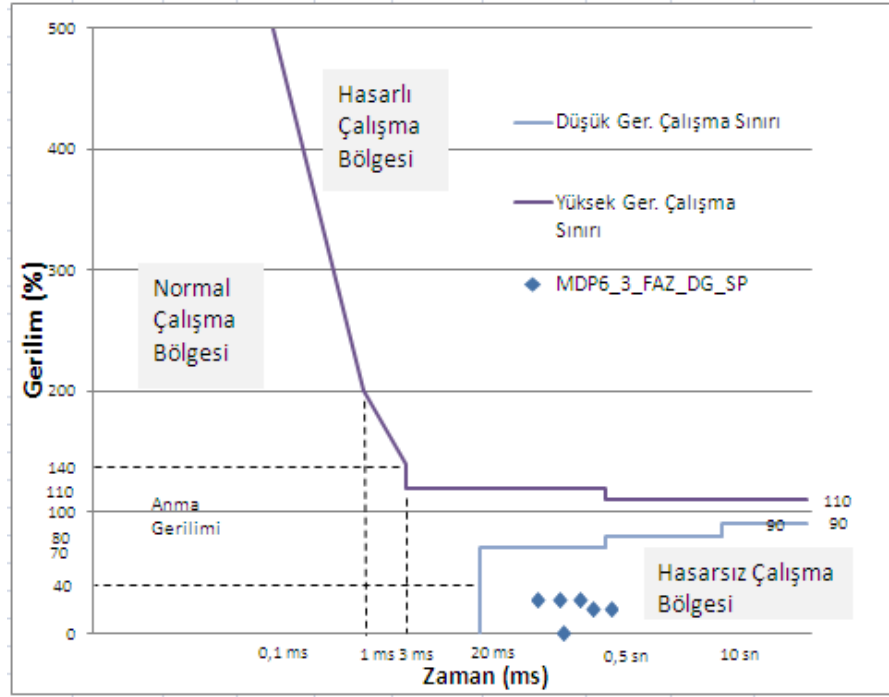
Şekil 5.93 : MDP5 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –DG – STE.

Şekil 5.94 ve 5.95’de 5 farklı noktada faz toprak ve 3 faz kısa devre hatası meydana geldiğinde MDP6 barasındaki durum ITIC eğrisi üzerinde ayrı ayrı gösterilmiştir. Bu değerler aynı zamanda tablo halinde Ek A’da Çizelge A.18’de gösterilmiştir. Şekil 5.94’de görüldüğü üzere 5 noktada faz toprak kısa devresi olduğunda MDP6 barasındaki gerilim değerleri, hasarsız çalışma bölgesi içine girmektedir. Bu durumda bu baradan beslenen bilgisayar ve benzeri IT cihazları bu hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir.



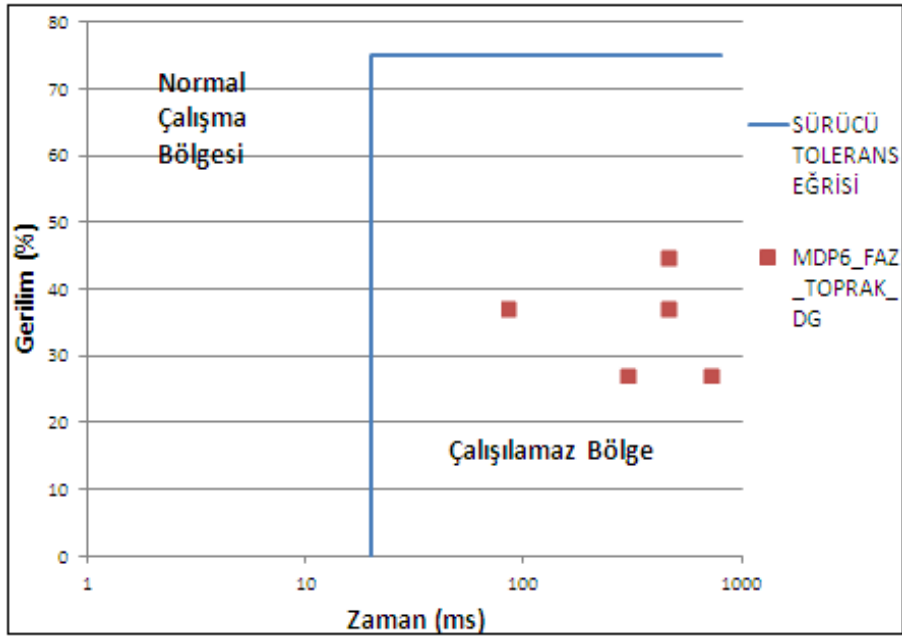
Şekil 5.94 : MDP6 faz-toprak kısa devresi gerilim çökmesi-DG çalışma-ITIC.

Şekil 5.95’de 5 farklı noktada 3 faz kısa devre hatası meydana geldiğinde MDP6 barasındaki durum ITIC eğrisi üzerinde gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere 5 noktada kısa devre oluştuğunda MDP6 barasındaki gerilim değerleri, hasarsız çalışma bölgesi içine girmektedir. Bu durumda bu baradan beslenen bilgisayar ve benzeri IT cihazları bu hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir. H noktasında yani 6. noktada TR1’nin primer tarafındaki kabloda bir 3 faz kısa devresi oluştuğunda bu kabloyu koruyan TR1_CB1 kesicisi değil; generatörden çalışma durumunda A fabrikasının ana OG dağıtım barasını besleyen TR5’i koruyan TR5_CB1 kesicisi açar. Bu durumda dizel generatör A fabrikasını besleyemez ve fabrika tamamen enerjisiz kalır. Bu bir uzun süreli kesinti durumudur.



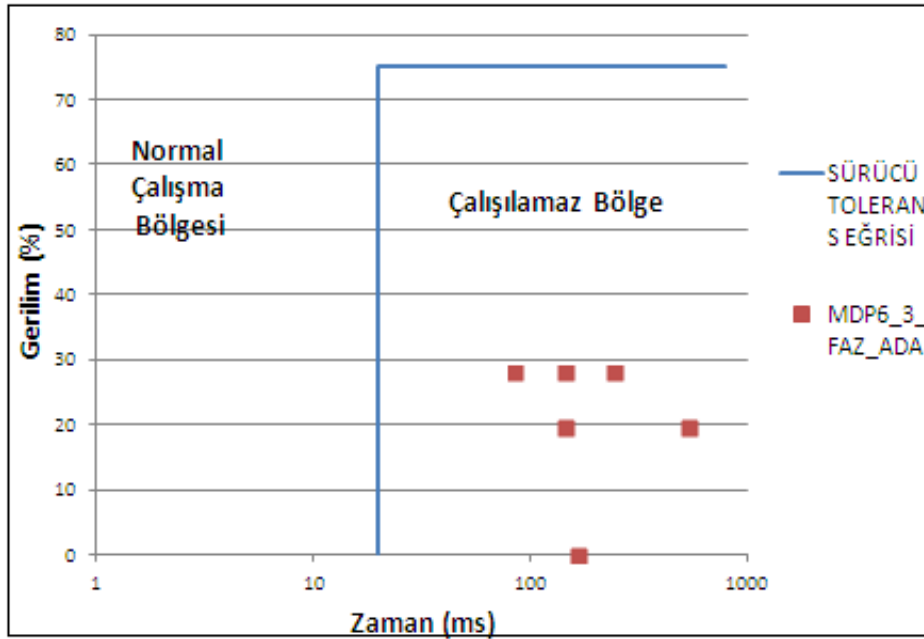
Şekil 5.95 : MDP6 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi-DG çalışma – ITIC.

Şekil 5.96'da 6 farklı noktada faz toprak kısa devresi olduğunda MDP6 barasındaki gerilim değerleri, ac sürücüler için kullanılan tipik gerilim tolerans eğrisi üzerinde gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere bu 6 noktada kısa tek faz kısa devresi olduğunda MDP6 barasının gerilim değerleri çalışamaz bölge içine girmektedir. Bu durumda bu baradan beslenen ac sürücüler bu hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir.



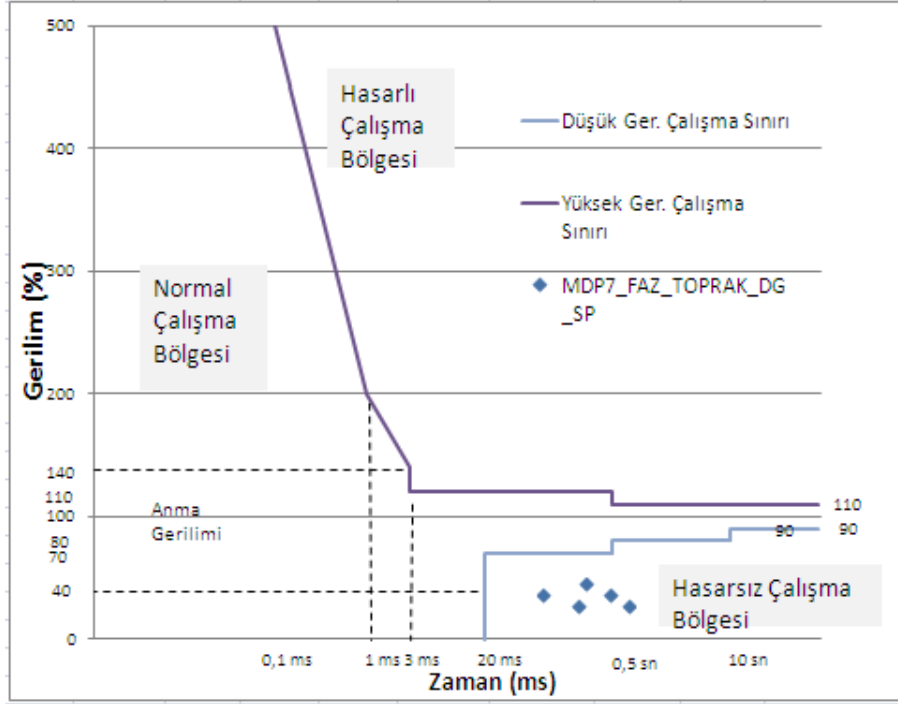
Şekil 5.96 : MDP6 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –DG – STE.

Şekil 5.97’de 6 farklı noktada 3 faz kısa devresi oluştuğunda MDP5 barasındaki gerilim değerleri, ac sürücüler için kullanılan tipik gerilim tolerans eğrisi üzerinde gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere 5 noktada 3 faz kısa devresi olduğunda MDP5 barasının gerilim değerleri çalışamaz bölge içine girmektedir. Bu durumda bu baradan beslenen ac sürücüler bu hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir. H noktasında yani 6. noktada TR1’nın primer tarafındaki kabloda bir 3 faz kısa devresi oluştuğunda bu kabloyu koruyan TR1_CB1 kesicisi değil; generatörden çalışma durumunda A fabrikasının ana OG dağıtım barasını besleyen TR5’i koruyan TR5_CB1 kesicisi açar. Bu durumda dizel generatör A fabrikasını besleyemez ve fabrika tamamen enerjisiz kalır. Bu bir uzun süreli kesinti durumudur.



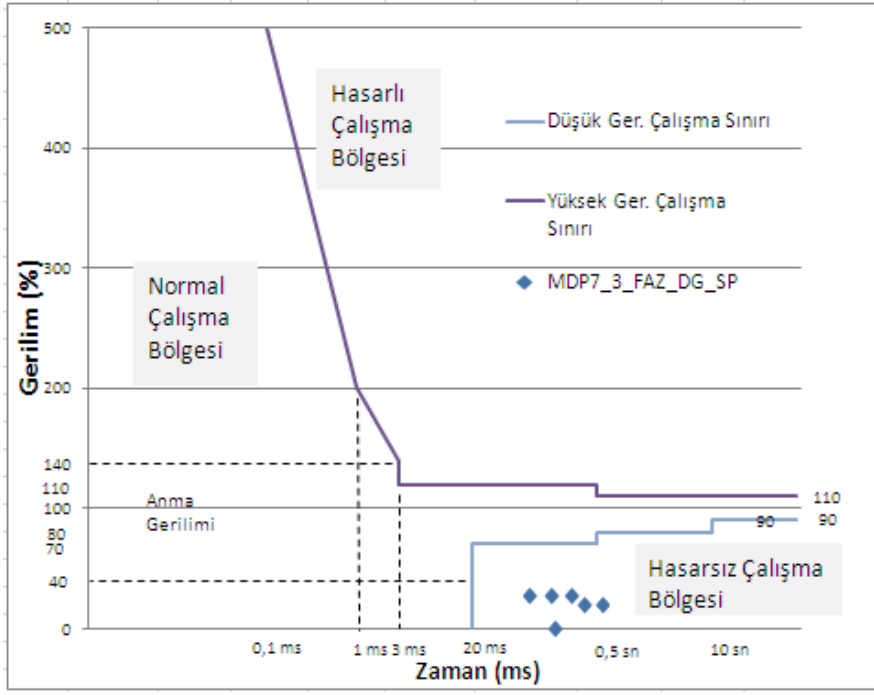
Şekil 5.97 : MDP6 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –DG – STE.

Şekil 5.98 ve 5.99’da 5 farklı noktada faz toprak ve 3 faz kısa devre hatası meydana geldiğinde MDP7 barasındaki durum ITIC eğrisi üzerinde ayrı ayrı gösterilmiştir. Bu değerler aynı zamanda tablo halinde Ek A’da Çizelge A.21’de gösterilmiştir. Şekil 5.106’da görüldüğü üzere 5 noktada faz toprak kısa devresi oluştuğunda MDP7 barasındaki gerilim değerleri, hasarsız çalışma bölgesi içine girmektedir. Bu durumda bu baradan beslenen bilgisayar ve benzeri IT cihazları bu hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir.



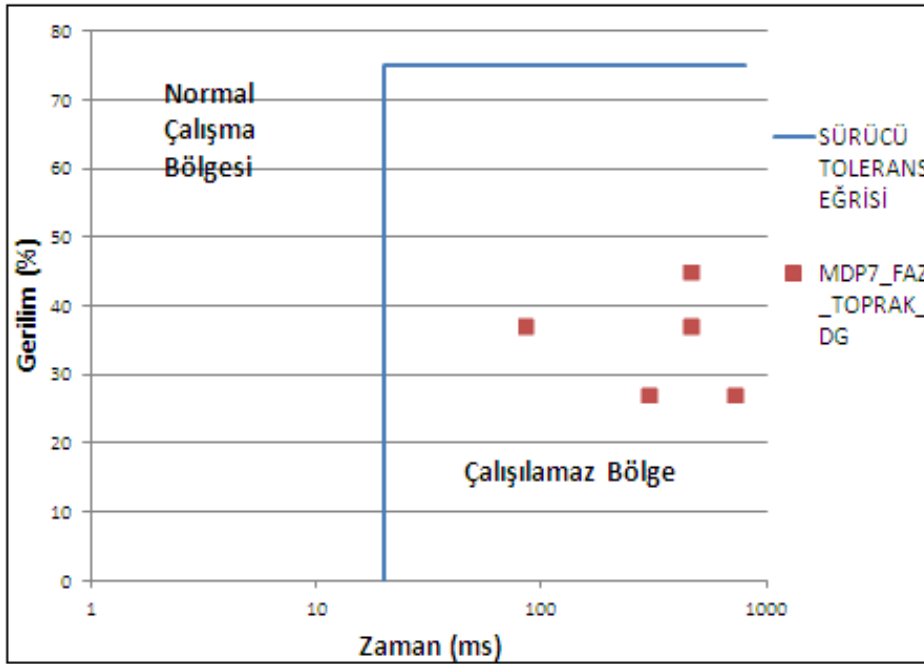
Şekil 5.98 : MDP7 faz-toprak kısa devresi gerilim çökmesi-DG çalışma-ITIC.

Şekil 5.99'da 5 farklı noktada 3 faz kısa devre hatası meydana geldiğinde MDP7 barasındaki durum ITIC eğrisi üzerinde gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere 5 noktada kısa devre oluştuğunda MDP7 barasındaki gerilim değerleri, hasarsız çalışma bölgesi içine girmektedir. Bu durumda bu baradan beslenen bilgisayar ve benzeri IT cihazları bu hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir. J noktasında yani 6. noktada TR6'nın primer tarafındaki kabloda bir 3 faz kısa devresi oluştuğunda bu kabloyu koruyan TR6_CB1 kesicisi değil; generatörden çalışma durumunda A fabrikasının ana OG dağıtım barasını besleyen TR5'i koruyan TR5_CB1 kesicisi açar. Bu durumda dizel generatör A fabrikasını besleyemez ve fabrika tamamen enerjisiz kalır. Bu bir uzun süreli kesinti durumudur.



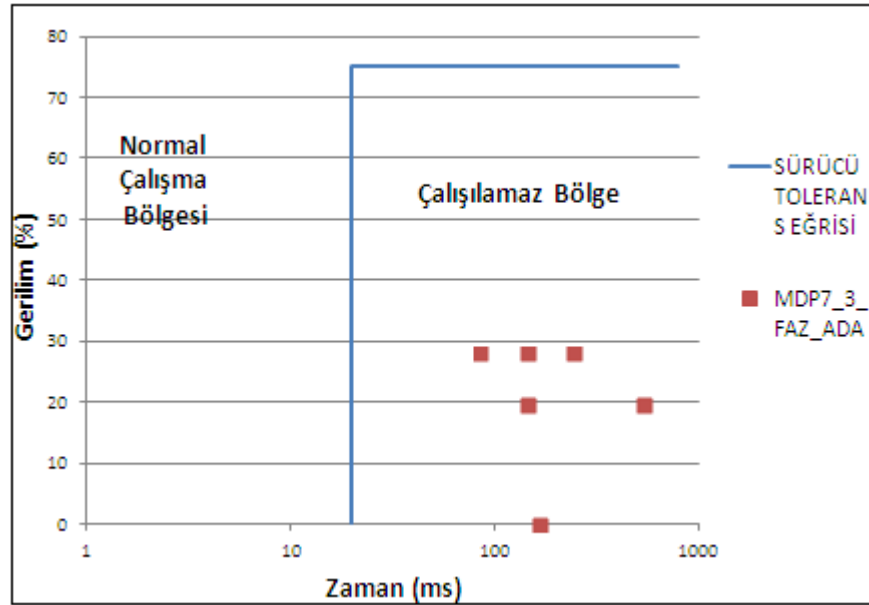
Şekil 5.99 : MDP7 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi-DG çalışma – ITIC.

Şekil 5.100’de 5 farklı noktada faz toprak kısa devresi oluştuğunda MDP7 barasındaki gerilim değerleri, ac sürücüler için kullanılan tipik gerilim tolerans eğrisi üzerinde gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere bu 5 noktada kısa tek faz kısa devresi olduğunda MDP7 barasının gerilim değerleri çalışamaz bölge içine girmektedir. Bu durumda bu baradan beslenen ac sürücüler bu hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir.



Şekil 5.100 : MDP7 faz-toprak kısa devresinde gerilim çökmesi –DG – STE.

Şekil 5.101’de 6 farklı noktada 3 faz kısa devresi oluştuğunda MDP7 barasındaki gerilim değerleri, ac sürücüler için kullanılan tipik gerilim tolerans eğrisi üzerinde gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere 5 noktada 3 faz kısa devresi olduğunda MDP5 barasının gerilim değerleri çalışılabilir bölge içine girmektedir. Bu durumda bu baradan beslenen ac sürücüler bu hatalardan etkilenecekleri için hatalı çalışmaları veya arızalanmaları beklenmektedir. J noktasında yani 6. noktada TR6’nın primer tarafındaki kabloda bir 3 faz kısa devresi oluştuğunda bu kabloyu koruyan TR6_CB1 kesicisi değil; generatörden çalışma durumunda A fabrikasının ana OG dağıtım barasını besleyen TR5’i koruyan TR5_CB1 kesicisi açar. Bu durumda dizel generatör A fabrikasını besleyemez ve fabrika tamamen enerjisiz kalır. Bu bir uzun süreli kesinti durumudur.



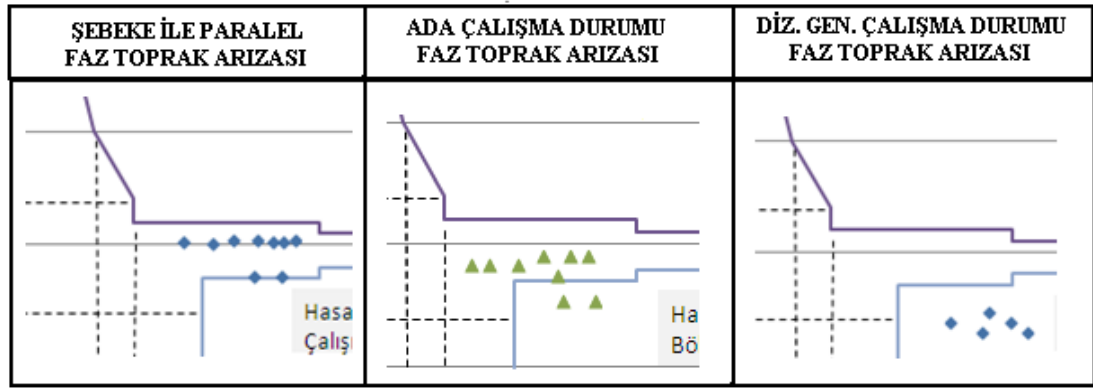
Şekil 5.101: MDP7 üç faz kısa devresinde gerilim çökmesi –DG – STE.

Dizel generatörden çalışma durumunda, bazı noktalardaki faz toprak kısa devre arızaları algılanamamaktadır. Yani, A fabrikasının dizel jeneratörden çalışması esnasında, jeneratörün fabrikayı beslediği TR5 transformatörü haricindeki diğer 6 dağıtım transformatörünün primer tarafında faz toprak kısa devresi meydana geldiğinde bu arıza algılanamaz. Çünkü dizel generatör fabrikayı TR5 transformatörü üzerinden beslemektedir. Dizel generatör TR5 transformatörünün AG tarafına bağlıdır. TR5 transformatörünün primer tarafı üçgen bağlıdır. Bu yüzden fabrika TR5 transformatörünün primer tarafından beslenirken, diğer transformatörlerin primer taraflarında meydana gelen faz toprak arızaları kısa devre akımı akmayacağından algılanamaz.

Dizel generatörden çalışma durumunda da diğer iki çalışma durumu olan şebeke ile paralel çalışma ve ada çalışma durumunda görülen seçicilik problemi yaşanmaktadır. Yani A fabrikasının transformatörlerinin primer tarafında (TR5 transformatörü hariç) meydana gelen 3 faz kısa devrelerde arızaya en yakın olan röle ile kuplaj hücresinin koruma rölesi aynı sürede açma sinyali vermektedirler. Arıza noktasına yakın olan koruma rölesinin kumanda ettiği kesici açıldığında arıza temizlenir ve yalnızca yukarıda belirtilen baralarda gerilim çökmesi hissedilebilir. Fakat A_GİRİŞ_KUPLAJ kesicisi açarsa tüm fabrika enerjisiz kalabilmektedir. Bu durum, uzun süreli kesinti olarak adlandırılan bir enerji kalitesi problemini ortaya çıkarır. Bu durumun şebeke ile paralel çalışma durumunda meydana gelen problemten farkı yalnızca 3 faz kısa devrelerinde görülmesidir. Faz toprak kısa devrelerinde görülmez. Çünkü faz toprak arızaları algılanamamaktadır.

Ayrıca; MDP1, MDP2, MDP3, MDP4, MDP6 ve MDP7 baralarında meydana gelen faz toprak ve 3 faz kısa devrelerinde arıza noktasına yakın olan AG kesicileri değil, OG kesicileri açmaktadır. Bu da bir seçicilik sorunudur. Bu durum, arıza meydana geldiğinde arıza noktasının bulunmasını güçleştirmektedir.

Şekil 5.102’de örnek olarak MDP7 barasında üç çalışma durumunda meydana gelen faz toprak kısa devreleri sonucu elde edilmiş ITIC eğrileri bir arada gösterilmiştir. Eğrilerden görüleceği üzere şebeke ile paralel çalışma durumunda meydana gelen faz toprak arızalarında gerilim değerleri normal çalışma bölgesinde kalırken, ada çalışma durumunda düşük gerilimli çalışma sınırına yaklaşmaktadırlar. Dizel generatörden çalışma durumunda ise tüm noktalardaki faz toprak kısa devrelerinde MDP7 barasının gerilimi çalışılmaz bölgeye girmektedir. Bu sonucun ortaya çıkmasındaki neden her üç durumda fabrikayı besleyen kaynakların kısa devre besleme güçleridir. Kojenerasyon tesisinin bulunduğu bölgede paralel çalıştığı şebekenin kısa devre gücü, kojenerasyon tesisindeki generatörlerden ve A fabrikasındaki dizel generatörden büyük olduğu için şekildeki değerler ortaya çıkmaktadır. Dizel generatörün kısa devre gücünün ise hiçbir kısa devreyi, gerilim çökmesi meydana getirmeden atlatamayacağı görülmektedir. Kısaca bu eğrilerden, kaynakların kısa devre güçlerinin gerilim çökmesinin büyüklüğü ile doğrudan ilgili olduğu sonucu çıkmaktadır.



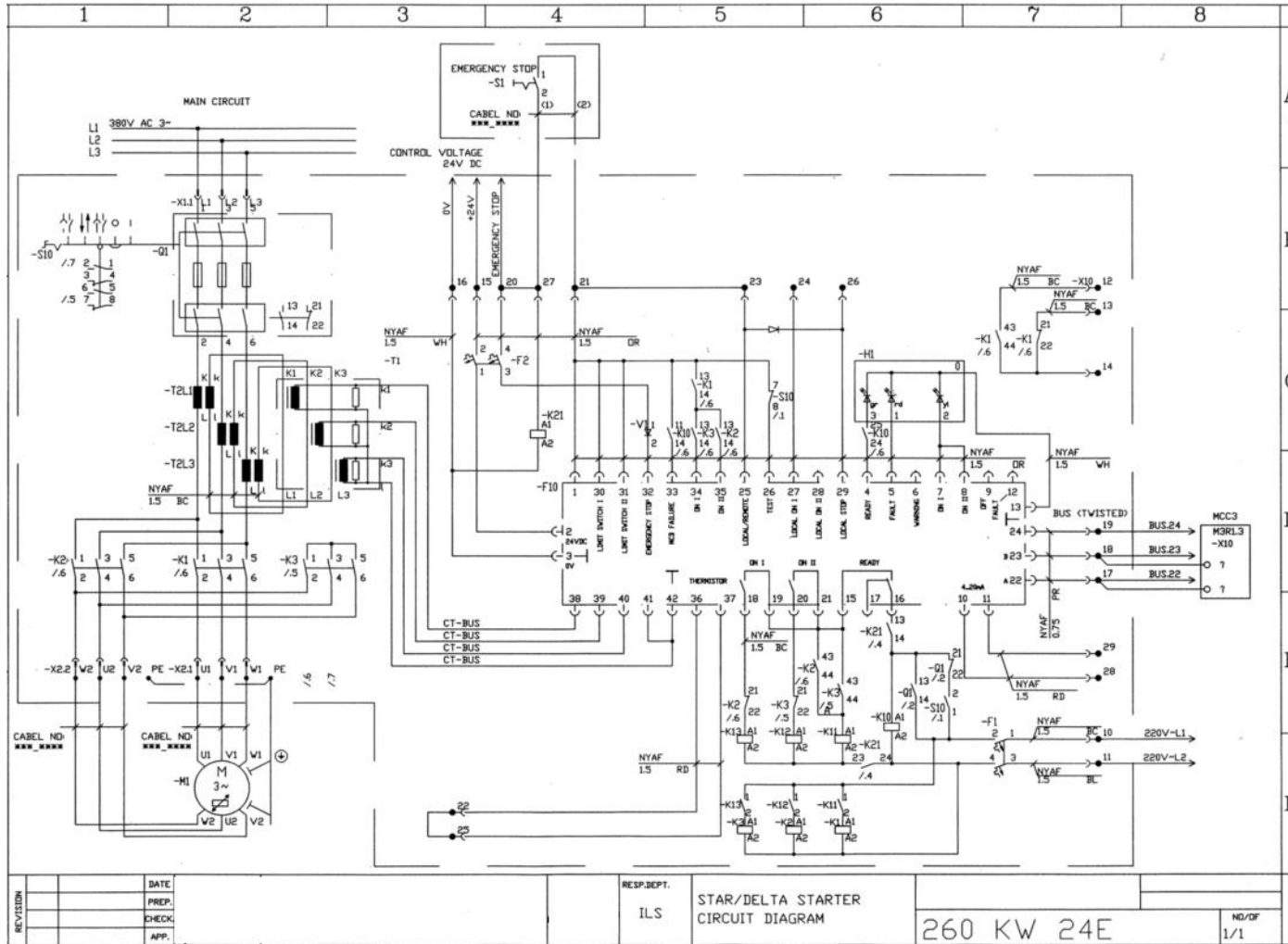
Şekil 5.102: MDP7 üç çalışma durumunda faz toprak arızası ITIC eğrileri.

5.3 Büyük Güçlü Motorun Yol Alması Sırasındaki Gerilim Çökmeleri

Tezin bu kısmında A fabrikasındaki gücü en büyük olan motorun devreye girme anında; A fabrikasında bulunan 7 adet alçak gerilim panosunda meydana getirdiği gerilim çökmeleri incelenecektir.

Motorun devreye alınması durumu; yukarıda bahsedilen 2 ayrı çalışma durumu için incelenecektir. Tesisin dizel generatörden çalışması durumu için motorun yol alması incelenmeyecektir. Çünkü bu motor yalnızca üretim devam ediyorken kullanılması gereken motordur. Dizel generatör çalışırken fabrika üretimini durdurmaktadır.

Tesiste kullanılan en güçlü motor bir fan (blower) motorudur. Bu motorun besleme gerilimi 380 V, gücü 260 kW ve devri 1500 d/d olup, yıldız/üçgen yol verme yöntemiyle çalıştırılmaktadır. Fan motorunun güç ve kumanda devresi Şekil 5.103'de gösterilmiştir. Bu fan motoru A fabrikasında bulunan MDP3 alçak gerilim panosundan beslenmektedir. Bu motorun kumanda devresinde yıldızdan üçgene geçme süresi 47 saniyedir. Bir başka deyişle bu motor yıldız yol aldıktan 47 saniye sonra üçgen bağlantıya geçmektedir. DİGSILENT yazılımında simülasyonun 5. saniyesinde motora yolverilmektedir. 47 saniye sonra yani simülasyonun 52. saniyesinde motor normal bağlantı şekli olan üçgen bağlantıya geçmektedir.

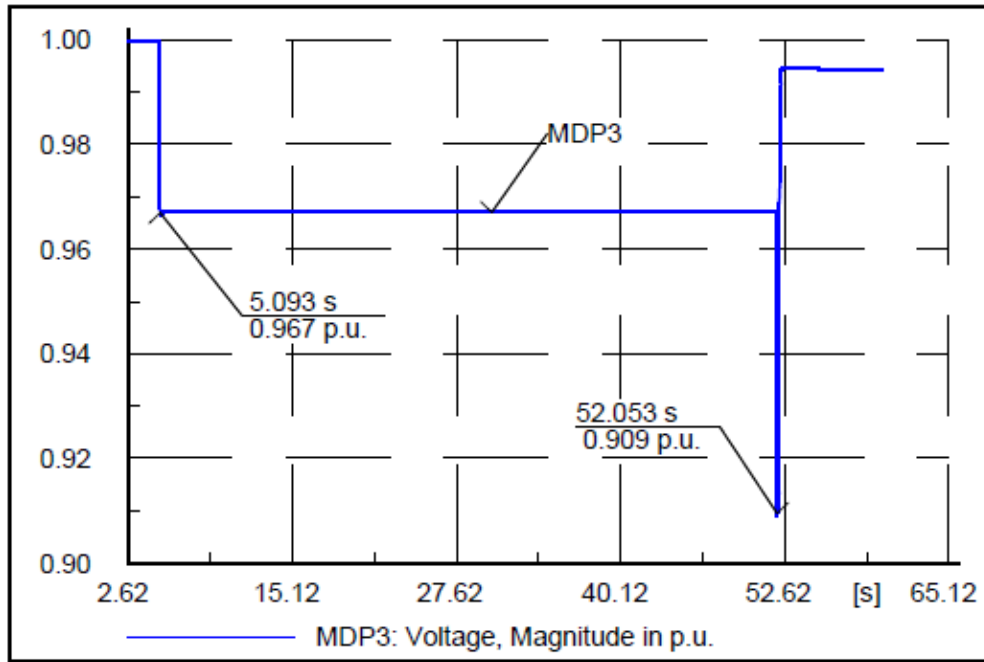


Şekil 5.103 : Fan motorunun güç ve kumanda devresi.

5.3.1 Şebeke ile paralel çalışma durumu için yapılan hesaplar

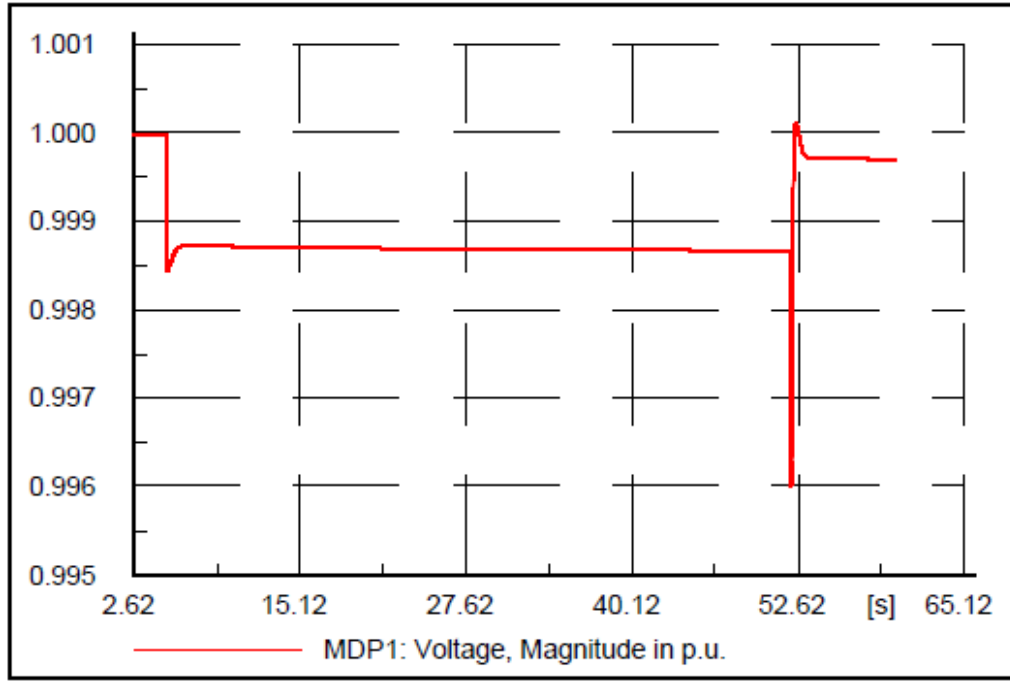
Bu bölümde, kojenerasyon tesisi şebeke ile paralel çalışırken A tesisinde bulunan 260 kW gücündeki fan motoruna tranziyent analiz yöntemi ile yol verilmiştir. Bu fan motorunun yol alma esnasında MDP baralarında oluşan gerilim-zaman grafikleri aşağıda verilmektedir.

Şekil 5.104’de fan motoruna yol verme esnasında MDP3 barasının gerilim zaman grafiği verilmiştir. Gerilim değeri pu olarak gösterilmiştir. Yolverme esnasında baradaki gerilim en düşük 0,909 pu değerine düşmektedir. Baranın gerilimi çalışılabilir sınırlar içinde kaldığından gerilim çökmesi olayı görülmez.



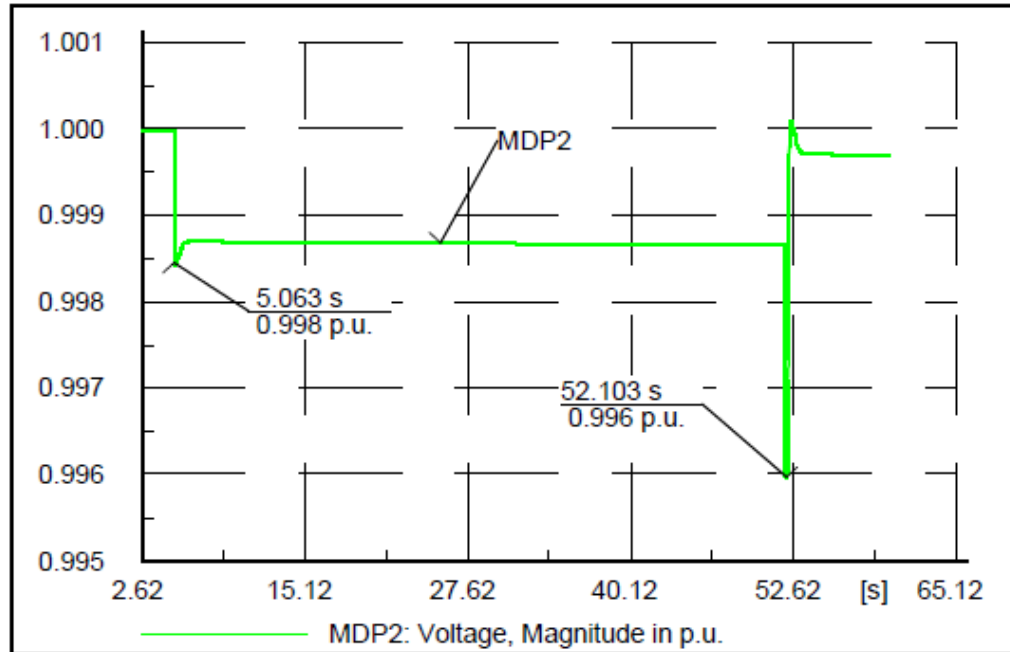
Şekil 5.104 : MDP3 barasının gerilim zaman grafiği.

Şekil 5.105’de fan motoruna yol verme esnasında MDP1 barasının gerilim zaman grafiği verilmiştir. Gerilim değeri pu olarak gösterilmiştir. Yolverme esnasında baradaki gerilim en düşük 0,996 pu değerine düşmektedir. Baranın gerilimi çalışılabilir sınırlar içinde kaldığından gerilim çökmesi olayı görülmez.



Şekil 5.105 : MDP1 barasının gerilim zaman grafiği – paralel çalışma.

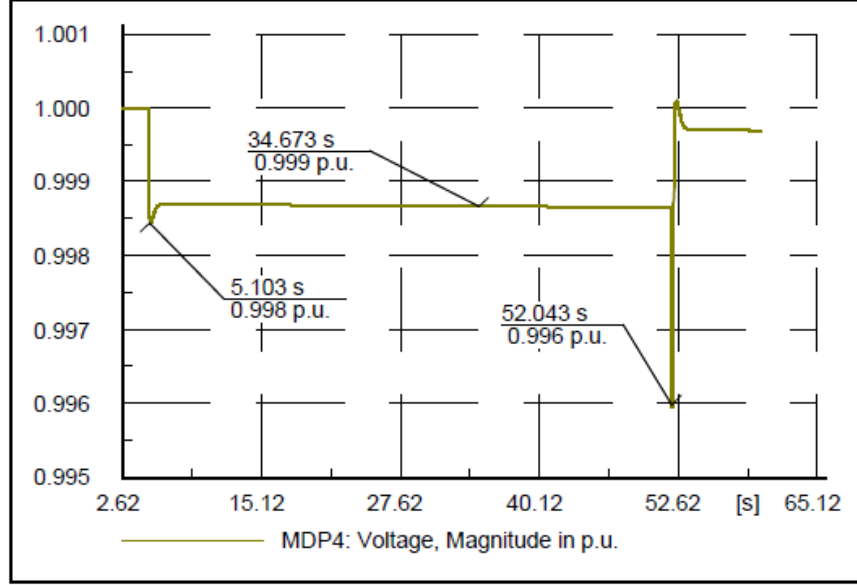
Şekil 5.106’da fan motoruna yol verme esnasında MDP2 barasının gerilim zaman grafiği verilmiştir. Gerilim değeri pu olarak gösterilmiştir. Yolverme esnasında baradaki gerilim en düşük 0,996 pu değerine düşmektedir. Baranın gerilimi çalışılabilir sınırlar içinde kaldığından gerilim çökmesi olayı görülmez.



Şekil 5.106 : MDP2 barasının gerilim zaman grafiği – paralel çalışma.

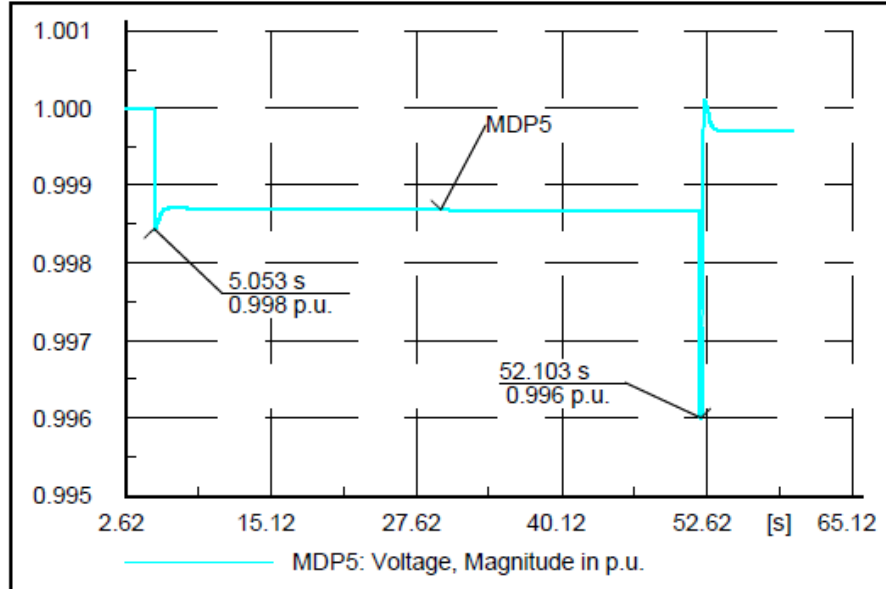
Şekil 5.107’de fan motoruna yol verme esnasında MDP4 barasının gerilim zaman grafiği verilmiştir. Gerilim değeri pu olarak gösterilmiştir. Yolverme esnasında

baradaki gerilim en düşük 0,996 pu değerine düşmektedir. Baranın gerilimi çalışılabilir sınırlar içinde kaldığından gerilim çökmesi olayı görülmez.



Şekil 5.107 : MDP4 barasının gerilim zaman grafiği – paralel çalışma.

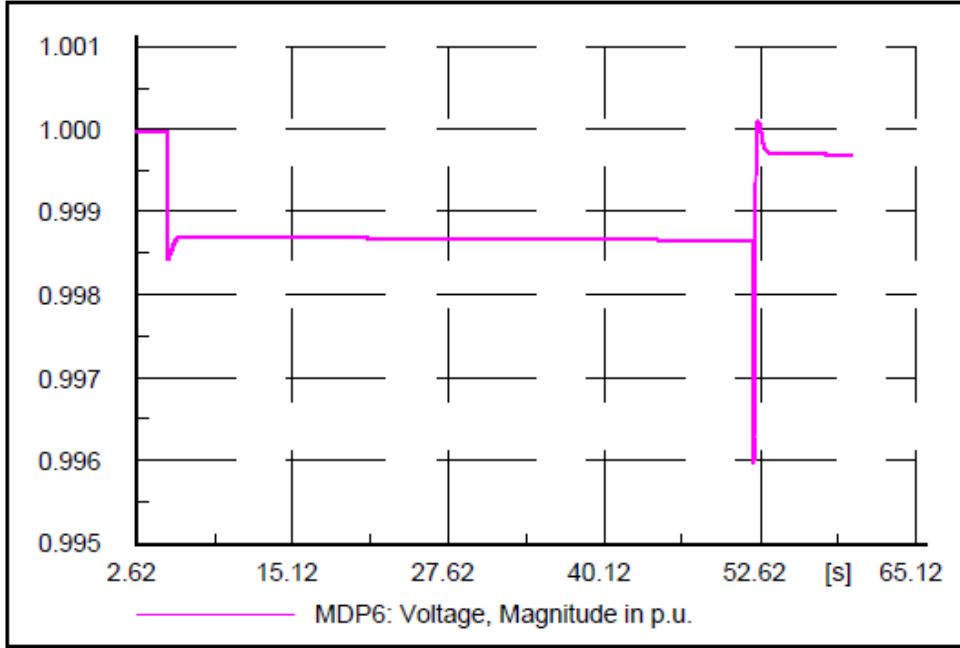
Şekil 5.108’de fan motoruna yol verme esnasında MDP5 barasının gerilim zaman grafiği verilmiştir. Gerilim değeri pu olarak gösterilmiştir. Yolverme esnasında baradaki gerilim en düşük 0,996 pu değerine düşmektedir. Baranın gerilimi çalışılabilir sınırlar içinde kaldığından gerilim çökmesi olayı görülmez.



Şekil 5.108 : MDP5 barasının gerilim zaman grafiği – paralel çalışma.

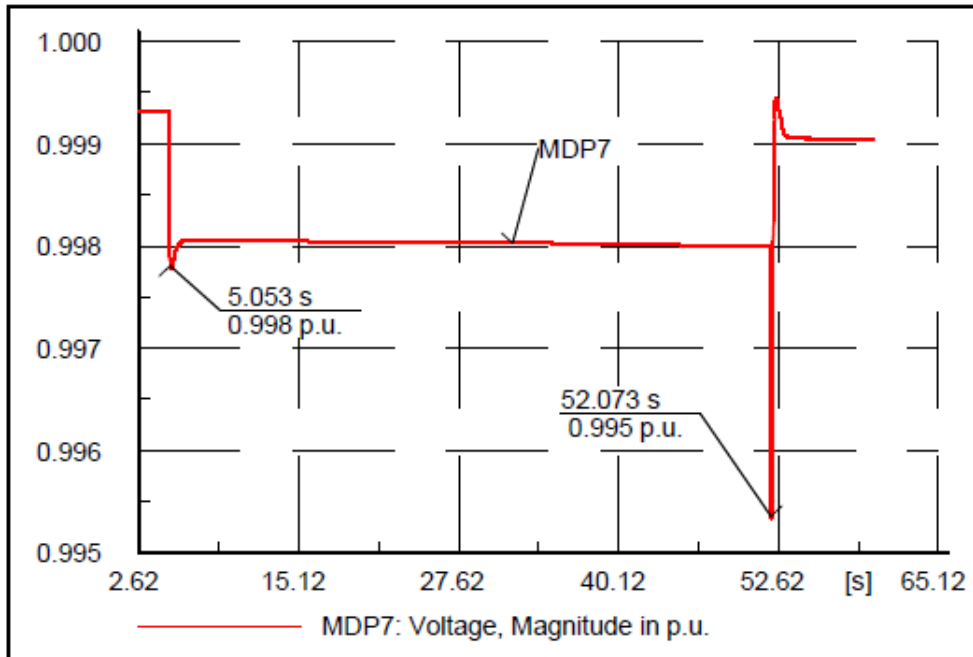
Şekil 5.109’da fan motoruna yol verme esnasında MDP6 barasının gerilim zaman grafiği verilmiştir. Gerilim değeri pu olarak gösterilmiştir. Yolverme esnasında

baradaki gerilim en düşük 0,996 pu değerine düşmektedir. Baranın gerilimi çalışılabilir sınırlar içinde kaldığından gerilim çökmesi olayı görülmez.



Şekil 5.109 : MDP6 barasının gerilim zaman grafiği – paralel çalışma.

Şekil 5.110’da fan motoruna yol verme esnasında MDP7 barasının gerilim zaman grafiği verilmiştir. Gerilim değeri pu olarak gösterilmiştir. Yolverme esnasında baradaki gerilim en düşük 0,995 pu değerine düşmektedir. Baranın gerilimi çalışılabilir sınırlar içinde kaldığından gerilim çökmesi olayı görülmez.



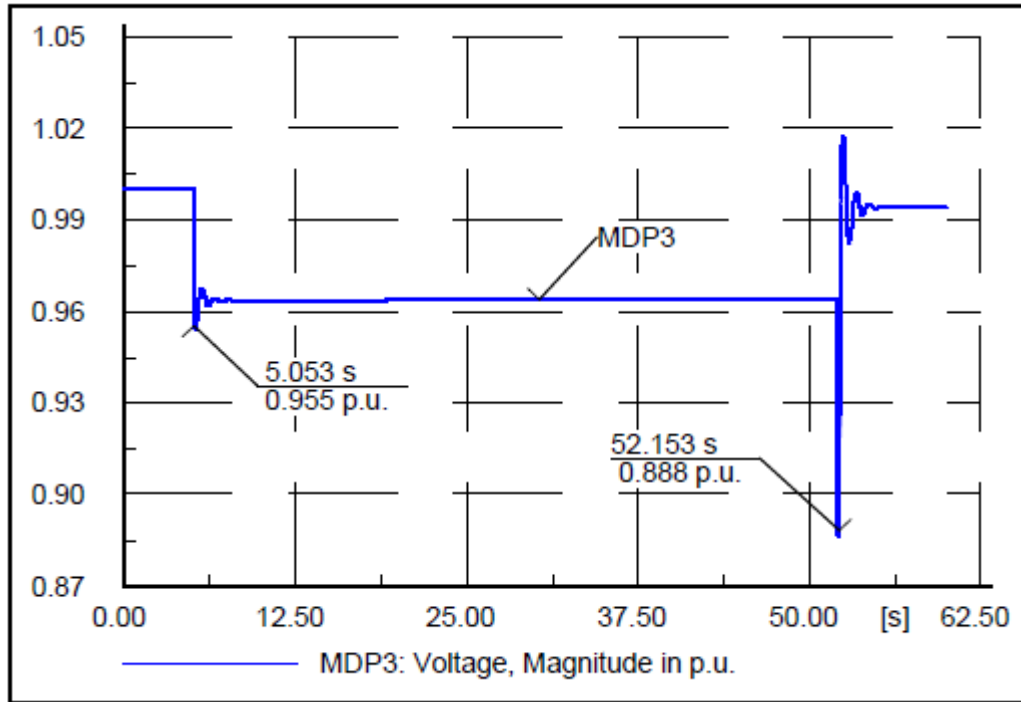
Şekil 5.110 : MDP7 barasının gerilim zaman grafiği – paralel çalışma.

Yukarıda 7 baranın gerilim zaman grafiklerinden görüldüğü üzere, kojenerasyon tesisinin şebeke ile paralel çalışma durumunda A fabrikasında bulunan en güçlü motora yol verildiğinde hiçbir barada gerilim çökmesi olayı görülmemektedir.

5.3.2 Kojenerasyon ada çalışma durumu için yapılan hesaplar

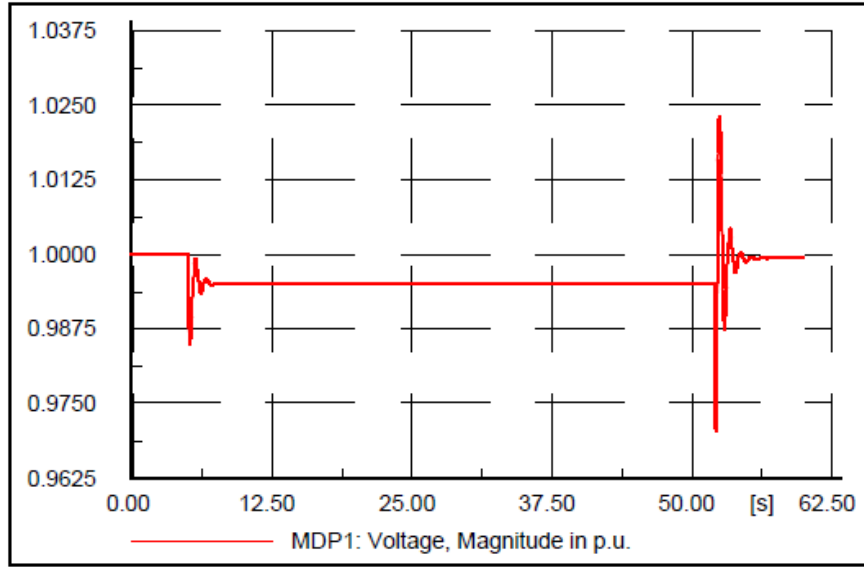
Bu bölümde, kojenerasyon tesisi ada durumunda çalışırken A tesisinde bulunan 260 kW gücündeki fan motoruna tranziyent analiz yöntemi ile yol verilmiştir. Bu fan motorunun yol alma esnasında MDP baralarında oluşan gerilim-zaman grafikleri aşağıda verilmektedir.

Şekil 5.111’de fan motoruna yol verme esnasında MDP3 barasının gerilim zaman grafiği verilmiştir. Gerilim değeri pu olarak gösterilmiştir. Yolverme esnasında baradaki gerilim en düşük 0,888 pu değerine düşmektedir. Baranın gerilimi çalışılabilir sınırlar içinde kaldığından gerilim çökmesi olayı görülmez.



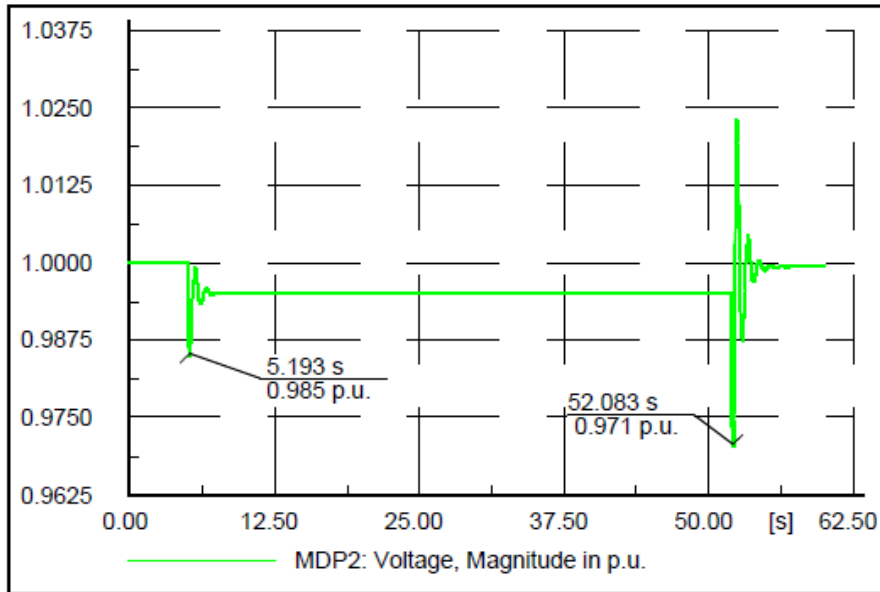
Şekil 5.111 : MDP3 barasının gerilim zaman grafiği – ada çalışma.

Şekil 5.112’de fan motoruna yol verme esnasında MDP1 barasının gerilim zaman grafiği verilmiştir. Gerilim değeri pu olarak gösterilmiştir. Yolverme esnasında baradaki gerilim en düşük 0,971 pu değerine düşmektedir. Baranın gerilimi çalışılabilir sınırlar içinde kaldığından gerilim çökmesi olayı görülmez.



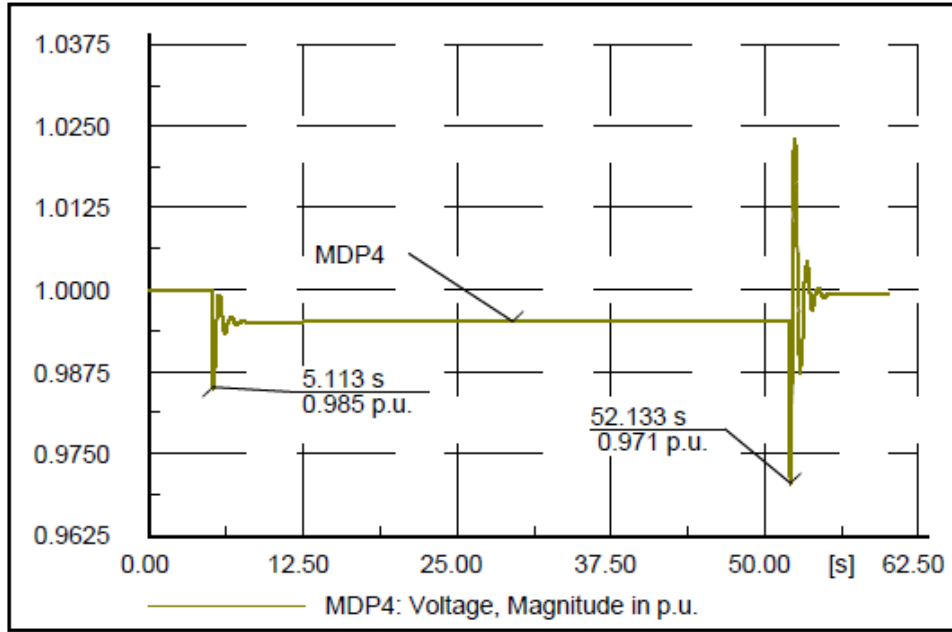
Şekil 5.112 : MDP1 barasının gerilim zaman grafiği – ada çalışma.

Şekil 5.113’de fan motoruna yol verme esnasında MDP2 barasının gerilim zaman grafiği verilmiştir. Gerilim değeri pu olarak gösterilmiştir. Yolverme esnasında baradaki gerilim en düşük 0,971 pu değerine düşmektedir. Baranın gerilimi çalışılabilir sınırlar içinde kaldığından gerilim çökmesi olayı görülmez.



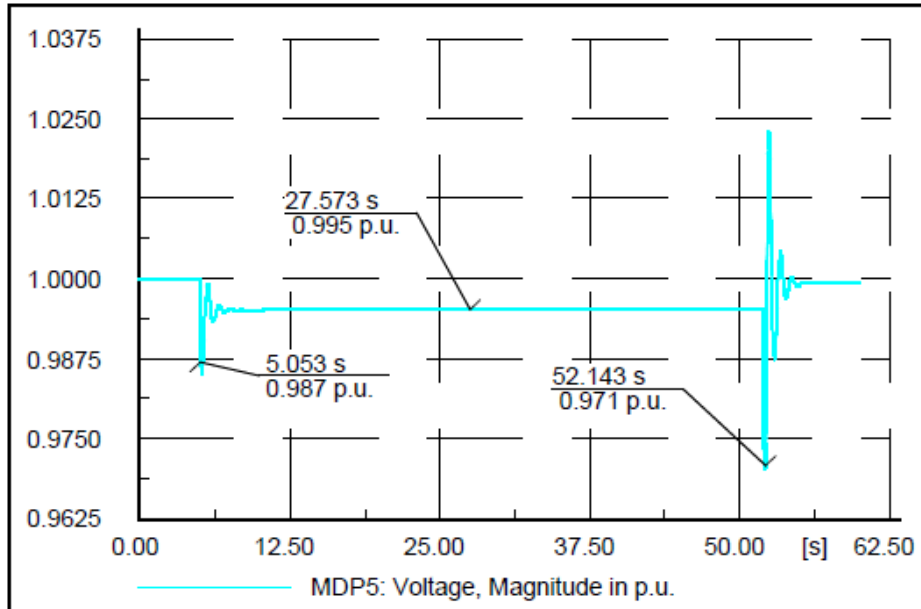
Şekil 5.113 : MDP2 barasının gerilim zaman grafiği – ada çalışma.

Şekil 5.114’de fan motoruna yol verme esnasında MDP4 barasının gerilim zaman grafiği verilmiştir. Gerilim değeri pu olarak gösterilmiştir. Yolverme esnasında baradaki gerilim en düşük 0,971 pu değerine düşmektedir. Baranın gerilimi çalışılabilir sınırlar içinde kaldığından gerilim çökmesi olayı görülmez.



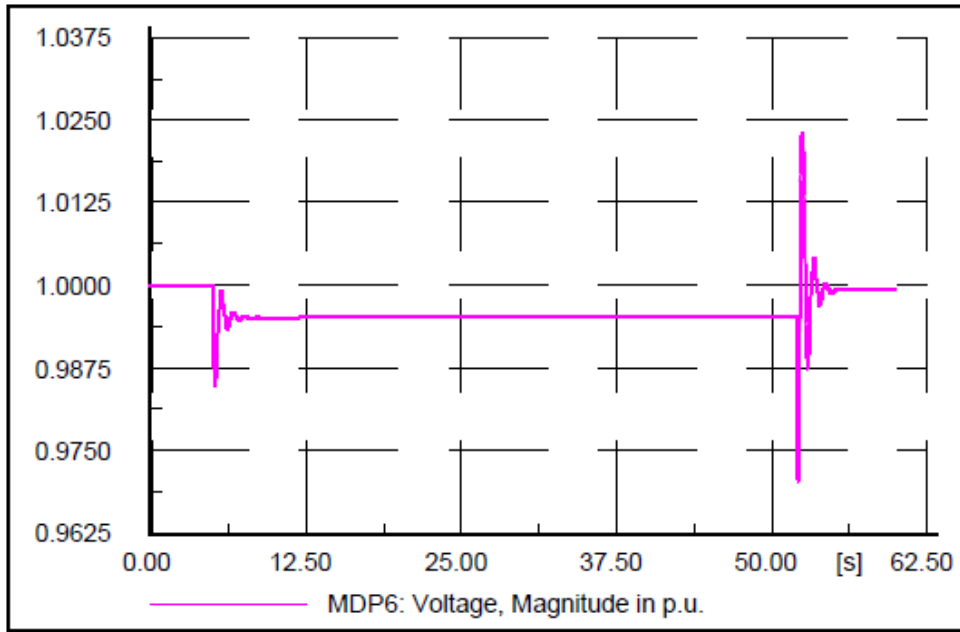
Şekil 5.114 : MDP4 barasının gerilim zaman grafiği – ada çalışma.

Şekil 5.115’de fan motoruna yol verme esnasında MDP5 barasının gerilim zaman grafiği verilmiştir. Gerilim değeri pu olarak gösterilmiştir. Yolverme esnasında baradaki gerilim en düşük 0,971 pu değerine düşmektedir. Baranın gerilimi çalışılabilir sınırlar içinde kaldığından gerilim çökmesi olayı görülmez.



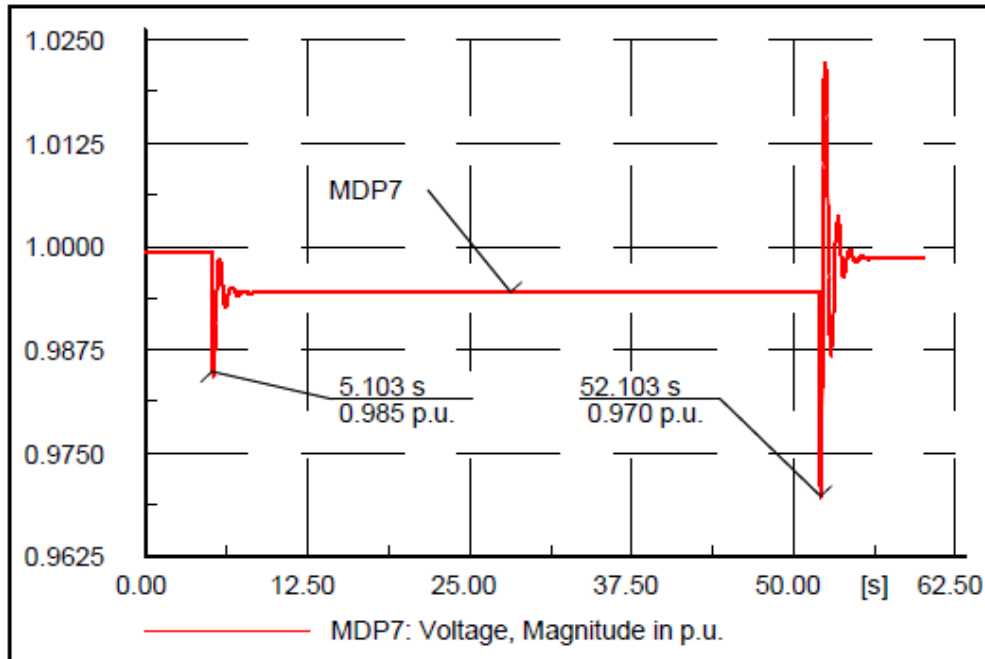
Şekil 5.115 : MDP5 barasının gerilim zaman grafiği – ada çalışma.

Şekil 5.116’te fan motoruna yol verme esnasında MDP6 barasının gerilim zaman grafiği verilmiştir. Gerilim değeri pu olarak gösterilmiştir. Yolverme esnasında baradaki gerilim en düşük 0,971 pu değerine düşmektedir. Baranın gerilimi çalışılabilir sınırlar içinde kaldığından gerilim çökmesi olayı görülmez.



Şekil 5.116 : MDP6 barasının gerilim zaman grafiği – ada çalışma.

Şekil 5.117’de fan motoruna yol verme esnasında MDP7 barasının gerilim zaman grafiği verilmiştir. Gerilim değeri pu olarak gösterilmiştir. Yolverme esnasında baradaki gerilim en düşük 0,970 pu değerine düşmektedir. Baranın gerilimi çalışılabilir sınırlar içinde kaldığından gerilim çökmesi olayı görülmez.



Şekil 5.117 : MDP7 barasının gerilim zaman grafiği – ada çalışma.

Yukarıda 7 baranın gerilim zaman grafiklerinden görüldüğü üzere, kojenerasyon tesisinin ada çalışma durumunda A fabrikasında bulunan en güçlü motora yol verildiğinde A tesisindeki hiçbir barada gerilim çökmesi olayı görülmemektedir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Elektrik enerji kalitesi problemlerinden önemli bir tanesi gerilim çökmesidir. Gerilim çökmeleri üzerine bir çalışma yapmak üzere bu tezde A fabrikası adı ile isimlendirilen bir endüstriyel tesis seçilmiştir. Bu tesiste bulunan bilgisayar, IT cihazları, ac sürücüler gibi elektrikle beslenen cihazların gerilim çökmelerinden etkilenip etkilenmeyecekleri irdelenmiştir.

Gerilim çökmelerinin en önemli iki sebebi kısa devre hataları ve büyük yüklerin devreye alınması, örnek olarak büyük güçlü bir motora yol verilmesidir. Bu analizleri yapabilmek için A fabrikasının elektrik dağıtım sistemi ve bu tesisi besleyen kojenerasyon tesisi DİgSILENT yazılımında modellenmiştir. Bu model üzerinde kısa devre hesapları ve motora yol verme analizleri yapılmıştır.

Yapılan hesaplamalara göre gerilim çökmeleri A fabrikasında tüm yüklerin beslendiği 7 adet alçak gerilim panosu üzerinde incelenmiştir. Bölüm 5.4’de kısa devre hesapları sonucu, gerilim çökmelerinin bilgisayar ve benzeri IT cihazları üzerindeki etkilerini görmek için her bir dağıtım panosunda oluşan değerler ITIC eğrisi üzerinde işaretlenmiştir. Bu kısa devre hataları esnasında ac sürücülerin gerilim çökmelerinden etkilenip etkilenmediğini belirleyebilmek için aynı değerler tüm dağıtım panoları için sürücü tolerans eğrileri üzerinde işaretlenmiştir. Bölüm 5.4’de ise A fabrikasında bulunan gücü en büyük olan asenkron motora yıldız üçgen yol verme yöntemiyle yol verilmiştir. Bu analiz için tranziyent analiz yöntemi kullanılmıştır.

Hem kısa devre hem de motora yol verme analizlerine göre sonuçlar bu bölümde yorumlanmış ve bu sonuçlara göre de çeşitli öneriler sunulmuştur.

6.1 Kısa Devre Arızalarında Gerilim Çökmeleri

5. Bölüm’de A fabrikası için kısa devre hesaplamaları yapılmış ve sonuçlar grafikler üzerinden yorumlanmıştır. Buna göre, her üç çalışma durumunda da A fabrikasında belirtilen noktalarda meydana gelen kısa devre hataları sonucunda alçak gerilim

panolarının baralarında (MDP panoları) gerilim çökmesi olması beklemektedir. Gerilim çökmelerinin hem bilgisayar ve benzeri cihazları hem de sürücülerini etkileyeceği görülmektedir.

A fabrikasının 5. bölümde belirtilen bazı noktalarında meydana gelen kısa devre hataları gerilim çökmesine değil, kısa süreli kesintilere neden olmaktadır. (Örn: Şekil 5.14 ve Çizelge A.1’de E noktası)

Bazı koruma rölelerinde seçicilik (selektivite) problemi vardır. Bu yüzden gerilim çökmesi veya kısa süreli kesintilerle geçirilebilecek olan durumlar uzun süreli kesintiye dönüşmektedir. (Şekil 5.46 ve Şekil 5.75)

A fabrikasına ait ana dağıtım panoları için her üç çalışma durumundaki kısa devreler için çıkarılan grafikler karşılaştırıldığında besleme kaynağının kısa devre gücünün gerilim çökmeleriyle doğrudan ilgili olduğu görülmektedir. Besleme kaynağının kısa devre gücü ne kadar büyükse, tesiste gerilim çökmesinin etkisi az olmaktadır. (Şekil 5.102)

A fabrikasının dizel generatörden çalışma durumunda bazı noktalardaki faz toprak kısa devreleri algılanamamaktadır. Röleler bu durumlarda koruma yapmamaktadırlar. Bu durum kaynak tarafındaki transformatörlerin bağlantı şekline kaynaklanmaktadır.

Bu sonuçlara göre A fabrikasının elektrik dağıtım sistemi için bazı önerilerde bulunulabilir.

Kısa devre arızaları sonucunda, gerilim çökmesi ve kısa süreli kesinti gibi enerji kalitesi sorunları görülmektedir. Bu durum kritik olan bilgisayar ve benzeri elektronik ve IT cihazları etkileyecektir. Bunun için bu tür cihazların kesintisiz güç kaynaklarıyla beslenmesi gerekir. Ek B’de Şekil B.8’de kesintisiz güç kaynaklarının dağıtım şemasında görüldüğü üzere kişisel bilgisayarlar, DCS server ve operatör bilgisayarları gibi otomasyon bilgisayarları kesintisiz güç kaynaklarından beslenmektedirler. Yangın algılama ve güvenlik kameraları gibi sistemler de KGKlardan beslenmektedirler. Bu uygulamanın doğru olduğu, gerilim çökmesi incelemelerinden görülmektedir. Ayrıca tesiste bulunan motor kontrol devrelerinde kullanılan kontaktörlerin kumanda gerilimi de KGKlar üzerinden sağlandığından, kontaktörlerin ve dolayısıyla bu kontaktörlerin kumanda ettiği motorların da gerilim çökmelerinden etkilenmeyecekleri görülmektedir.

Bu yüzden A fabrikasında bulunan KGKların düzgün çalışır durumda tutulmaları önemlidir.

Kısa devre arızaları sonucundaki gerilim çökmelerinden motor sürücülerini de etkilenmektedir. A fabrikasında değişik güçlerde 50 civarında motor sürücüsü bulunmaktadır. Tüm bu sürücüler için KGK kullanımı maliyetler açısından uygun değildir. Çoğu sürücünün sürdüğü motorların kısa süreli durmaları üretim açısından sıkıntı yaratmamaktadır. Ancak üretim esnasında aniden durması istenmeyen çok kritik motorları süren sürücüler için maliyet hesabı yapıp uygun bulunduğu takdirde KGK üzerinden beslenmeleri sağlanabilir.

5. bölümde anlatıldığı üzere OG koruma rölelerinin ayarlarındaki yanlışlıklar yüzünden seçicilik problemi yaşanmaktadır. Bu yüzden Ek B’de Şekil B.3’de gösterilen A fabrikasına ait OG kesicilerine kumanda eden koruma rölelerinin ayar değerleri tekrar hesaplanmalı ve rölelere girilmelidir.

Kojenerasyonun A fabrikasının dizel jeneratörden çalışma durumunda, bazı noktalarda faz toprak kısa devresi meydana geldiğinde, kısa devre akımı akmadığından mevcut röleler kısa devreleri algılayamamaktadır. Bu durum ciddi sıkıntılara yol açabilir. Bu faz toprak arızalarının algılanıp, koruma yapılmasına olanak sağlayacak koruma yöntemleri kullanılmalıdır.

6.2 Büyük Güçlü Motorun Devreye Girmesi Durumunda Gerilim Çökmeleri

5.Bölüm’de A fabrikasındaki gücü en büyük olan motor için yol verme analizi yapılmış ve sonuçlar grafikler üzerinden yorumlanmıştır. Bu analiz sadece kojenerasyon tesisinin şebeke ile paralel çalışması durumu ve kojenerasyon tesisinin ada çalışma durumu için yapılmıştır. Dizel jeneratörden çalışma esnasında bu motor hiçbir zaman çalıştırılmamaktadır. Buna göre, her iki çalışma durumunda da A fabrikasında bu motora yol verme esnasında alçak gerilim panolarının baralarında (MDP panoları) gerilim çökmesi olayı oluşmamaktadır. Bu durum hem şebekenin hem de ada çalışma durumunda tesisi besleyen 3 adet jeneratörün kısa devre gücünün büyüklüğünden kaynaklanmaktadır. Sonuç olarak bu motora yol verme esnasında tesiste bulunan bilgisayarlar, IT cihazları, sürücüler ve diğer elektrikli ekipmanlar bu yol verme olayından etkilenmemektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **Dugan, R., McGranaghan, M., Santoso, S., and Beaty, W.,** (1996). *Electrical Power Systems Quality*. McGraw-Hill, New York.
- [2] **Elektrik Dağıtım ve Perakende Satışına İlişkin Hizmet Kalitesi Yönetmeliği,** (2012). EPDK, Ankara.
- [3] **Bollen, M.H.J.** (2000), *Understanding Power Quality Problems-Voltage Sags and Interruptions*, New York.
- [4] **Pérez, N.L., and Donsión, M.P.,** (2003). Technical Methods for the Prevention and Correction of Voltage Sags and Short Interruptions inside the Industrial Plants and in the Distribution Networks. Paper presented at The International Conference on Renewable Energy and Power Quality (ICREPQ'03), Vigo, Spain. Retrieved from <http://www.icrepq.com/>
- [5] **Url-1** <<http://www.powerqualityworld.com/2011/03/power-quality-basics-overvoltage.html>>, alındığı tarih: 02.12.2013.
- [6] **Akpak, R.,** (2006). *Kayseri ve Civarı Enerji Kalite Problemlerinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, İzmit.
- [7] **Url-2** <<http://www.epri.com/>> alındığı tarih: 01.12.2013.
- [8] **DIGSILENT PowerFactory.,** v. 11.1.86, Technical Reference and User Manual, Digital Simulation and Network Calculation.
- [9] **Schneider Electric.,** (2005). *Cahier Technique no:158 - Calculation of Short Circuit Currents*.
- [10] **Kaşıkcı, İ.,** (2007). *Elektrik Tesislerinde Kısa Devre Hesaplamaları ve Uygulamaları*, İstanbul.
- [11] **IEC60909-0,** (2001). Short circuit currents in three phase a.c. systems – Part 0 : Calculation of currents, International Electrotechnical Commission.
- [12] **Won, D.J., Ahn, S.J., Chung, I., Kim, J.M., Moon, S.I.,** (2003). A New Definition of Voltage Sag Duration Considering The Voltage Tolerance Curve [Elektronik Sürüm]., Power Tech Conference Proceedings, 2003 IEEE Bologna, doi: 10.1109/PTC.2003.1304432
- [13] **Gallo, D., Landi, C., and Luiso, M.,** (2009). Accuracy Analysis of Voltage Dip Measurement [Elektronik Sürüm], Paper presented at XIX IMEKO World Congress, Fundamental and Applied Metrology, September 6-11, 2009, Lisbon, Portugal Retrieved from <http://www.imeko2009.it.pt>
- [14] **Stockman, K., D'hulster, F., Verhaege, K., Didden, M., and Belmans, R.,** (2003). Ride-Through of Adjustable Speed Drives During Voltage

Dips, Electric Power Systems Research. Jul 2003 Vol. 66 Issue 1, p49. 10p. doi: 10.1016/S0378-7796(03)00071-3, Belgium.

- [15] **Stockman, K., D'hulster, F., Desmet, J., Br Didden, M., and Belmans, R.,** (2002). Torque Behaviour of a Field Oriented Induction Motor Drives Towards Voltage Sag Conditions [Elektronik Sürüm]. Paper presented at 10th IEEE /ICHQP 2002-10-01, Rio de Janeiro, Brasil. Retrieved from <https://biblio.ugent.be/record/3189676>
- [16] **El-Gammal, M.A., Abou-Ghazala, A.Y., and El-Shennawy T.I.** (2010). Effects of Voltage Sags on a Refinery with Induction Motors Loads, Iranian Journal of Electrical and Computer Engineering Vol.9 No.1.
- [17] **Shareef, H., Mohamed, A., Nazri M., and Mohamed, K.,** (2010). *Experimental Investigation of AC Contactor Ride Through Capability During Voltage Sag*. Paper presented at 9th International Conference on Environment & Electrical Engineering (EEEIC) p325-328, 4p. doi: 10.1109/EEEIC.20105489934 Retrieved from <http://ieeexplore.ieee.org/>
- [18] **Shareef, H., Mohamed, A., and Nazri M.,** (2010). *Voltage Sags and Equipment Sensitivity: A Practical Investigation, Modelling Simulation and Identification*, ISBN: 978-953-307-136-7, Intech. doi: 10.5772/10013.
- [19] **LaCommare, K. H., and H.Eto, J.,** (2004). Understanding the Cost of Interruptions to U.S. Electricity Consumers, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, California, USA. Retrieved from <http://www.escholarship.org/>

EKLER

EK A : Çizelgeler

EK B : A Tesisinin Elektrik Dağıtım Sistemi ile İlgili Şekiller

Ek A : Çizelgeler

Çizelge A.1: MDP1 barası kojenerasyon şebeke ile paralel durumunda çalışma.

İncelenen Bara		MDP1											
Nominal Gerilim(kV)		0,4 kV											
KISA DEVRE TÜRÜ		MAKSİMUM											
Hata Noktası/Adı		FAZ-Toprak Kısadevresi						3 Faz Kısa Devresi					
		Van	Van	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾	Vab	Vab	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾
		kV	%	kA	ms	ms	ms	kV	%	kA	ms	ms	ms
F	FABRIKA1_TR1_BARA	0,231	100	62,41	60	15	45	0,390	98	60,85	60	15	45
E	FABRIKA1_ANA_BARA	0,166	72	7,65	125	60	65	0,006	2	10,21	125	60	65
B7	MDP7	0,238	103	25,44	85	40	45	0,407	102	25,17	85	40	45
B2	MDP2	0,235	102	39,50	75	30	45	0,401	100	38,86	75	30	45
B4	MDP3	0,235	102	39,50	75	30	45	0,401	100	38,86	75	30	45
B3	MDP4	0,238	103	25,44	85	40	45	0,407	102	25,18	85	40	45
B5	MDP5	0,235	102	39,50	75	30	45	0,401	100	38,86	75	30	45
B6	MDP6	0,238	103	25,44	85	40	45	0,407	102	25,17	85	40	45
H	CBL_TR1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G	CBL_TR5	0,166	72	7,55	165	100	65	0,007	2	10,19	165	100	65
J	CBL_TR6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
* Bir faz kısa devresi C fazında yapılmıştır.													
(1) Rölenin hatayı temizleme süresi ile kesicinin kesme zamanının toplamı													
(2) Rölenin hatayı temizleme süresi (3) Kesicinin kesme zamanı													

Çizelge A.2: MDP1 barası ada durumunda çalışma.

İncelenen Bara		MDP1											
Nominal Gerilim(kV)		0,4 kV											
KISA DEVRE TÜRÜ		MAKSİMUM											
Arıza Noktası/Adı		FAZ-Toprak Kısadevresi						3 Faz Kısa Devresi					
		Van	Van	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾	Vab	Vab	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾
		kV	%	kA	ms	ms	ms	kV	%	kA	ms	ms	ms
F	FABRIKA1_TR1_BARA	0,172	75	46,43	60	15	45	0,259	65	40,34	60	15	45
E	FABRIKA1_ANA_BARA	0,125	54	1,71	125	60	65	0,001	0	1,27	125	60	65
B7	MDP7	0,209	91	22,35	85	40	45	0,337	84	20,84	85	40	45
B2	MDP2	0,193	84	32,49	75	30	45	0,303	76	29,38	75	30	45
B4	MDP3	0,193	84	32,49	75	30	45	0,303	76	29,38	75	30	45
B3	MDP4	0,209	91	22,36	85	40	45	0,337	84	20,39	85	40	45
B5	MDP5	0,193	84	32,49	75	30	45	0,303	76	29,38	75	30	45
B6	MDP6	0,209	91	22,35	85	40	45	0,337	84	20,88	85	40	45
H	CBL_TR1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G	CBL_TR5	0,125	54	2	165	100	65	0,000	0	1,27	165	100	65
J	CBL_TR6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
* Bir faz kısa devresi C fazında yapılmıştır.													
(1) Rölenin hatayı temizleme süresi ile kesicinin kesme zamanının toplamı													
(2) Rölenin hatayı temizleme süresi													
(3) Kesicinin kesme zamanı													

Çizelge A.3: MDP1 barası dizel generatörden çalışma durumu.

İncelenen Bara		MDP1											
Nominal Gerilim(kV)		0,4 kV											
KISA DEVRE TÜRÜ		MAKSİMUM											
Arıza Noktası/Adı		FAZ-Toprak Kısadevresi						3 Faz Kısa Devresi					
		Van	Van	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾	Vab	Vab	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾
		kV	%	kA	ms	ms	ms	kV	%	kA	ms	ms	ms
F	FABRIKA1_TR1_BARA	-		-		-		-		-		-	
E	FABRIKA1_ANA_BARA	-		-		-		-		-		-	
B7	MDP7	0,104	45	9,21	462	417	45	0,112	28	6,95	245	200	45
B2	MDP2	0,063	27	10,55	726	681	45	0,079	20	7,69	542	497	45
B4	MDP3	0,063	27	10,55	726	681	45	0,079	20	7,69	542	497	45
B3	MDP4	0,086	37	9,21	85	40	45	0,112	28	6,95	85	40	45
B5	MDP5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B6	MDP6	0,086	37	9,21	462	417	45	0,112	28	6,95	245	200	45
H	CBL_TR1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G	CBL_TR5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
J	CBL_TR6	0,254	-	0,00	-	-	-	0,000	0	0,11	165	100	65
* Bir faz kısa devresi C fazında yapılmıştır.													
(1) Rölenin hatayı temizleme süresi ile kesicinin kesme zamanının toplamı													
(2) Rölenin hatayı temizleme süresi													
(3) Kesicinin kesme zamanı													

Çizelge A.4: MDP2 barası şebeke ile paralel çalışma durumu.

İncelenen Bara	MDP2												
Nominal Gerilim(kV)	0,4 kV												
KISA DEVRE TÜRÜ	MAKSİMUM												
Arıza Noktası/Adı		FAZ-Toprak Kısadevresi						3 Faz Kısa Devresi					
		Van	Van	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾	Vab	Vab	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾
		kV	%	kA	ms	ms	ms	kV	%	kA	ms	ms	ms
F	FABRIKA1_TR1_BARA	0,231	100	62,41	60	15	45	0,390	98	60,85	60	15	45
E	FABRIKA1_ANA_BARA	0,166	72	7,65	125	60	65	0,006	2	10,21	125	60	65
B7	MDP7	0,238	103	25,44	85	40	45	0,407	102	25,17	85	40	45
B1	MDP1	0,238	103	25,45	75	30	45	0,407	102	25,18	75	30	45
B4	MDP3	0,235	102	39,50	75	30	45	0,401	100	38,86	75	30	45
B3	MDP4	0,238	103	25,44	85	40	45	0,407	102	25,18	85	40	45
B5	MDP5	0,235	102	39,50	75	30	45	0,401	100	38,86	75	30	45
B6	MDP6	0,238	103	25,44	85	40	45	0,407	102	25,17	85	40	45
H	CBL_TR1	0,166	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G	CBL_TR5	0,166	72	7,55	165	100	65	0,007	2	10,12	165	100	65
J	CBL_TR6		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
* Bir faz kısa devresi C fazında yapılmıştır.													
(1) Rölenin hatayı temizleme süresi ile kesicinin kesme zamanının toplamı													
(2) Rölenin hatayı temizleme süresi (3) Kesicinin kesme zamanı													

Çizelge A.5 : MDP2 barası ada durumunda çalışma.

İncelenen Bara		MDP2											
Nominal Gerilim(kV)		0,4 kV											
KISA DEVRE TÜRÜ		MAKSİMUM											
Arıza Noktası/Adı		FAZ-Toprak Kısadevresi						3 Faz Kısa Devresi					
		Van	Van	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾	Vab	Vab	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾
		kV	%	kA	ms	ms	ms	kV	%	kA	ms	ms	ms
F	FABRIKA1_TR1_BARA	0,172	75	46,43	60	15	45	0,259	65	40,34	60	15	45
E	FABRIKA1_ANA_BARA	0,125	54	1,71	125	60	65	0,001	0	1,273	125	60	65
B7	MDP7	0,209	91	22,35	85	40	45	0,337	52	20,84	85	40	45
B1	MDP1	0,209	91	22,36	75	30	45	0,337	84	20,84	75	30	45
B4	MDP3	0,193	84	32,49	75	30	45	0,303	76	29,38	75	30	45
B3	MDP4	0,209	91	22,36	85	40	45	0,337	84	20,39	85	40	45
B5	MDP5	0,193	84	32,49	75	30	45	0,303	76	29,38	75	30	45
B6	MDP6	0,209	91	22,35	85	40	45	0,337	84	20,88	85	40	45
H	CBL_TR1	0,125	54	1,70	-	100	-	0,000	0	1,27	-	100	-
G	CBL_TR5	0,125	54	2	165	100	65	0,000	0	1,27	165	100	65
J	CBL_TR6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
* Bir faz kısa devresi C fazında yapılmıştır.													
(1) Rölenin hatayı temizleme süresi ile kesicinin kesme zamanının toplamı													
(2) Rölenin hatayı temizleme süresi (3) Kesicinin kesme zamanı													

Çizelge A.6: MDP2 barası dizel generatörden çalışma durumu.

İncelenen Bara	MDP2												
Nominal Gerilim(kV)	0,4 kV												
KISA DEVRE TÜRÜ	MAKSİMUM												
Arıza Noktası/Adı		FAZ-Toprak Kısadevresi						3 Faz Kısa Devresi					
		Van	Van	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾	Vab	Vab	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾
		kV	%	kA	ms	ms	ms	kV	%	kA	ms	ms	ms
F	FABRIKA1_TR1_BARA	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E	FABRIKA1_ANA_BARA	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B7	MDP7	0,104	45	9,21	462	417	45	0,112	28	6,95	245	200	45
B1	MDP1	0,086	37	9,21	462	417	45	0,112	28	6,95	245	200	45
B4	MDP3	0,063	27	10,55	726	681	45	0,079	20	7,69	542	497	45
B3	MDP4	0,086	37	9,21	85	40	45	0,112	28	6,95	85	40	45
B5	MDP5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B6	MDP6	0,086	37	9,21	462	417	45	0,112	28	6,95	245	200	45
H	CBL_TR1	0,254	-	0,00	-	-	-	0,000	0	0,12	165	100	65
G	CBL_TR5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
J	CBL_TR6	0,254	-	0,00	165	100	65	0,000	0	0,11	165	100	65
* Bir faz kısa devresi C fazında yapılmıştır.													
(1) Rölenin hatayı temizleme süresi ile kesicinin kesme zamanının toplamı													
(2) Rölenin hatayı temizleme süresi (3) Kesicinin kesme zamanı													

Çizelge A.7: MDP3 barası şebeke ile paralel çalışma durumu.

İncelenen Bara		MDP3											
Nominal Gerilim(kV)		0,4 kV											
KISA DEVRE TÜRÜ		MAKSİMUM											
Arıza Noktası/Adı		FAZ-Toprak Kısadevresi						3 Faz Kısa Devresi					
		Van	Van	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾	Vab	Vab	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾
		kV	%	kA	ms	ms	ms	kV	%	kA	ms	ms	ms
F	FABRIKA1_TR1_BARA	0,231	100	62,41	60	15	45	0,390	98	60,85	60	15	45
E	FABRIKA1_ANA_BARA	0,166	72	7,65	125	60	65	0,006	2	10,21	125	60	65
B7	MDP7	0,238	103	25,44	85	40	45	0,407	102	25,17	85	40	45
B1	MDP1	0,238	103	25,45	75	30	45	0,407	102	25,18	75	30	45
B2	MDP2	0,235	102	39,50	75	30	45	0,401	100	38,86	75	30	45
B3	MDP4	0,238	103	25,44	85	40	45	0,407	102	25,18	85	40	45
B5	MDP5	0,235	102	39,50	75	30	45	0,401	100	38,86	75	30	45
B6	MDP6	0,238	103	25,44	85	40	45	0,407	102	25,17	85	40	45
H	CBL_TR1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G	CBL_TR5	0,166	72	7,55	165	100	65	0,007	2	10,12	165	100	65
J	CBL_TR6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
* Bir faz kısa devresi C fazında yapılmıştır.													
(1) Rölenin hatayı temizleme süresi ile kesicinin kesme zamanının toplamı													
(2) Rölenin hatayı temizleme süresi (3) Kesicinin kesme zamanı													

Çizelge A.8: MDP3 barası ada durumunda çalışma.

İncelenen Bara		MDP3											
Nominal Gerilim(kV)		0,4 kV											
KISA DEVRE TÜRÜ		MAKSİMUM											
Arıza Noktası/Adı		FAZ-Toprak Kısadevresi						3 Faz Kısa Devresi					
		Van	Van	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾	Vab	Vab	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾
		kV	%	kA	ms	ms	ms	kV	%	kA	ms	ms	ms
F	FABRIKA1_TR1_BARA	0,172	75	46,43	60	15	45	0,259	65	40,34	60	15	45
E	FABRIKA1_ANA_BARA	0,125	54	1,71	125	60	65	0,001	0	1,273	125	60	65
B7	MDP7	0,209	91	22,35	85	40	45	0,337	52	20,84	85	40	45
B1	MDP1	0,209	91	22,36	75	30	45	0,337	84	20,84	75	30	45
B2	MDP2	0,193	84	32,49	75	30	45	0,303	76	29,38	75	30	45
B3	MDP4	0,209	91	22,36	85	40	45	0,337	84	20,39	85	40	45
B5	MDP5	0,193	84	32,49	75	30	45	0,303	76	29,38	75	30	45
B6	MDP6	0,209	91	22,35	85	40	45	0,337	84	20,88	85	40	45
H	CBL_TR1	0,125	54	1,70	-	100,00	-	0,000	0	1,27	-	100	-
G	CBL_TR5	0,125	54	2	165	100	65	0,000	0	1,27	165	100	65
J	CBL_TR6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
* Bir faz kısa devresi C fazında yapılmıştır.													
(1) Rölenin hatayı temizleme süresi ile kesicinin kesme zamanının toplamı													
(2) Rölenin hatayı temizleme süresi (3) Kesicinin kesme zamanı													

Çizelge A.9: MDP3 barası dizel generatörden çalışma durumu.

İncelenen Bara		MDP3											
Nominal Gerilim(kV)		0,4 kV											
KISA DEVRE TÜRÜ		MAKSİMUM											
Arıza Noktası/Adı		FAZ-Toprak Kısadevresi						3 Faz Kısa Devresi					
		Van	Van	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾	Vab	Vab	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾
		kV	%	kA	ms	ms	ms	kV	%	kA	ms	ms	ms
F	FABRIKA1_TR1_BARA	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E	FABRIKA1_ANA_BARA	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B7	MDP7	0,104	45	9,21	462	417	45	0,112	28	6,95	245	200	45
B1	MDP1	0,086	37	9,21	462	417	45	0,112	28	6,95	245	200	45
B2	MDP2	0,063	27	10,55	726	681	45	0,079	20	7,69	542	497	45
B3	MDP4	0,086	37	9,21	85	40	45	0,112	28	6,95	85	40	45
B5	MDP5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B6	MDP6	0,086	37	9,21	462	417	45	0,112	28	6,95	245	200	45
H	CBL_TR1	0,254	-	-	-	-	-	0,000	0	0,12	165	100	65
G	CBL_TR5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
J	CBL_TR6	0,254	-	0,00	165	100	65	0,000	0	0,11	165	100	65
* Bir faz kısa devresi C fazında yapılmıştır.													
(1) Rölenin hatayı temizleme süresi ile kesicinin kesme zamanının toplamı													
(2) Rölenin hatayı temizleme süresi (3) Kesicinin kesme zamanı													

Çizelge A.10: MDP4 barası – kojenerasyon ile şebeke paralel çalışma durumu.

İncelenen Bara		MDP4											
Nominal Gerilim(kV)		0,4 kV											
KISA DEVRE TÜRÜ		MAKSİMUM											
Arıza Noktası/Adı		FAZ-Toprak Kısadevresi						3 Faz Kısa Devresi					
		Van	Van	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾	Vab	Vab	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾
		kV	%	kA	ms	ms	ms	kV	%	kA	ms	ms	ms
F	FABRIKA1_TR1_BARA	0,229	0	100,43	60	15	45	0,390	98	60,85	60	15	45
E	FABRIKA1_ANA_BARA	0,244	0	72,17	125	60	65	0,006	2	10,21	125	60	65
B7	MDP7	0,237	0	103,48	85	40	45	0,407	102	25,17	85	40	45
B1	MDP1	0,237	0	103,48	75	30	45	0,407	102	25,18	75	30	45
B2	MDP2	0,234	0	102,17	75	30	45	0,401	100	38,86	75	30	45
B4	MDP3	0,234	0	102,17	75	30	45	0,401	100	38,86	75	30	45
B5	MDP5	0,233	0	102,17	75	30	45	0,401	100	38,86	75	30	45
B6	MDP6	0,237	0	103,48	85	40	45	0,407	102	25,17	85	40	45
H	CBL_TR1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G	CBL_TR5	0,243	0	72,17	165	100	65	0,007	2	10,12	165	100	65
J	CBL_TR6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
* Bir faz kısa devresi C fazında yapılmıştır.													
(1) Rölenin hatayı temizleme süresi ile kesicinin kesme zamanının toplamı													
(2) Rölenin hatayı temizleme süresi (3) Kesicinin kesme zamanı													

Çizelge A.11: MDP4 barası kojenerasyonun ada çalışma durumu.

İncelenen Bara		MDP4											
Nominal Gerilim(kV)		0,4 kV											
KISA DEVRE TÜRÜ		MAKSİMUM											
Arıza Noktası/Adı		FAZ-Toprak Kısadevresi						3 Faz Kısa Devresi					
		Van	Van	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾	Vab	Vab	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾
		kV	%	kA	ms	ms	ms	kV	%	kA	ms	ms	ms
F	FABRIKA1_TR1_BARA	0,168	0	74,78	60	15	45	0,259	65	40,34	60	15	45
E	FABRIKA1_ANA_BARA	0,254	0	54,35	125	60	65	0,001	0	1,273	125	60	65
B7	MDP7	0,205	0	90,87	85	40	45	0,337	52	20,84	85	40	45
B1	MDP1	0,205	0	90,87	75	30	45	0,337	84	20,84	75	30	45
B2	MDP2	0,187	0	83,91	75	30	45	0,303	76	29,38	75	30	45
B4	MDP3	0,205	0	83,91	75	30	45	0,303	76	29,38	75	30	45
B5	MDP5	0,188	0	83,91	75	30	45	0,303	76	29,38	75	30	45
B6	MDP6	0,205	0	90,87	85	40	45	0,337	84	20,88	85	40	45
H	CBL_TR1	-	0	54,35	165	100	65	0,000	0	1,27	-	100,00	-
G	CBL_TR5	0,254	0	54	165	100	65	0,000	0	1,27	165	100	65
J	CBL_TR6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
* Bir faz kısa devresi C fazında yapılmıştır.													
(1) Rölenin hatayı temizleme süresi ile kesicinin kesme zamanının toplamı													
(2) Rölenin hatayı temizleme süresi (3) Kesicinin kesme zamanı													

Çizelge A.12: MDP4 barası dizel generatörden çalışma durumu.

İncelenen Bara		MDP4											
Nominal Gerilim(kV)		0,4 kV											
KISA DEVRE TÜRÜ		MAKSİMUM											
Arıza Noktası/Adı		FAZ-Toprak Kısadevresi						3 Faz Kısa Devresi					
		Van	Van	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾	Vab	Vab	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾
		kV	%	kA	ms	ms	ms	kV	%	kA	ms	ms	ms
F	FABRIKA1_TR1_BARA	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-
E	FABRIKA1_ANA_BARA	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-
B7	MDP7	0,104	0	45,22	462	417	45	0,112	28	6,95	245	200	45
B1	MDP1	0,104	0	37,39	462	417	45	0,112	28	6,95	245	200	45
B2	MDP2	0,078	0	27,39	726	681	45	0,079	20	7,69	542	497	45
B4	MDP3	0,061	0	27,39	726	681	45	0,079	20	7,69	542	497	45
B5	MDP5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B6	MDP6	0,104	0	37,39	462	417	45	0,112	28	6,95	245	200	45
H	CBL_TR1	0,254	-	0,00	-	-	-	0,000	0	0,12	165	100	65
G	CBL_TR5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
J	CBL_TR6	0,254	-	0,00	-	-	-	0,000	0	0,11	165	100	65
* Bir faz kısa devresi C fazında yapılmıştır.													
(1) Rölenin hatayı temizleme süresi ile kesicinin kesme zamanının toplamı													
(2) Rölenin hatayı temizleme süresi (3) Kesicinin kesme zamanı													

Çizelge A.13: MDP5 barası şebeke ile paralel çalışma durumu.

İncelenen Bara		MDP5											
Nominal Gerilim(kV)		0,4 kV											
KISA DEVRE TÜRÜ		MAKSİMUM											
Arıza Noktası/Adı		FAZ-Toprak Kısadevresi						3 Faz Kısa Devresi					
		Van	Van	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾	Vab	Vab	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾
		kV	%	kA	ms	ms	ms	kV	%	kA	ms	ms	ms
F	FABRIKA1_TR1_BARA	0,231	100	62,41	60	15	45	0,390	98	60,85	60	15	45
E	FABRIKA1_ANA_BARA	0,166	72	7,65	125	60	65	0,006	2	10,21	125	60	65
B7	MDP7	0,238	103	25,44	85	40	45	0,407	102	25,17	85	40	45
B1	MDP1	0,238	103	25,45	75	30	45	0,407	102	25,18	75	30	45
B2	MDP2	0,235	102	39,50	75	30	45	0,401	100	38,86	75	30	45
B4	MDP3	0,235	102	39,50	75	30	45	0,401	100	38,86	75	30	45
B3	MDP4	0,238	103	25,44	85	40	45	0,407	102	25,18	85	40	45
B6	MDP6	0,238	103	25,44	85	40	45	0,407	102	25,17	85	40	45
H	CBL_TR1	0,166	72	7,55	165	100	65	0,007	2	10,12	165	100,00	65
G	CBL_TR5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
J	CBL_TR6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
* Bir faz kısa devresi C fazında yapılmıştır.													
(1) Rölenin hatayı temizleme süresi ile kesicinin kesme zamanının toplamı													
(2) Rölenin hatayı temizleme süresi (3) Kesicinin kesme zamanı													

Çizelge A.14: MDP5 barası ada durumunda çalışma.

İncelenen Bara		MDP5											
Nominal Gerilim(kV)		0,4 kV											
KISA DEVRE TÜRÜ		MAKSİMUM											
Arıza Noktası/Adı		FAZ-Toprak Kısadevresi						3 Faz Kısa Devresi					
		Van	Van	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾	Vab	Vab	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾
		kV	%	kA	ms	ms	ms	kV	%	kA	ms	ms	ms
F	FABRIKA1_TR1_BARA	0,172	75	46,43	60	15	45	0,259	65	40,34	60	15	45
E	FABRIKA1_ANA_BARA	0,125	54	1,71	125	60	65	0,001	0	1,273	125	60	65
B7	MDP7	0,209	91	22,35	85	40	45	0,337	52	20,84	85	40	45
B1	MDP1	0,209	91	22,36	75	30	45	0,337	84	20,84	75	30	45
B2	MDP2	0,193	84	32,49	75	30	45	0,303	76	29,38	75	30	45
B4	MDP3	0,193	84	32,49	75	30	45	0,303	76	29,38	75	30	45
B3	MDP4	0,209	91	22,36	85	40	45	0,337	84	20,39	85	40	45
B6	MDP6	0,209	91	22,35	85	40	45	0,337	84	20,88	85	40	45
H	CBL_TR1	0,125	54	1,70	165	100,00	65	0,000	0	1,27	165	100,00	65
G	CBL_TR5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
J	CBL_TR6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
* Bir faz kısa devresi C fazında yapılmıştır.													
(1) Rölenin hatayı temizleme süresi ile kesicinin kesme zamanının toplamı													
(2) Rölenin hatayı temizleme süresi (3) Kesicinin kesme zamanı													

Çizelge A.15: MDP5 barası dizel generatörden çalışma durumu.

İncelenen Bara		MDP5											
Nominal Gerilim(kV)		0,4 kV											
KISA DEVRE TÜRÜ		MAKSİMUM											
Arıza Noktası/Adı		FAZ-Toprak Kısadevresi						3 Faz Kısa Devresi					
		Van	Van	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾	Vab	Vab	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾
		kV	%	kA	ms	ms	ms	kV	%	kA	ms	ms	ms
F	FABRIKA1_TR1_BARA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E	FABRIKA1_ANA_BARA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B7	MDP7	0,104	45	9,21	462	417	45	0,112	28	6,95	245	200	45
B1	MDP1	0,086	37	9,21	462	417	45	0,112	28	6,95	245	200	45
B2	MDP2	0,063	27	10,55	726	681	45	0,079	20	7,69	542	497	45
B4	MDP3	0,063	27	10,55	726	681	45	0,079	20	7,69	542	497	45
B3	MDP4	0,086	37	9,21	85	40	45	0,112	28	6,95	85	40	45
B6	MDP6	0,086	37	9,21	462	417	45	0,112	28	6,95	245	200	45
H	CBL_TR1	0,254	-	0,00	-	-	-	0,000	0	0,12	165	100	65
G	CBL_TR5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
J	CBL_TR6	0,254	-	0,00	-	-	-	0,103	26	0,11	165	100	65
* Bir faz kısa devresi C fazında yapılmıştır.													
(1) Rölenin hatayı temizleme süresi ile kesicinin kesme zamanının toplamı													
(2) Rölenin hatayı temizleme süresi (3) Kesicinin kesme zamanı													

Çizelge A.16: MDP6 barası şebeke ile paralel çalışma durumu.

İncelenen Bara	MDP6												
Nominal Gerilim(kV)	0,4 kV												
KISA DEVRE TÜRÜ	MAKSİMUM												
Arıza Noktası/Adı		FAZ-Toprak Kısadevresi						3 Faz Kısa Devresi					
		Van	Van	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾	Vab	Vab	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾
		kV	%	kA	ms	ms	ms	kV	%	kA	ms	ms	ms
F	FABRIKA1_TR1_BARA	0,231	100	62,41	60	15	45	0,390	98	60,85	60	15	45
E	FABRIKA1_ANA_BARA	0,166	72	7,65	125	60	65	0,006	2	10,21	125	60	65
B7	MDP7	0,238	103	25,44	85	40	45	0,407	102	25,17	85	40	45
B1	MDP1	0,238	103	25,45	75	30	45	0,407	102	25,18	75	30	45
B2	MDP2	0,235	102	39,50	75	30	45	0,401	100	38,86	75	30	45
B4	MDP3	0,235	102	39,50	75	30	45	0,401	100	38,86	75	30	45
B3	MDP4	0,238	103	25,44	85	40	45	0,407	102	25,18	85	40	45
B6	MDP5	0,235	102	39,50	75	30	45	0,401	100	38,86	75	30	45
H	CBL_TR1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G	CBL_TR5	0,166	72	7,55	165	100	65	0,007	2	10,12	165	100	65
J	CBL_TR6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
* Bir faz kısa devresi C fazında yapılmıştır.													
(1) Rölenin hatayı temizleme süresi ile kesicinin kesme zamanının toplamı													
(2) Rölenin hatayı temizleme süresi (3) Kesicinin kesme zamanı													

Çizelge A.17: MDP6 barası ada durumunda çalışma.

İncelenen Bara		MDP6											
Nominal Gerilim(kV)		0,4 kV											
KISA DEVRE TÜRÜ		MAKSİMUM											
Arıza Noktası/Adı		FAZ-Toprak Kısadevresi						3 Faz Kısa Devresi					
		Van	Van	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾	Vab	Vab	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾
		kV	%	kA	ms	ms	ms	kV	%	kA	ms	ms	ms
F	FABRIKA1_TR1_BARA	0,172	75	46,43	60	15	45	0,259	65	40,34	60	15	45
E	FABRIKA1_ANA_BARA	0,125	54	1,71	125	60	65	0,001	0	1,273	125	60	65
B7	MDP7	0,209	91	22,35	85	40	45	0,337	52	20,84	85	40	45
B1	MDP1	0,209	91	22,36	75	30	45	0,337	84	20,84	75	30	45
B2	MDP2	0,193	84	32,49	75	30	45	0,303	76	29,38	75	30	45
B4	MDP3	0,193	84	32,49	75	30	45	0,303	76	29,38	75	30	45
B3	MDP4	0,209	91	22,36	85	40	45	0,337	84	20,39	85	40	45
B6	MDP5	0,193	84	32,49	75	30	45	0,303	76	29,38	75	30	45
H	CBL_TR1	0,125	54	1,70	165	100,00	65	0,000	0	1,27	165	100,00	65
G	CBL_TR5	0,125	54	2	165	100	65	0,000	0	1,27	165	100	65
J	CBL_TR6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
* Bir faz kısa devresi C fazında yapılmıştır.													
(1) Rölenin hatayı temizleme süresi ile kesicinin kesme zamanının toplamı													
(2) Rölenin hatayı temizleme süresi (3) Kesicinin kesme zamanı													

Çizelge A.18: MDP6 barası dizel generatörden çalışma durumu.

İncelenen Bara		MDP6											
Nominal Gerilim(kV)		0,4 kV											
KISA DEVRE TÜRÜ		MAKSİMUM											
Arıza Noktası/Adı		FAZ-Toprak Kısadevresi						3 Faz Kısa Devresi					
		Van	Van	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾	Vab	Vab	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾
		kV	%	kA	ms	ms	ms	kV	%	kA	ms	ms	ms
F	FABRIKA1_TR1_BARA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E	FABRIKA1_ANA_BARA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B7	MDP7	0,104	45	9,21	462	417	45	0,112	28	6,95	245	200	45
B1	MDP1	0,086	37	9,21	462	417	45	0,112	28	6,95	245	200	45
B2	MDP2	0,063	27	10,55	726	681	45	0,079	20	7,69	542	497	45
B4	MDP3	0,063	27	10,55	726	681	45	0,079	20	7,69	542	497	45
B3	MDP4	0,086	37	9,21	85	40	45	0,112	28	6,95	85	40	45
B6	MDP5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H	CBL_TR1	0,254	-	0,00		0,00		0,000	0	0,12	165	100	65
G	CBL_TR5	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-
J	CBL_TR6	-	-	-		-	-	0,000	0	0,11	165	100	65
* Bir faz kısa devresi C fazında yapılmıştır.													
(1) Rölenin hatayı temizleme süresi ile kesicinin kesme zamanının toplamı													
(2) Rölenin hatayı temizleme süresi (3) Kesicinin kesme zamanı													

Çizelge A.19: MDP7 barası şebeke ile paralel çalışma durumu.

İncelenen Bara		MDP7											
Nominal Gerilim(kV)		0,4 kV											
KISA DEVRE TÜRÜ		MAKSİMUM											
Arıza Noktası/Adı		FAZ-Toprak Kısadevresi						3 Faz Kısa Devresi					
		Van	Van	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾	Vab	Vab	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾
		kV	%	kA	ms	ms	ms	kV	%	kA	ms	ms	ms
F	FABRIKA1_TR1_BARA	0,231	100	62,41	60	15	45	0,390	98	60,85	60	15	45
E	FABRIKA1_ANA_BARA	0,166	72	7,65	125	60	65	0,006	2	10,21	125	60	65
B1	MDP1	0,238	103	25,45	75	30	45	0,407	102	25,18	75	30	45
B2	MDP2	0,235	102	39,50	75	30	45	0,401	100	38,86	75	30	45
B4	MDP3	0,235	102	39,50	75	30	45	0,401	100	38,86	75	30	45
B3	MDP4	0,238	103	25,44	85	40	45	0,407	102	25,18	85	40	45
B5	MDP5	0,235	102	39,50	75	30	45	0,401	100	38,86	75	30	45
B6	MDP6	0,238	103	25,44	85	40	45	0,407	102	25,17	85	40	45
H	CBL_TR1	0,166	72	7,59	165	100	65	0,001	0	10,15	165	100	65
G	CBL_TR5	0,166	72	7,55	165	100	65	0,007	2	10,12	165	100	65
J	CBL_TR6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
* Bir faz kısa devresi C fazında yapılmıştır.													
(1) Rölenin hatayı temizleme süresi ile kesicinin kesme zamanının toplamı													
(2) Rölenin hatayı temizleme süresi (3) Kesicinin kesme zamanı													

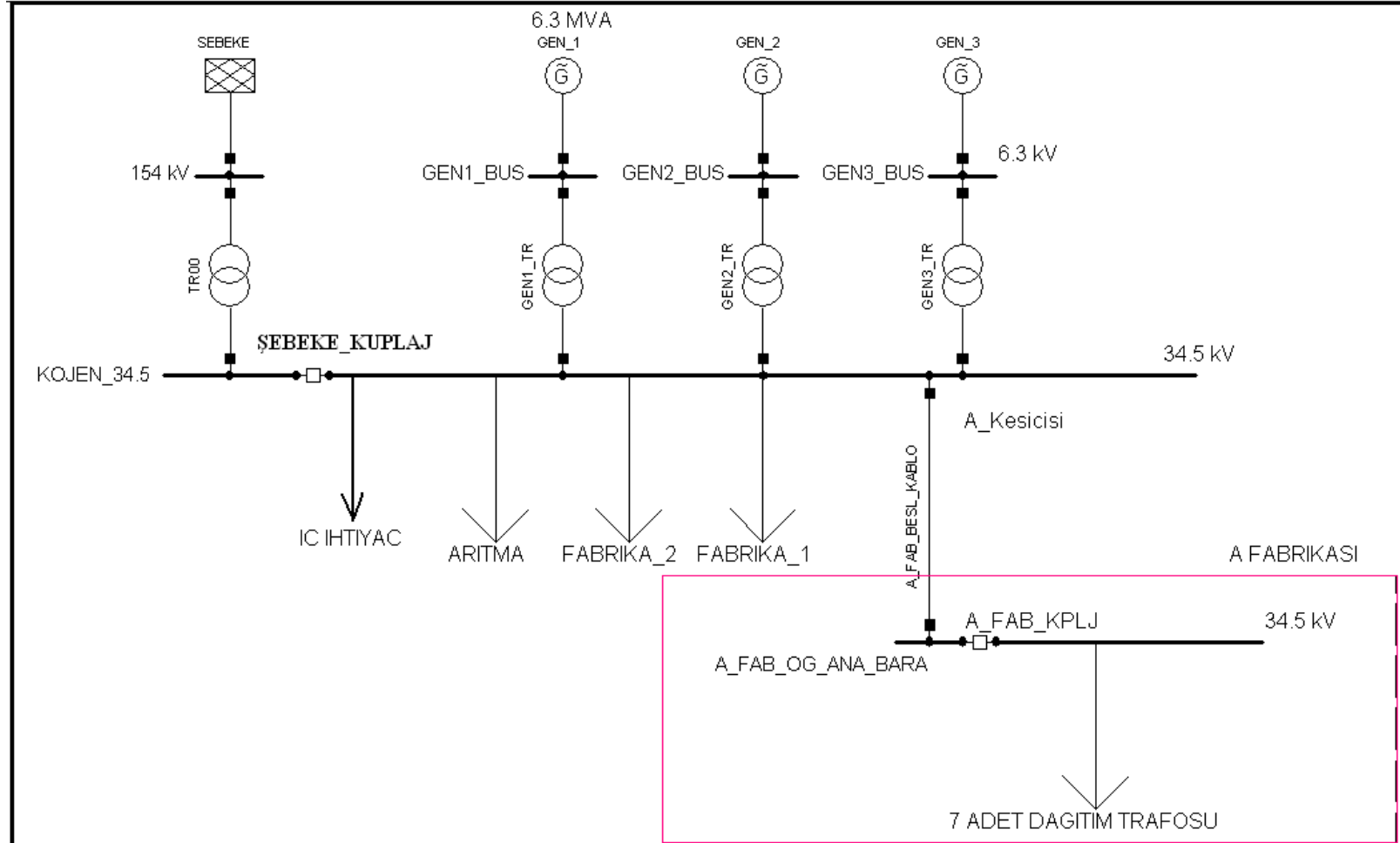
Çizelge A.20 : MDP7 barası ada durumunda çalışma.

İncelenen Bara		MDP7											
Nominal Gerilim(kV)		0,4 kV											
KISA DEVRE TÜRÜ		MAKSİMUM											
Arıza Noktası/Adı		FAZ-Toprak Kısadevresi						3 Faz Kısa Devresi					
		Van	Van	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾	Vab	Vab	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾
		kV	%	kA	ms	ms	ms	kV	%	kA	ms	ms	ms
F	FABRIKA1_TR1_BARA	0,172	75	46,43	60	15	45	0,259	65	40,34	60	15	45
E	FABRIKA1_ANA_BARA	0,125	54	1,71	125	60	65	0,001	0	1,273	125	60	65
B1	MDP1	0,209	91	22,36	75	30	45	0,337	84	20,84	75	30	45
B2	MDP2	0,193	84	32,49	75	30	45	0,303	76	29,38	75	30	45
B4	MDP3	0,193	84	32,49	75	30	45	0,303	76	29,38	75	30	45
B3	MDP4	0,209	91	22,36	85	40	45	0,337	84	20,39	85	40	45
B5	MDP5	0,193	84	32,49	75	30	45	0,303	76	29,38	75	30	45
B6	MDP6	0,209	91	22,35	85	40	45	0,337	84	20,88	85	40	45
H	CBL_TR1	0,125	54	1,70	165	100	65	0,000	0	1,27	165	100	65
G	CBL_TR5	0,125	54	2	165	100	65	0,000	0	1,27	165	100	65
J	CBL_TR6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
* Bir faz kısa devresi C fazında yapılmıştır.													
(1) Rölenin hatayı temizleme süresi ile kesicinin kesme zamanının toplamı													
(2) Rölenin hatayı temizleme süresi (3) Kesicinin kesme zamanı													

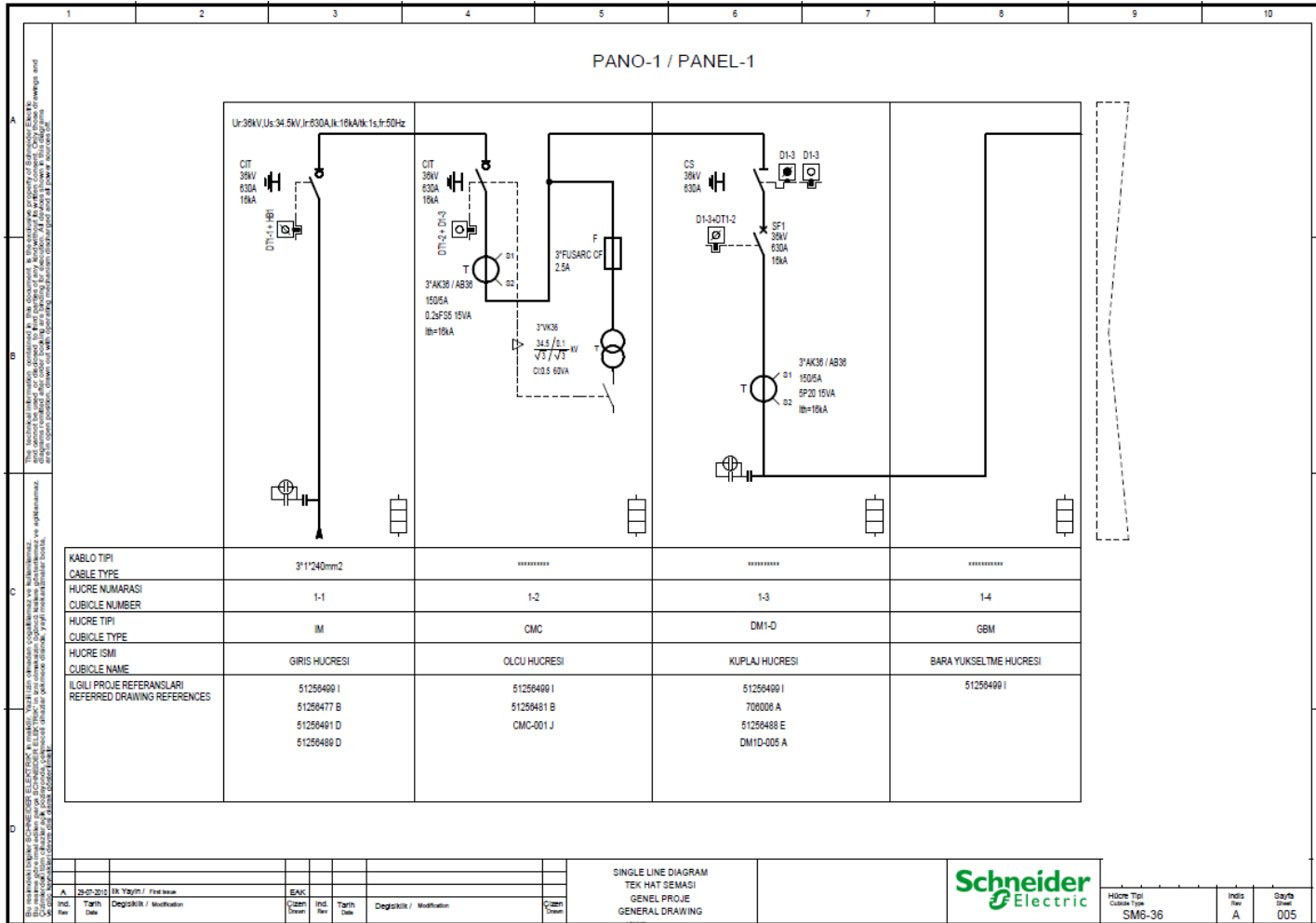
Çizelge A.21: MDP7 barası dizel generatörden çalışma durumu.

İncelenen Bara		MDP7											
Nominal Gerilim(kV)		0,4 kV											
KISA DEVRE TÜRÜ		MAKSİMUM											
Arıza Noktası/Adı		FAZ-Toprak Kısadevresi						3 Faz Kısa Devresi					
		Van	Van	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾	Vab	Vab	Ik" *	t_kesme ⁽¹⁾	t_açma ⁽²⁾	t_kesici ⁽³⁾
		kV	%	kA	ms	ms	ms	kV	%	kA	ms	ms	ms
F	FABRIKA1_TR1_BARA	-		-		-	-	-	-	-		-	-
E	FABRIKA1_ANA_BARA	-		-		-	-	-	-	-		-	-
B1	MDP1	0,086	37	9,21	462	417	45	0,112	28	6,95	245	200	45
B2	MDP2	0,063	27	10,55	726	681	45	0,079	20	7,69	542	497	45
B4	MDP3	0,063	27	10,55	726	681	45	0,079	20	7,69	542	497	45
B3	MDP4	0,086	37	9,21	85	40	45	0,112	28	6,95	85	40	45
B5	MDP5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B6	MDP6	0,086	37	9,21	462	417	45	0,112	28	6,95	245	200	45
H	CBL_TR1	0,254	110	0,00	0	0	0	0,000	0	0,12	165	100	65
G	CBL_TR5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
J	CBL_TR6	0,254	110	0,00	-	0	-	0,000	0	0,11	165	100	65
* Bir faz kısa devresi C fazında yapılmıştır.													
(1) Rölenin hatayı temizleme süresi ile kesicinin kesme zamanının toplamı													
(2) Rölenin hatayı temizleme süresi (3) Kesicinin kesme zamanı													

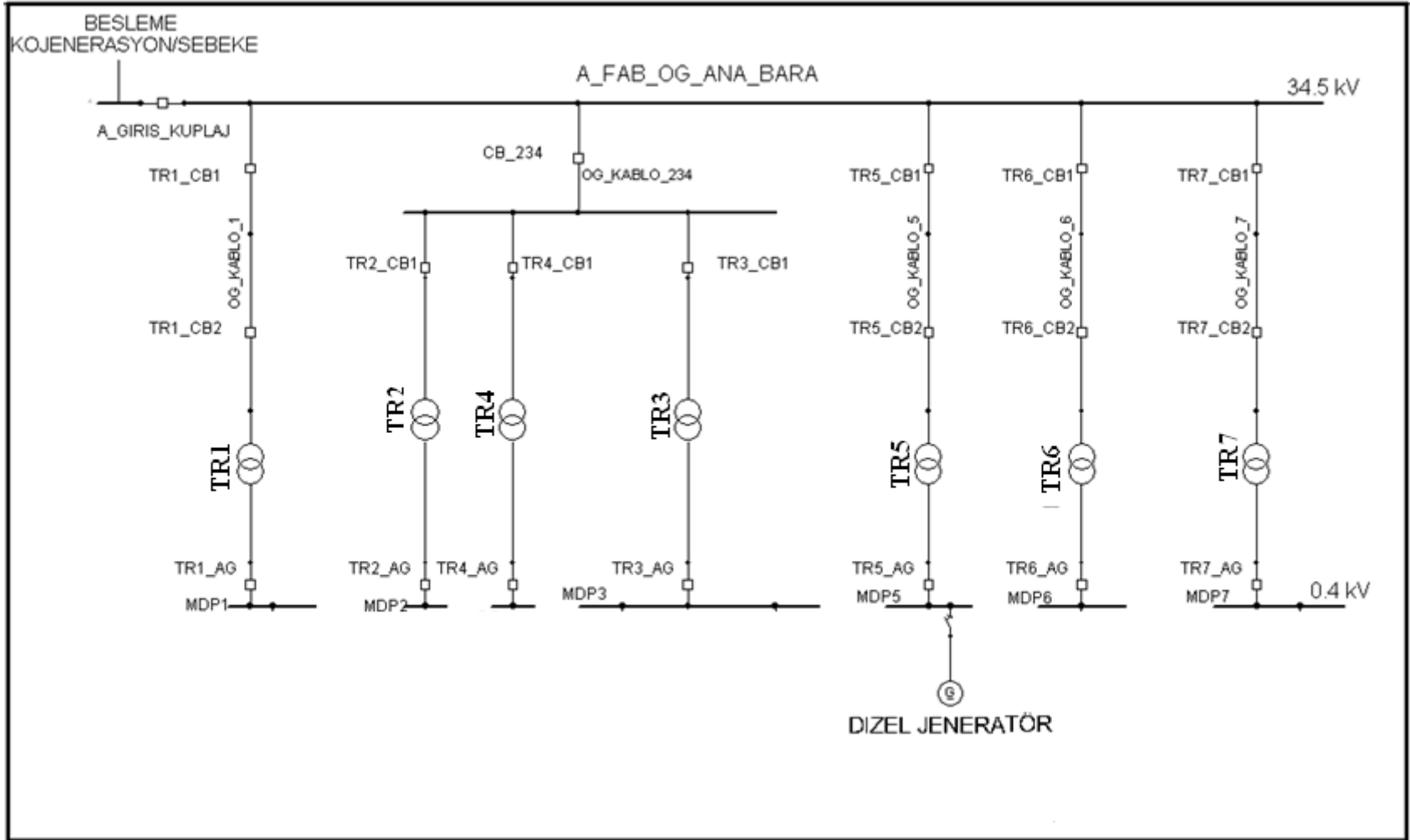
EK B : A Tesisinin Elektrik Dağıtım Sistemi ile İlgili Şekiller



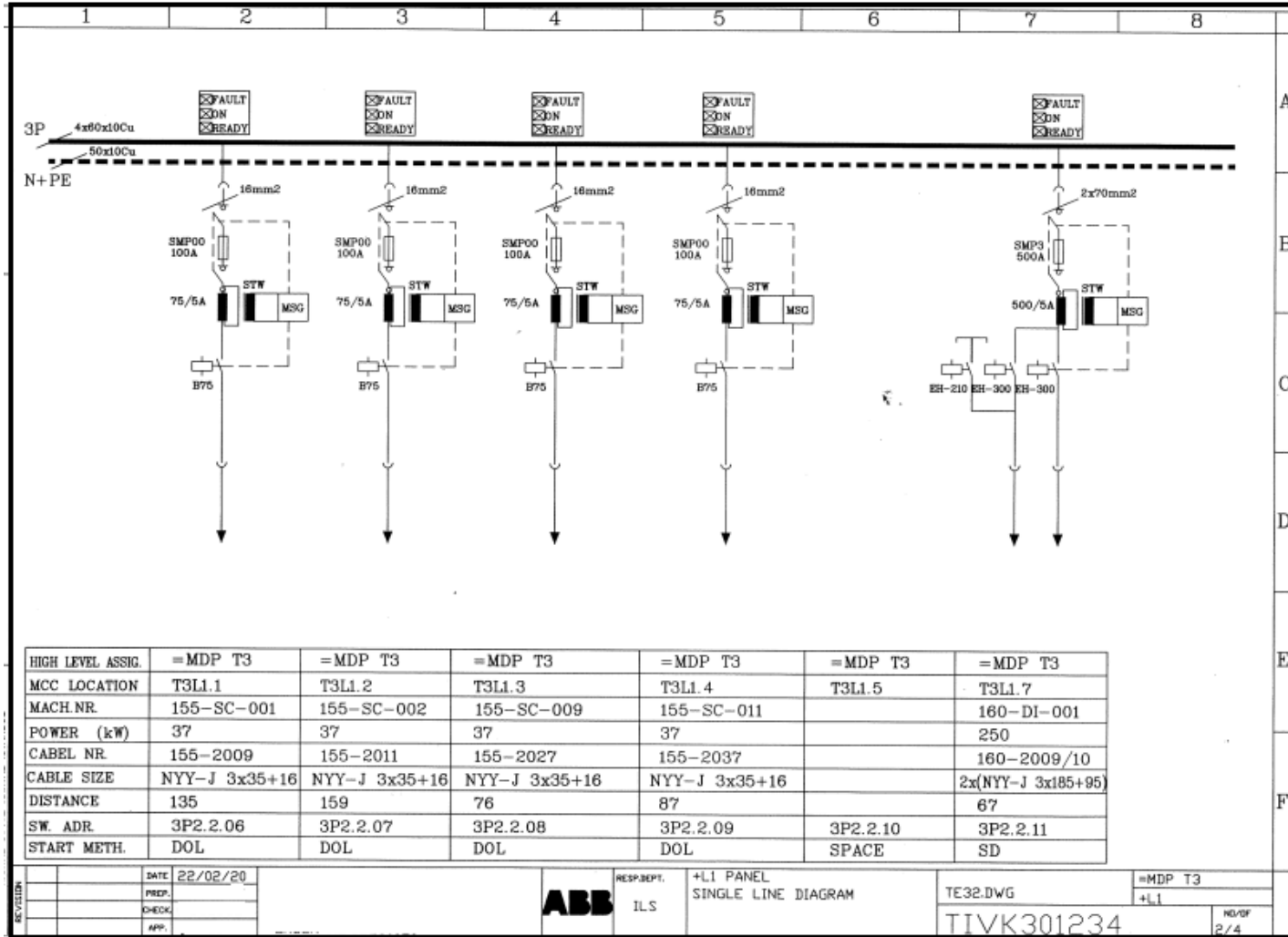
Şekil B.1: Kampüs OG Dağıtım Tek Hat Şeması.



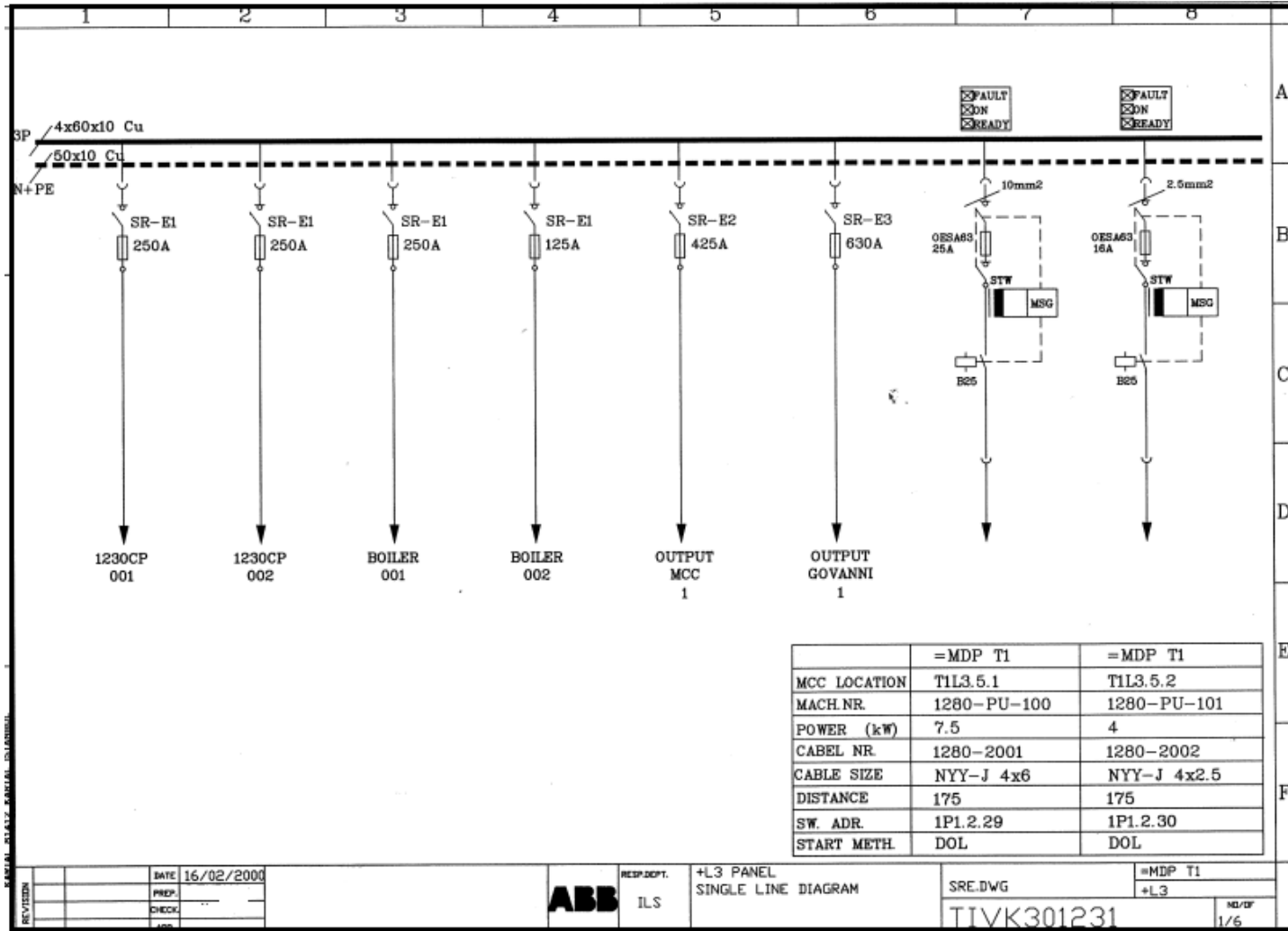
Şekil B.2: A fabrikası O.G. giriş hücrelerinin şemasının ilk sayfası.



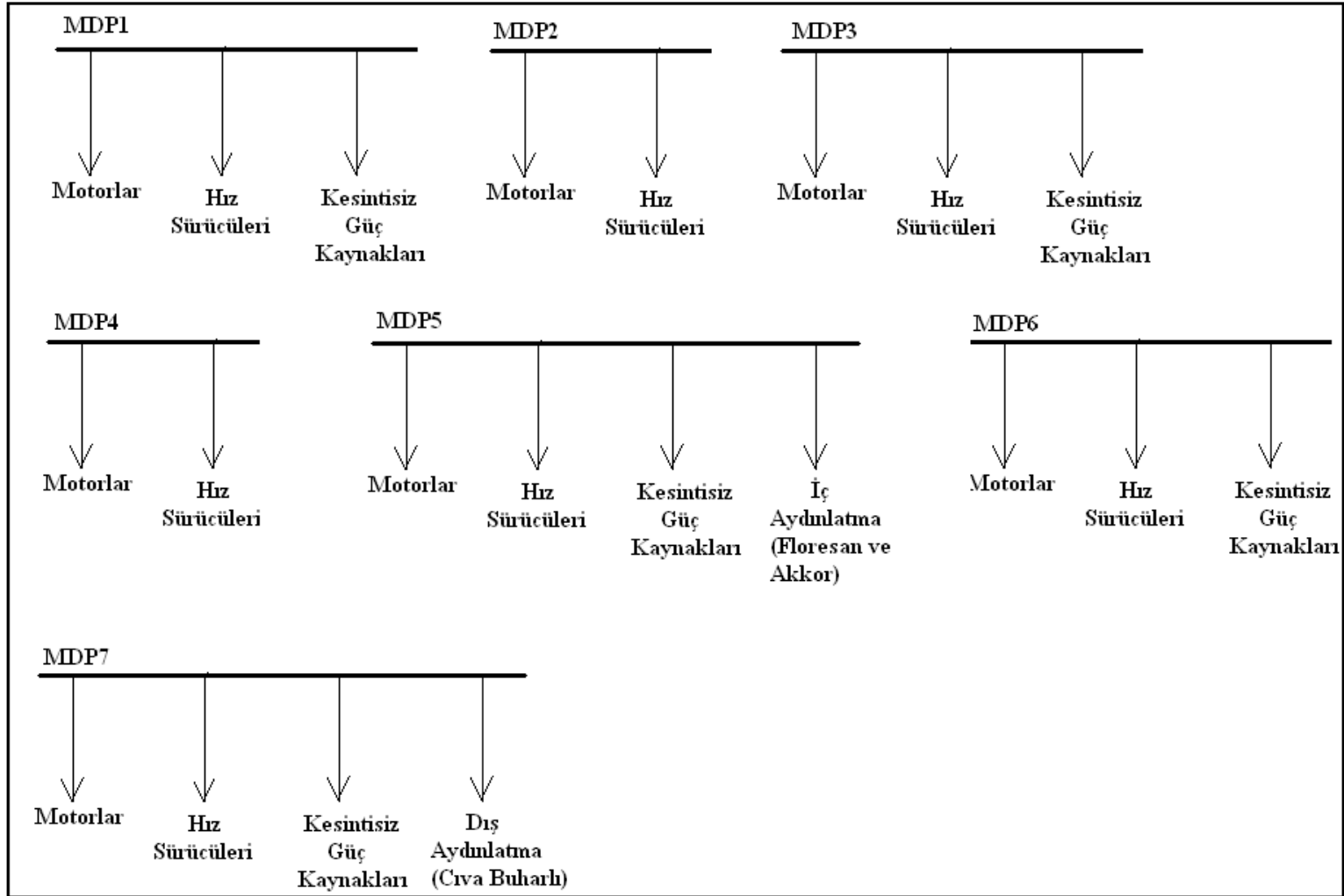
Şekil B.4: A fabrikası Tesisi OG Dağıtım Tek Hat Şeması.



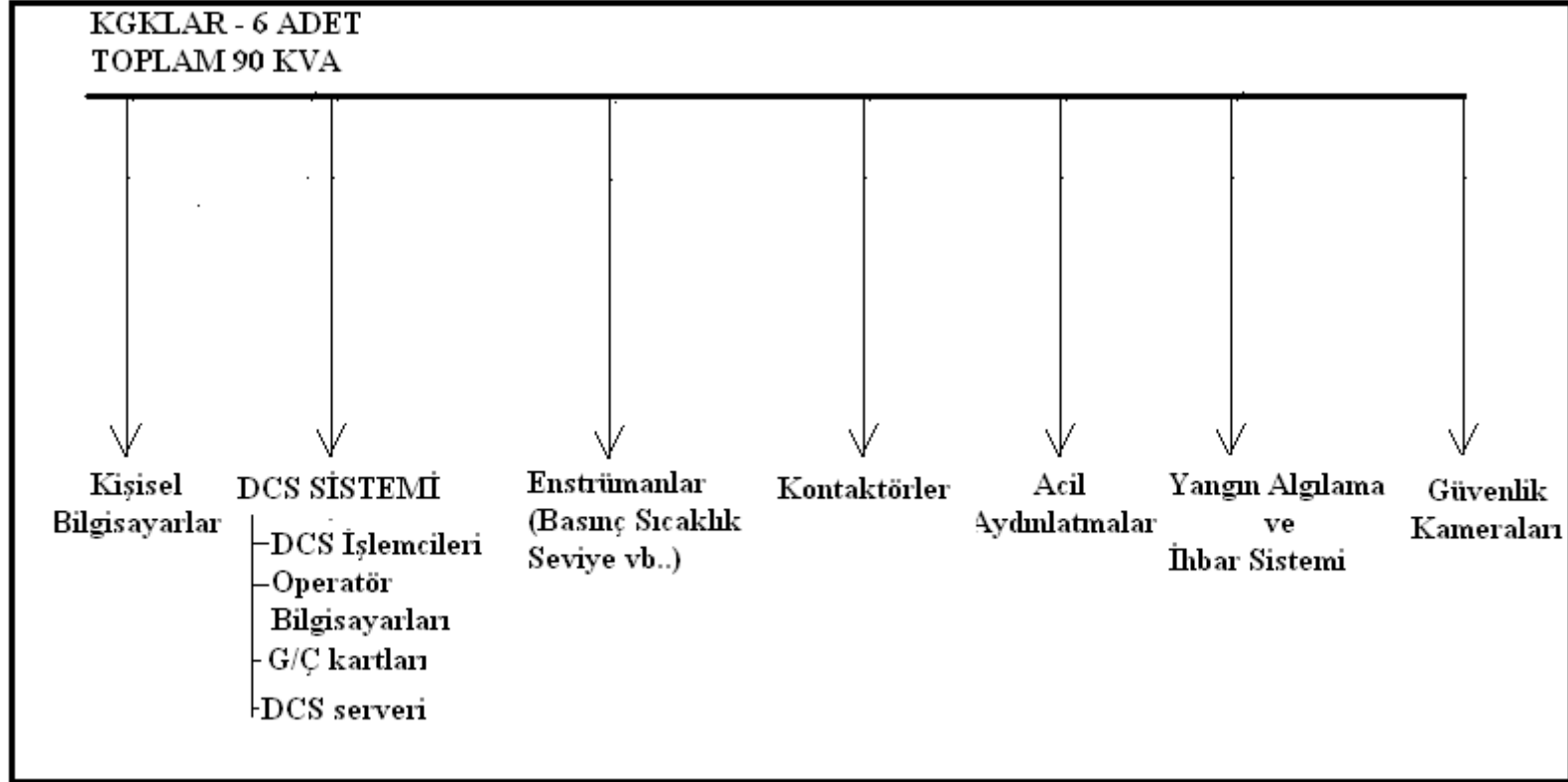
Şekil B.5: MDP3 panosu şeması sayfa 2.



Şekil B.6 : MDP1 panosu şeması sayfa 1.



Şekil B.7: A fabrikası alçak gerilim panoların yük çeşitleri.



Şekil B.8 : KGK dağıtım şeması – yükler.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: SEDAT AKSOY

Doğum Yeri ve Tarihi: KDZ. EREĞLİ 22.05.1980

Adres: Esenevler Mah. Mahir Cd. No:5 D:5 Ümraniye/İSTANBUL

E-Posta: sedat.aksoy@gmail.com

Lisans: İ.T.Ü. Elektrik Mühendisliği Bölümü